



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger



ENERGILØSNINGER

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger – opdateret juli 2023

Store bygninger

Klimaskærm og installationer



Kom godt i gang med energirenovering

Energiløsningerne, som du finder her i kataloget, gør det nemmere at komme i gang med energirenovering. De er udviklet af Videncenter for Energibesparelser i Bygninger og giver dig praktiske anvisninger på, hvordan der opnås en god energistandard i eksisterende bygninger.

I dette katalog finder du Energiløsninger specifikt udviklet til store bygninger. Energiløsningerne fra side 5 til 77 vedrører klimaskærmen, mens resten fra side 78 vedrører de tekniske installationer. Energiløsningerne giver svar på, hvordan bygningen gøres mere energirigtig, hvor store besparelser der kan opnås, og hvordan arbejdet udføres korrekt

Med Energiløsningerne i hånden kan det være lettere at gøre bygningsansvarlige interesserede i energiforbedringer, og du kan nemmere finde ud af, hvad der kan gøres for at forbedre energitilstanden i en konkret bygning.

Der findes også to kataloger med Energiløsninger til enfamiliehuse om klimaskærm og installationer. De kan downloades på ByggeriOgEnergi.dk.

Har du spørgsmål til stort eller småt omkring energieffektivisering af bygninger, og hvordan det gennemføres, er Videncentrets telefonservice og mailservice åbne dagligt.

Ring til os på telefon **7220 2255**

Du kan også skrive til

info@ByggeriOgEnergi.dk

Find yderligere information og beregnere

på **www.ByggeriOgEnergi.dk**



Katalog til store bygninger

| | |
|--|-----|
| TAG OG LOFT | |
| • Efterisolering af fladt tag | 5 |
| • Efterisolering af mansardtag - indefra | 10 |
| • Efterisolering af loft | 17 |
| • Efterisolering af skunk | 23 |
| • Efterisolering af skråvæg - udefra | 30 |
| • Efterisolering af kviste | 36 |
| FACADE | |
| • Hulmursisolering | 43 |
| • Udvendig efterisolering af letbetonvægge | 47 |
| • Udvendig efterisolering af massive murede vægge | 53 |
| • Murede ydervægge - udvendig efterisolering afsluttet med formur | 59 |
| • Udvendig efterisolering af betonsandwichelementer | 64 |
| ETAGEADSKILLELSER | |
| • Efterisolering af hulrum i etageadskillelser | 71 |
| VARMEINSTALLATIONER | |
| • Fuld konvertering til varmepumpe | 78 |
| • Konvertering af oliefyret varmecentral til fjernvarme | 85 |
| • Delkonvertering til luft-vandvarmepumpe | 94 |
| • Renovering af fjernvarmeforsynet varmecentral | 101 |
| • Renovering af naturgasfyret varmecentral | 110 |
| • Udskiftning af varmtvandsbeholder | 116 |
| • Solvarmeanlæg til store bygninger | 122 |
| • Udskiftning af større cirkulationspumper | 127 |
| • Automatik i varmecentraler | 133 |
| • Isolering af rørinstallation til centralvarme og varmt brugsvand | 137 |
| VENTILATION | |
| • Central ventilation med varmegenvinding | 143 |
| • Decentral ventilation med varmegenvinding | 152 |
| EL | |
| • LED-belysning og -styringer til gang- og fællesarealer | 160 |
| ØVRIGE ENERGILØSNINGER | 168 |



TAG OG LOFT

Mange ældre etageejendomme har dårligt isolerede tag- og loftkonstruktioner. Det betyder, at der tit er store besparelser at hente, hvis man efterisolerer tag og loft inkl. skunk, skråvæg og kvist.

Med en korrekt udført efterisolering kan bygningsejeren se frem til store besparelser på varmeregningen, bedre komfort og indeklima for beboerne samt en øget ejendomsværdi.

Se besparelspotentialet, og hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.

Efterisolering af fladt tag

Flade tage med tagpap er typiske for etagebyggeri opført fra 1960 til 2000, især for betonelementbyggeri. Tagene er udført enten som kolde tage, hvor varmeisoleringsen er anbragt i tagkonstruktionen - oftest i en bjælkekonstruktion, eller som varme tage, hvor varmeisoleringsen er anbragt uden på tagkonstruktionen - oftest et betondæk.

En stor del af bygningerne er bygget i en periode med relativt beskedne krav til varmeisoleringsen. Hvis tagkonstruktionen er isoleret med mindre end 100 mm, bør det flade tag efterisoleres - mindst svarende til U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til ca. 300 mm mineraluldsisolering. Efterisolering udføres nemmest som en udvendig efterisolering ovenpå det eksisterende tag og afsluttes med en ny tagdækning. Arbejdet kan med fordel udføres, når tagdækningen alligevel skal fornyes.

For nogle flade tage kan en spærløsning med hældning være et alternativ. Denne løsning indgår ikke her i energiløsningen.

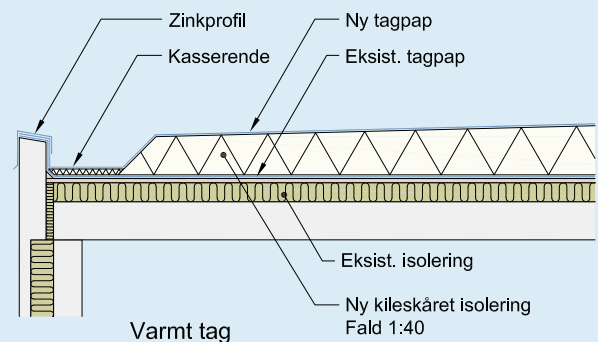
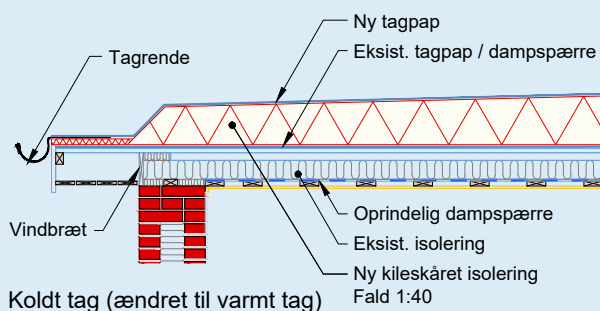
NB: Isoleringstykkelsen vælges dels ud fra ønsket om varmeisolerings, dels ud fra fugtforhold i konstruktionen.

Fordele

- Mindre varmetab gennem taget
- Ny vandtæt tagdækning og bedre afvanding af taget
- Forbedring af fugtforhold og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Varmere loft i øverste etage og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi

Indeklima

Når taget efterisoleres, bliver loftets overflade varmere, så træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader undgås. Er arbejdet udført korrekt, mindskes risikoen for kondens på loftets inderside, og dermed mindskes også risikoen for skimmelangreb.



Energibesparelse

| Eksisterende isoleringstykkelser | Ny samlet isoleringstykkelser | |
|----------------------------------|---|---|
| | 300 mm isolering U = 0,12 W/m ² K | 400 mm isolering U = 0,10 W/m ² K |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 0 mm* | 112 | 114 |
| 50 mm | 50 | 52 |
| 75 mm | 34 | 36 |
| 100 mm | 25 | 27 |
| 125 mm | 18 | 20 |
| 150 mm | 13 | 15 |
| 175 mm | 9 | 11 |
| 200 mm | 7 | 9 |

*) Tag med ringe isolering (beton med 50 mm letbeton/træbjælkelag med 22 mm tangmålte)

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på højst 37-38 mW/m K.

Fugtforhold og isoleringstykkelser for flade tage

Den ny isolering kan modvirke fugtforhold, der giver grobund for skimmel, eller giver svampeangreb på organisk materiale. Tykkelsen af efterisoleringen skal sikre en sund konstruktion uden fugtproblemer. Ved efterisolering udlægges den nye isolering på oversiden af konstruktionen og afsluttes med tagdækning. Den gamle tagdækning kommer til at fungere som dampspærre, derfor er tykkelsen og isolansen af den ny isolering vigtig. I eksemplerne nedenfor er forudsat isoleringsmaterialer med samme lambda-værdi, som den eksisterende isolering.

For fugtbelastningsklasse 2: Boliger med lav beboelsestæthed og kontorer anbefales, at den ny isolering svarer til mindst halvanden gang den oprindelige isolering ud fra fugtmæssige hensyn. For fugtbelastningsklasse 3: Boliger med høj beboelsestæthed anbefales, at den ny isolering svarer til mindst tre gange den oprindelige isolering ud fra fugtmæssige hensyn.

Da fugtbelastningsklassen er vanskelig at fastlægge, bør den ny isolering svare til mindst to eller gerne tre gange den eksisterende isolering, hvis den gamle tagdækning ikke fjernes.

Eksempler:

Eksisterende isolering 75 mm, ny isolering + 225 mm (= eksist. * 3), i alt 300 mm
 Eksisterende isolering 100 mm, ny isolering + 300 mm (= eksist. * 3), i alt 400 mm
 Eksisterende isolering 150 mm, ny isolering + 300 mm (= eksist. * 2) i alt 450 mm
 Eksisterende isolering 200 mm, ny isolering + 400 mm (= eksist. * 2) i alt 500 mm

Det bemærkes at anbefalingerne også gælder de tagarealer, hvor isoleringen er kileskåret og dermed tyndere.

Ved udvendig efterisolering af et koldt tag lukkes det ventilerede hulrum når fugtforholdene er acceptable. Hvis fugtigheden i træ og isolering i det eksisterende tag er op til 15 %, kan lukningen evt. gennemføres i forbindelse med efterisoleringen. Hvis fugtigheden er højere, men falder til 15 % efter et år - kan ventilationen derefter lukkes. Hvis der efter 1 år stadig er et højere fugtniveau, er konstruktionen formentlig fejludført, så der løbende tilføres fugt til taget. Derfor skal problematikken udredes og årsagen findes og udbedres, inden evt tvangsudtørring.

Hvis ventilationen ikke lukkes det første år - har efterisoleringen kun ca. 70 % af den forventede effekt. Når ventilationen i et koldt tag lukkes, omdannes konstruktionen til et varmt tag.

Eksempel på energibesparelse

| | |
|---|--|
| Forudsætninger | I en boligblok med fladt tag (koldt tag), efterisoleres 440 m ² tagflade. Den eksisterende isolering er på 75 mm. Tagflade og konstruktion gennemgås, og taghætter fjernes. Tagflade repareres og efterisoleres med 325 mm isolering til lavenerginiveau og afsluttes med ny tagdækning. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh. |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m² | 36 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh | 36 kWh/m ² x 440 m ² = 15.840 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | 0,50 kr./kWh x 15.840 kWh = 7.920 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | 0,072 kg/kWh x 15.840 kWh = 1.140 kg/1,1 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Tagkonstruktionen skal udføres med effektivt afvandingssystem til regnvand. Det anbefales, at det udføres med synlige nedløbsrør og tagrender af hensyn til senere inspektion.

Der skal tages hensyn til faldet på den eksisterende tagflade ved at planlægge fald mod afløb på den nye, efterisolerede tagflade. Ved tage med ineffektivt eller intet fald anvendes kileskåret isoleringsmateriale med fald på mindst 1:40.

Trafik på taget skal foregå i bestemte ganglinier, der etableres på uisolerede områder eller på trykfordelende plader.

Isoleringen skal holdes tør og beskyttes ved arbejdet ophør. Kanter skal inddækkes, så vand ikke kan løbe ind under isoleringen.

Udtjente ovenlyskupler udskiftes, inden den nye konstruktion opbygges, og der udføres en tæt samling til den eksisterende tagbelægning. Se Videncentrets energiløsning: "Udskiftning af ovenlyskupler". Inddækningshøjden ved ovenlys, gennemføringer og tilslutning til andre bygninger skal være mindst 150 mm.

Eventuelle taghætter for udluftning af tagpaptag fjernes helt, og hullet efter dem lukkes tæt.

Isoleringen udlægges direkte på den eksisterende tagbelægning med en isoleringstykkelse, der over hele tagarealet svarer til mindst 2 gange isoleringstykkelsen, i det eksisterende tag. Isoleringen udlægges med forskudte samlinger og fastgøres mekanisk til den eksisterende tagkonstruktion.

Hvis det eksisterende tag er "koldt", dvs. med en ventilationsspalte mellem isoleringslag og tagdækning, skal spalten lukkes effektivt for ikke at miste effekten af efterisoleringslaget. Når det er sikret, at isolering og konstruktion ikke er opfugtet (se under fugtforhold), isoleres spalten og beskyttes mod gennemblæsning, fx med fugede vindbrædder.

Sternkanten udføres med en højde, der passer til husets arkitektur. Der kan evt. udføres en skrå afslutning af efterisoleringslaget for at mindske den visuelle effekt af den øgede isolering set nedefra.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|------------------------|---|----------------|----------------|
| Tagkonstruktion | Er fugtforhold i konstruktionen undersøgt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Tagkonstruktion | Er tagkonstruktionen tør uden råd, svamp eller insektangreb? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Tagdækning | Er der skader på den eksisterende tagdækning, der har medført fugtindtrængning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Tagdækning | Er der lunger og buler på tagfladen | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 4 |
| Tagdækning | Er der built-up tag med stenbelægning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 5 |
| Taghætter | Er taget forsynet med taghætter? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Ovenlyskupler | Er der ældre ovenlyskupler? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |
| Aftrækskanaler | Er der aftrækskanaler til naturlig ventilation? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 8 |
| Andre gennembrydninger | Er der fx el-, antenne- eller alarminstallationer? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 9 |

1. Forundersøgelse og fugt

Det anbefales, at der foretages en gennemgang af den eksisterende konstruktion inden efterisoleringen. Fugtforholdene skal vurderes, for at undgå fremtidige svampeskader og skimmelvækst i et ventileret koldt tag, eller for at undgå reduceret effekt af isoleringen i et varmt tag. Gennemgangen skal yderligere afklare om konstruktionen kan optage belastningen fra efterisoleringen. Hvis anbefalingerne til den ny isoleringstykkelser fraviges, gennemføres en fugtteknisk beregning. Den relative fugtighed på tagdækningen (den fremtidige dampspærre) må højst være 75%.

2. Fugt i tagkonstruktion

Ved særligt fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (fx utæt tagdækning eller inddækninger, mekaniske fastgørelser og ventilering med rumluft). Våd isolering udskiftes, den eksisterende konstruktion udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrensnes inden efterisoleringen.

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i loft- eller tagkonstruktionen, skal en særlig fagkyndig person og forsikrings-selskab kontaktes.

3. Tagdækning

Den eksisterende tagdækning rengøres og efterses for evt. skader og fejl. Disse skal udbedres, så der sikres en tæt tagdækning, der kan fungere som dampspærre i den nye konstruktion.

4. Lunger og buler

Inden efterisoleringen udføres, skal den eksisterende tagdækning være helt tør og uden lunger eller buler.

Lunger og evt. spring mellem elementer og konstruktionsdele skal udjævnes. Større lunger på den eksisterende tagflade udfyldes - fx med løse letklinker. Mindre lunger kan udlignes ved at udlægge tagpapstrimler eller en afretningsmasse bestående af perlite og asfalt. Buler punkteres og repareres, så tagpappen er tæt.

5. Built-up tag

Ved efterisolering af en ældre built-up tagdækning med sten fjernes løst liggende sten. Isoleringsmaterialet vælges - fx hård mineraluld med blød underside - så resterende sten kan presses ind i isoleringsmaterialet, og luftlommer undgås ved den mekaniske fastgørelse.

6. Taghætter

Taghætter for udluftning af tagpaptag fjernes, og hullet efter dem lukkes tæt. Konstruktionen tjekkes for fugt.

7. Ovenlyskupler

Normalt skal ovenlyskupler udskiftes i forbindelse med, at tagbelægningen skiftes, idet ovenlyskupler af ældre dato isolerer meget dårligt. Der skal efterfølgende udføres en tæt samling til både den nye og gamle tagbelægning. Den nye tagbelægning udføres med en opkant på mindst 150 mm omkring ovenlyskuplen. Ved udskiftning af ovenlyskupler skal der anvendes isolerede karme - dels for at undgå kondens på karmene og dels for at opfylde isoleringskravene.

8. Aftrækskanaler

Aftrækskanaler skal forlænges, efterses for skader og evt. rengøres. Både den nye og den eksisterende tagdækning skal slutte helt tæt omkring disse. Aftrækskanaler bør være kondensisolerede.

9. Andre gennembrydninger

El-, antenne- eller alarminstallationer mv. skal afmonteres, inden efterisoleringen udføres.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader. Det er kun i tilfælde af, at U-værdikravet ikke kan opfyldes og der i forvejen ligger mindre end 75 mm udefra eller 100 mm indefra, at der skal foretages en eftervisning af manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet stilles der krav om, at det undersøges om en mindre efterisolering er rentabel.

For traditionelt byggeri med fladt tag vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

En efterisolering er rentabel, hvis Besparelse x Levetid / Investering > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisolering antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmesoleringForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:
 221: Efterisolering af etageboliger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (27) 10 03 22 Varme tage - efterisolering og fugtforhold
 (27) 13 06 05 Tagkonstruktioner med lille hældning
 (27) 13 12 28 Efterisolering af flade tage
 (27) 10 03 22 Varme tage - efterisolering og fugtforhold
 (27) 13 06 05 Tagkonstruktioner med lille hældning
 (27) 13 12 28 Efterisolering af flade tage
 (39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering
www.byg-erfa.dk

Tagpapbranchens Oplysningsråd
www.tor.info

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Kontakt
 Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af mansardtag - indefra

Etageejendomme og tofamiliehuse bygget fra ca. 1860 - 1930 kan være udført med mansardtag. Nærværende løsning kan benyttes, hvis ikke taget skal fornyes. Hvis taget skal fornyes, kan efterisoleringen med fordel foretages udefra. (Se evt. energiløsningerne "Efterisolering af skråvæg udefra" og "Efterisolering af skunk").

Et mansardtag består af to dele - en nedre del, mansardetagen, med en næsten lodret tagflade og en øvre del, med et almindeligt sadeltag. Efterisolering af et mansardtag kan omfatte både mansardvægge, der en er de rumhøje skunkvægge i mansardetagen, skråvægge, almindelige skunkvægge, lofter og gulve.

Efterisolering bør udføres, hvis isoleringstykkelserne er mindre end 150 mm. Arbejdet kan udføres indefra evt. suppleret med arbejde udefra fx ved tagfod.

Arbejdet omfatter etablering af tæt dampspærre og isolering af konstruktionen samt etablering af korrekt ventilation af skråvæggen og tagkonstruktionen. For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at ombygge skunkvægge og øge spærerne indvendigt, evt. kombineret med vandrette lægter, isolering og beklædning på indersiden.

Efterisolering af skunke og mansardvæg og skråvæg forudsætter, at det vurderes at løsningerne kan udføres forsvarligt indefra, evt. suppleret med arbejde udefra. Energiløsningen kan eksempelvis anvendes, hvis tagbelægningen ikke ønskes fornyet, hvis påføring af spær

udefra vil resultere i omfattende følgearbejder, eller ændre bygningens fremtræden markant.

Hvis tagbelægningen skal udskiftes, vil efterisoleringen med fordel kunne udføres udefra.

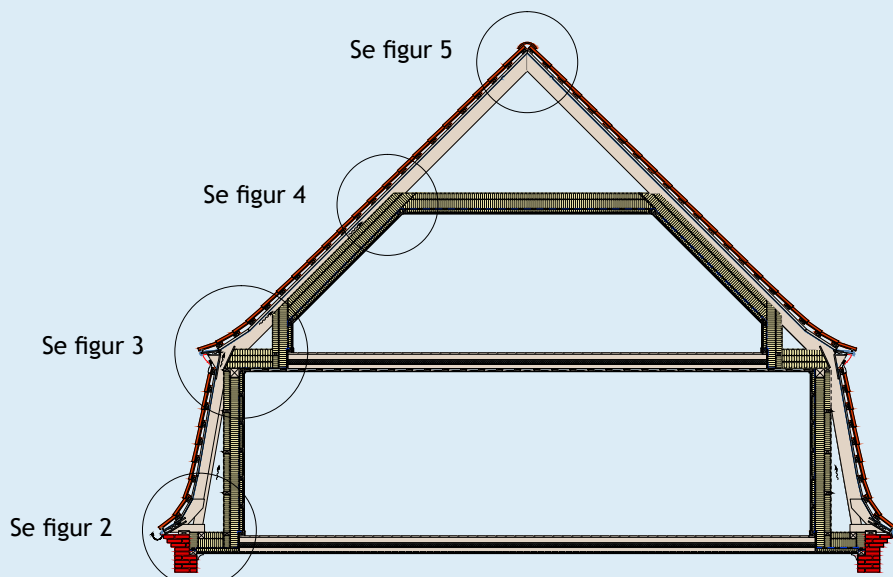
Efterisoleringen bør ske til nedenstående minimumsanbefalinger eller til et mere fremtidssikret lavenerginiveau.

Vær opmærksom på, at der kan være krav til brand og lyd, der ikke indgår i denne energiløsning.

Se i øvrigt energiløsningerne for store bygninger: "Efterisolering af skunk", "Efterisolering af skråvæg" og "Efterisolering af loft".

Fordele

- Mindre varmetab gennem mansardtaget.
- Varmere overflader mod det fri og mindre træk
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i konstruktionerne og nedsat risiko for skimmel og svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi



Figur 1

Energibesparelse

| Ny samlet isoleringstykkelse | | |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| Eksisterende isoleringstykkelse | Efterisolering af mansardvægge, skunke, loft og skråvæg | |
| | 300 mm isolering U = 0,12 | 400 mm isolering U ≈ 0,10 |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 0 mm | 129 | 131 |
| 50 mm | 44 | 46 |
| 100 mm | 24 | 26 |
| 125 mm | 18 | 20 |
| 150 mm | 14 | 16 |
| 175 mm | 12 | 14 |
| 200 mm | 10 | 12 |

Forudsætning

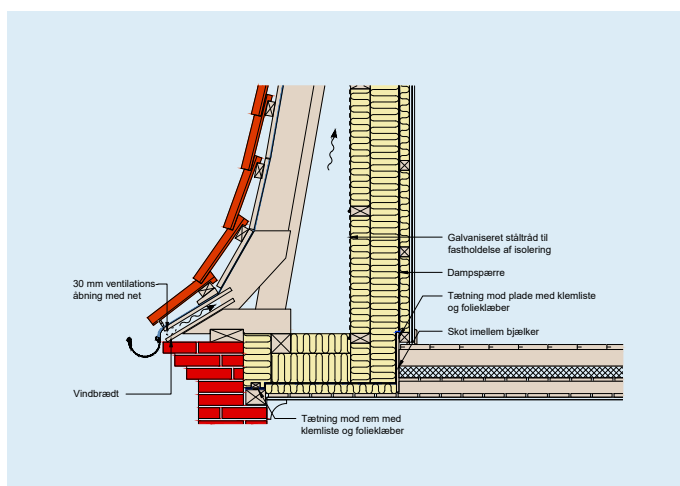
Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37- 38 mW/m K. For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 150 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 180 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel:

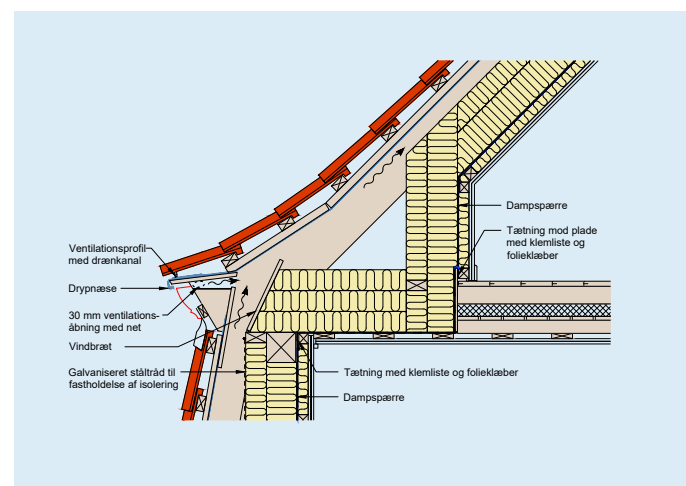
www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf

Indeklima

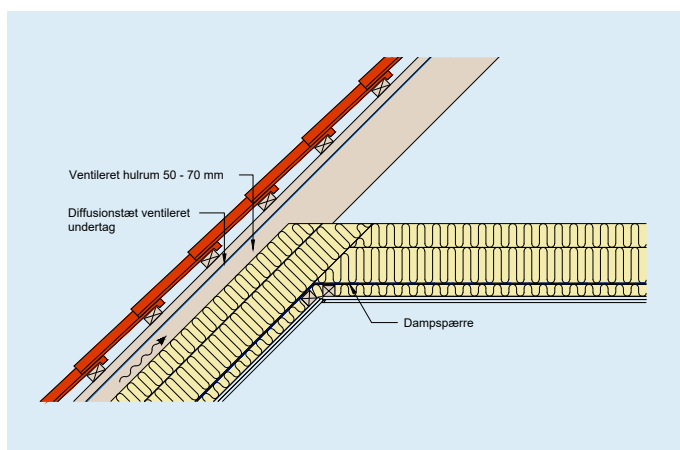
Ved efterisolering af et mansardtag bliver de indvendige overflader varmere og træk i form af kuldenedfald fra kolde overflader eller fra kold indtrængende luft i bjælkelag undgået. Samtidig mindsker risikoen for kondens med deraf følgende skimmelangreb.



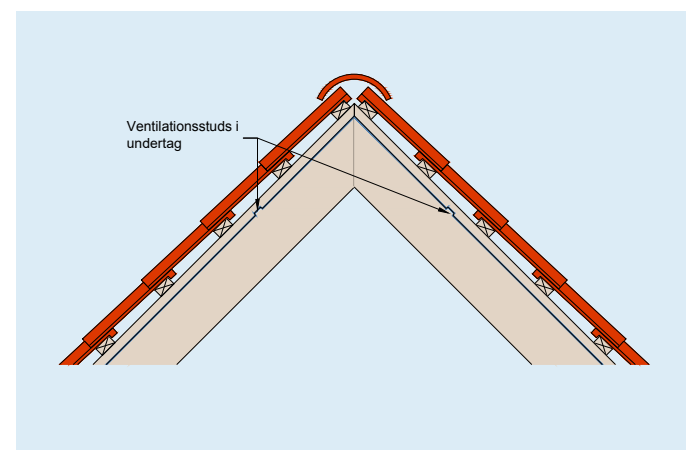
Figur 2: Snittegning i bunden af mansardtaget.



Figur 3: Snittegning i toppen af mansardtaget, hvor det fortsætter i skråtag med skunke.



Figur 4: Snittegning, hvor skråtage og hanebånd mødes.



Figur 5: Snittegning af kip i skråtag med undertag.

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|---|---|---|-----------------------|
| Forudsætninger | <p>I en etageejendom med mansardtag, hvor de 1½ plan i mansardetagen og under sadeltaget er udnyttet til beboelse, er der problemer med at holde varmen. Tagbelægningen er i udmærket stand og har mange års levetid tilbage. Så det besluttes, at hele mansardtaget skal efterisoleres indefra - også sadeltaget øverst oppe.</p> <p>De eksisterende isoleringsforhold er sparsomme med 100 mm isolering i tagetagen på loftet over hanebåndene og 50 mm isolering i skråvægge, mansardvægge og skunkvægge samt 100 mm isolering på gulve i skunkrummene på begge etager. I øverste etage er der i alt 16 uisolerede skunklemme á 60 x 90 cm.</p> <p>Ved renoveringen efterisoleres der op til en samlet isoleringstykkelse på 300 mm isolering i hele taget, undtagen på loftet over hanebåndene, hvor der isoleres op til en samlet isoleringstykkelse på i alt 400 mm. Skunklemmene efterisoleres med 100 mm polystyrenplade.</p> <p>Efterisoleringen omfatter en mansardetage med i alt 170 m² mansardvægge, der er at betragte som rumhøje skunkvægge, 50 m² gulv i skunken bag mansardvæggen, en tagetage med 100 m² almindelige skunkvægge og 100 m² gulv i skunken, samt 70 m² skråvægge og 180 m² loft.</p> <p>Etageejendommen opvarmes med fjernvarme. Fjernvarmeprisen er 0,50 kr. pr. kWh.</p> | | |
| Årlig energi- besparelse pr. m² | Efterisolering af mansard- og skunkvægge: | | 44 kWh/m ² |
| | Efterisolering af skunkgulve i mansardetage og over: | | 24 kWh/m ² |
| | Efterisolering af skråvægge i sadeltag: | | 44 kWh/m ² |
| | Efterisolering af hanebåndsloft i sadeltag: | | 26 kWh/m ² |
| | Efterisolering af skunklemme | | 43 kWh pr. skunklem |
| Årlig energi- besparelse kWh | Efterisolering af mansard- og skunkvægge: | $44 \text{ kWh/m}^2 \times (100 + 170) \text{ m}^2 =$ | 11.880 kWh |
| | Efterisolering af skunkgulve: | $24 \text{ kWh/m}^2 \times (100 + 50) \text{ m}^2 =$ | 3.600 kWh |
| | Efterisolering af skråvægge: | $44 \text{ kWh/m}^2 \times 70 \text{ m}^2 =$ | 3.080 kWh |
| | Efterisolering af loft: | $26 \text{ kWh/m}^2 \times 180 \text{ m}^2 =$ | 4.680 kWh |
| | Efterisolering af skunklemme: | $43 \text{ kWh/m}^2 \times 16 \text{ stk.} =$ | 688 kWh |
| | I alt | | <u>23.928 kWh</u> |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | | $0,50 \text{ kr./kWh} \times 23.928 \text{ kWh} =$ | 11.964 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | | $0,072 \text{ kg/kWh} \times 23.928 \text{ kWh} =$ | 1.723 kg/1,7 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler
1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Fugtforhold ved isolering af mansardkonstruktion

En tæt dampspærre og effektiv ventilation af mansardkonstruktionen er forudsætning for en succesfuld energirenovering. Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring mansardtaget betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugten kan tilføres fra tilstødende opvarmede rum gennem utætte lofts- og vægbeklædninger, gennem utæt dampspærre, utætte lemme og ved diffusion gennem lofter og vægge. Yderligere kan tilføres fugt fra nedbør og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Den nye isolering vil nedsætte temperaturen i mansardskunk, skunk, yderst i skråvæg og på hanebåndsloftet.

Dermed øges luftfugtigheden og fugtigheden på overflader, især i vinter og forårsmåned. Dette kan give grobund for skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb på trækonstruktionen. Derfor skal luftfugtigheden i mansardkonstruktionerne holdes nede.

Lufttæthed sikres bedst ved indvendig beklædning - et eksisterende intakt pudset loft eller en ny fuldpartlet gipspladebeklædning. Hertil en tæt sammenhængende dampspærre på isoleringens varme side kombineret med en korrekt og tilstrækkelig ventilation af skunkrum, skrå tagflade og loft. Endelig skal tagfladen med undertag være tæt mod slagregn og fygesne. Evt. lemme skal kunne lukke helt lufttæt, ligesom fuger omkring rør og kanalføringer skal tættes effektivt.

Det er vigtigt, at der etableres en tæt dampspærre typisk på spærenes inderside, indvendigt beskyttet af 50 mm isolering mellem lægter, og en lufttæt beklædning - fx en fuldpartlet gipspladebeklædning. På den udvendige side af dampspærren, skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse.

Nødvendig ventilation af mansardkonstruktionen

I forbindelse med efterisoleringen forbedres konstruktionens ventilation, så risikoen for fugtrelaterede problemer mindskes.

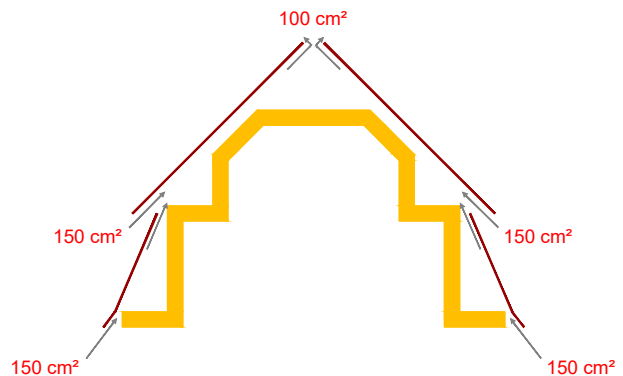
Ved mansardskunk, skunkrum og loft etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder i tagkonstruktionen. Det samlede areal af ventilationsåbningerne bør erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. Areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større. Ved anvendelse af insektnet i åbningerne



Mansardtag

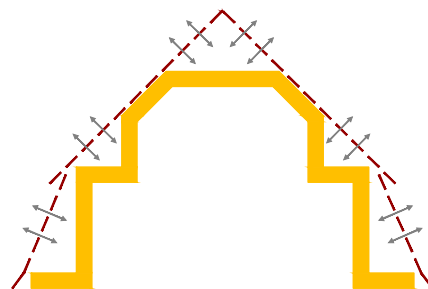
skal arealet være dobbelt så stort: 1/250 af det bebyggede areal.

Ved mansardfod og sadeltagsfod monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og som leder ventilationsluften op til det sammenhængende ventilerede hulrum i tagkonstruktionen. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm svarende til erfaringstallet. For at hindre brandspredning skal ventilationsspalter ved mansardfod og sadeltagsfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalerne skal være min. 300 mm lange og højst 30 mm høj.



Erfaringstallene svarer til: Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering):

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved mansardtagets fod i hvert spærfag, og ved overgangen mellem mansardtag og hanebåndstag. Hertil en 100 cm² spalte i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ventilationen sikres via skunkrum, og i skråvægge via en luftspalte mellem isolering og det diffusionstætte undertag (50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer).



En ventilationsstuds skiftevis i top og bund af skunkrum og loftsrum

Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag):

Ved mansardtagets fod og for hanebåndstag kan etableres 150 cm² spalte i hver side i hvert spærfag, og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Alternativt etableres ventilationsstudse (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved de to skunke og ved kip. Studsene placeres parvis nederst og øverst i hvert spærfag, se illustration. Ventilationen sker via en 20-30 mm ventilationsspalte mellem undertag og tagbelægning.

Udførelse

Indvendig efterisolering af et mansardtag foretages, når mansardetagen står for omfattende renovering. Hvis taget udskiftes, foretages isoleringen udefra. Den begrænsede plads i mansardvæggen med det næsten lodrette tag lige bag ved gør, at det er nødvendigt at flytte væggen indad. Dvs. nedtage den eksisterende vægbeklædning, eventuel dampspærre og isolering for at udføre indvendig efterisolering. I samme omgang demonteres radiatorer og elinstallationer, og rør- og kabelføringer ændres, så installationerne tilpasses den efterisolerede mansardvæg og er uden skjulte samlinger.

En forudsætning for arbejdets udførelse er, at tag eller undertag bag væggen er tilstrækkeligt tæt til at modstå vand og fygese udefra.

Over den underliggende ydervæg monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemblæsning og leder ventilationsluften op i tagrummet. Vindbrædderne skal stikke mindst 50 mm op over isoleringens overside og fuges tæt i samlinger og mod murværk og spær. Vindbrædderne skal desuden sikres mod opfugtning fra murværket. Vindbrædderne skal sikre en ventilationsåbning med net på minimum 30 mm. Spalten må ikke blokeres af fx nedhængende undertag.

I gulvet mellem bjælkerne monteres der et skot af krydsfiner eller andet egnet plademateriale under de kommende mansardvægge. Samlinger mellem skot, bjælker og underliggende loftbeklædning fuges for at sikre, at skottene er lufttætte. Ny dampspærre udlægges mellem bjælkerne og klemmes og klæbes med klemlister og klæbemasse til skot under skunkvægge, til bjælkerne og til rem eller murværk ved ydervæggen. I gulvet i den nederste skunk kan der med fordel placeres 50 mm hård isolering som underlag for dampspærren for at hindre, at den bliver perforeret af den underliggende konstruktion.

Gulvisoleringen i mansardskunkene udføres med flere isoleringslag med forskudte samlinger eller alternativt granulat. Der anvendes evt. et par løse brædder som flytbar arbejdsplads, så beskadigelse af det udlagte isoleringslag mellem bjælkerne undgås.

Mansardstolperne påføres et skelet af lægter eller regler, så der kan isoleres op til den ønskede tykkelse. Væggene efterisoleres med flere isoleringslag med forskudte samlinger. Til fastholdelse af isoleringen inde i skunkrummene monteres forskallingsbrædder eller galvaniseret ståltråd pr. 300 mm. Det skal sikres, at der er tilstrækkelig ventilation mellem isolering og tagbelægning eller undertag, og at evt. nedhængende undertag ikke blokerer for

ventilationen.

Hvis ikke mansardvæggen flyttes langt nok ind til, at der er plads til 250 mm isolering, kan det være nødvendigt at udføre isoleringslaget i væggen med varierende tykkelse alt efter pladsforholdene, så der bliver tykkere isoleringslag i bunden af skunkrummene og tyndere lag i toppen.

Ny dampspærre opsættes på den varme side af isoleringen, og tapes eller klemmes og klæbes fast i bunden mod det damptætte skot monteret i bjælkelaget. I toppen af mansardvæggene samles dampspærren med loftets dampspærre eller lufttæt med klæbet og klemt samling mod den eksisterende loftbeklædning. På den varme side af dampspærren udføres isoleringslag på 50 mm, eller maksimalt en tredjedel af den samlede isoleringstykkelse. Isoleringslaget beskytter dampspærren mod senere perforering ved opsætning af den nye vægbeklædning, indbygning af stikdåser e.l.

Udførelsen af dampspærren med tætte tilslutninger og samlinger er ekstremt vigtig for at undgå, at varm fugtig luft kommer ind bag isoleringen og kondenserer, med risiko for skimmel og svamp inde i væggen. Dampspærresamlinger skal udføres med mindst 150 mm overlæg, over fast underlag og enten tapet eller klæbet og klemt sammen som beskrevet. Fugemasser, klæbemidler og tape skal anvendes på rengjorte overflader for at sikre tilstrækkelig vedhæftning og tæthed.

Der afsluttes med ny vægbeklædning af gipsplader og tilpasning af nye lysningspaneler mv. omkring kviste og vinduer. For at opnå damptætte konstruktioner er det vigtigt, at dampspærren fortsættes med tætte samlinger omkring skunklemme, kviste, vinduer og evt. rør- eller kabelgennemføringer. Lemme i mansardvægge isoleres, og samlingerne mellem lemme og vægge skal udføres med tætningslister for lufttæt lukning.

Alternativ løsning

Som alternativ til efterisolering af de lodrette mansardvægge som beskrevet ovenfor, kan den næsten lodrette tagflade efterisoleres i stedet. Efterisolering udføres da som beskrevet for efterisolering af skråvægge, se energiløsningen "Efterisolering af skråvæg/loft til kip - indefra".

Det sikres, at der i hele tagfladen er tilstrækkelig hulrum mellem isolering og tagbelægning eller undertag for ventilering af tagkonstruktionen. Mellem de næsten lodrette spær i mansardetagen skal opsættes forskallingsbrædder eller ståltråd på den kolde side af isoleringen for at hindre isoleringen i at blive suget ud i det ventilerede hulrum. På de bærende lodrette mansardstolperne afsluttes med en lodret væg af gipsplade, hvorpå stikkontakter og radiatorer kan monteres.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------|--|----------------|----------------|
| Mulighed for samlet løsning | Er arbejdets omfang og fremgangsmåde afklaret? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 1 |
| Ventilation | Er ventilationen af mansardkonstruktionen valgt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |
| Dampspærre | Er eksisterende dampspærre intakt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 3 |
| Fugt i konstruktionen | Er tagkonstruktionen tør og sund? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 4 |
| Adgangsforhold | Er adgangsmuligheder undersøgt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 5 |
| Ovenlysvinduer og kviste | Er der ældre ovenlys og ældre kviste? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 6 |
| Gulv og bjælkelag i skunke | Er isolering og tætning afklaret? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 7 |
| Installationer i skunke | Er der installationer i mansardskunk og skunke? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 8 |
| Elinstallationer | Er der el-installationer i mansardvægge og skunkvægge? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 9 |
| Aftrækskanaler | Er aftrækskanaler ført gennem tagkonstruktionen ? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 10 |

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger for store bygninger: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk, samt ud fra tagkonstruktionens beskaffenhed, herunder tagdækning, ventilation, undertag, isolering og dampspærre. Arbejdets samlede omfang, økonomi og bygningens fremtræden skal inddrages i overvejelserne. Som led i vurderingen, bør en samlet tagrenovering omfattende ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag, ventilation, isolering og følgearbejder indgå.

2. Ventilation

Ventilation af mansard skunk, skråvæg, skunk og loft er afgørende for fugtforholdene. Der skal etableres effektiv ventilation af tagkonstruktionen med spalter ved tagfod og i toppen af skunkrum, alternativt med ventilationsstudse. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor.

3. Dampspærre

Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, helt tæt dampspærre i forbindelse med isolering på konstruktionens inderside. Eksisterende isolering og eventuel dampspærre skal oftest fjernes, som udgangspunkt for opbygning af den ny konstruktion. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres.

4. Tagkonstruktion - fugt

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (utæt tagdækning eller inddækninger, eller utætheder i loftkonstruktion med kondensskader som følge). Hvis der er tegn på råd, svamp (herunder skimmelsvamp) eller insektangreb i tagkonstruktionen, tilkaldes særlig fagkyndig eller

forsikrings-selskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses inden efterisoleringen udføres.

5. Adgangs- og arbejdsforhold

Vurdér, hvordan arbejdet kan udføres korrekt indefra - herunder ud fra antal skunkrum med eller uden adgangsløse, skunkrummets størrelse, omfang af arbejder ved tagfod, og mulighederne for at etablere en sammenhængende isolering med tæt dampspærre. Lemme til skunke skal isoleres og være luft- og damptætte (eller blændes). Evt. gennembrydninger etableret i forbindelse med arbejdet blændes.

6. Ovenlysvinduer og kviste

Oftest bør ældre ovenlysvinduer udskiftes i forbindelse med en tagrenovering ligesom kviste bør renoveres. Ovenlysvinduer kan overvejes udskiftet til nye, og kviste kan få nye vinduer og isolering af flunker og tag i forbindelse med efterisolering af mansardtag. Dampspærren i den efterisolerede tagkonstruktion skal tilpasses det dampspærende lag i kviste og mod nye lysningspaneler ved ovenlys. (Se i øvrigt Energiløsningerne: Kvist - efterisolering og Ovenlysvinduer - udskiftning)

7. Bjælkelag/gulv i skunke

Hvis gulvet er videreført i skunkrum, bør det fjernes for inspektion af bjælkelaget og efterisolering mellem bjælker/spærfod. Det er vigtigt, at der kan udføres en effektiv lufttætning mellem bjælkerne, gerne under skunkvæggen med fuget plade, fx krydsfinér. Hvis det er muligt bør eventuelle indskudsbrædder og ler fjernes for at give mest mulig plads til isoleringen. Da indskudsler isolerer mod brand og lyd, vil fjernelse af indskudsler kræve, at forhold omkring brand og lyd afklares og løses i henhold til gældende krav.

8. Installationer i skunke

Hvis der er rør til varmforsyning eller brugsvand, eller elinstallationer mv. i en kold skunk, skal der sikres adgang til inspektion af disse. Rørisolering øges for at hindre varmetab eller frostskafer. Alternativt flyttes installationerne.

9. Elinstallationer

Hvis der er lampeudtag, stikkontakter eller andre elinstallationer, skal de flyttes af autoriseret installatør, da skjulte samlinger ikke må forefindes. Elinstallationer bør føres på den varme side af dampspærren. Evt. gennembrydninger af dampspærren for føring af elinstallationer skal tætnes.

10. Aftrækskanaler

Er der ført ventilationsaftrækskanaler igennem tagkonstruktionen skal disse efterses og evt. udbedres og rengøres. Det er vigtigt at dampspærren slutter helt tæt om disse, og at aftrækskanalerne på den kolde side af isoleringen er isoleret.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af et mansardtag stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Kravet til efterisolering gælder alle delflader af mansardkonstruktionen. Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der ligger 150 mm isolering eller mindre i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer og andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information:

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsleverandører.

SBi-anvisninger

SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger

SBI-anvisning 239: Energibesparelser og planlægning
www.build.dk

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning
(39) 15 12 29 Dampspærre - monteringsdetaljer

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af loft

Energiløsningen gælder for efterisolering af loftet i ikke udnyttede tagrum, typisk for tagkonstruktion med gitterspær eller for hanebåndsloft.

Dækkonstruktionen ved gitterspærfag har typisk isolering mellem spærfødder med dampspærre og loftbeklædning på undersiden. Ved betondæk eller evt. tegldæk er isoleringen lagt ud på dækkets overside, og dampspærre kan være udeladt. Hanebåndsloftet har typisk bjælkelag med indskudsler med forskalling, rør og puds på undersiden.

En stor del af bygningsmassen er opført i en periode med ingen eller relativt beskedne krav til varmeisolering. Mange er dog blevet efterisoleret siden opførelsen, typisk op til 200 mm.

Arbejdet med efterisolering omfatter etablering af tæt og holdbar dampspærre, udlægning af efterisoleringen ovenpå konstruktionen samt etablering af undertag og korrekt ventilation af loftrum. Ofte indgår isoleringsarbejdet som led i en større tagrenovering.

Se i øvrigt Energiløsningerne for store bygninger:
Efterisolering af skråvæg og Efterisolering af skunk.

Hvis loftet er isoleret med op til 175 mm, bør det efterisoleres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl 37 mW/mK) eller til rentabelt niveau. Se BR krav sidst i energiløsningen.

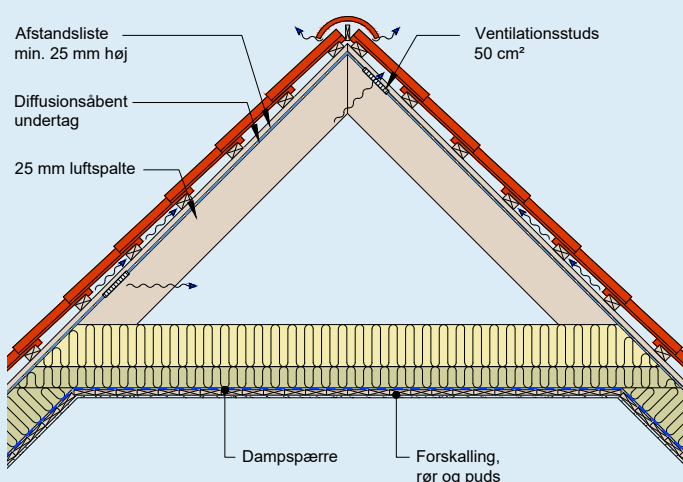
Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere loft i øverste etage og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi

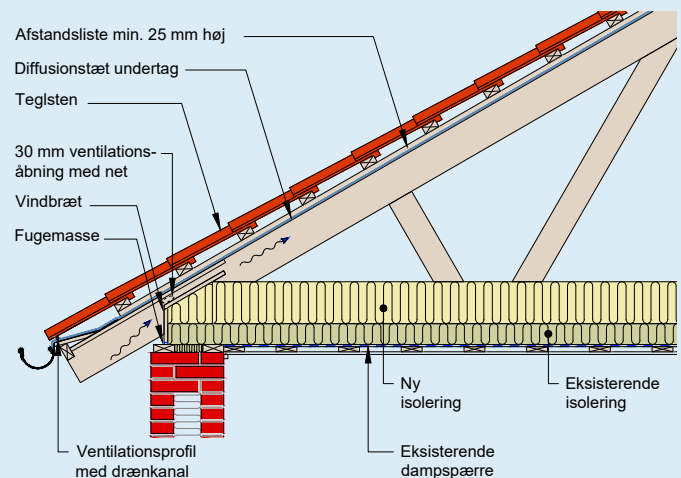
Indeklima

Når loftet efterisoleres, bliver loftets overflade i de underliggende opvarmede rum varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

Hanebåndsloft



Loft med gitterspær



Fugtforhold ved isolering af loftkonstruktion

Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring en tagkonstruktion betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen. Dermed er der øget grobund for skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb.

Luftfugtigheden i loftrummet skal holdes nede, dels ved at begrænse fugtindtrængning nedefra mest muligt, dels ved korrekt og tilstrækkelig ventilation af loftrummet. Endelig kræves der en tagflade, som er tæt for slagregn og fygesne. Den nye isolering vil nedsætte temperaturen i loftrummet og dermed øge den relative luftfugtighed og fugtigheden på overflader især i vinter og forårsmånederne.

Den indvendige loftbeklædning skal være lufttæt. Hvis der er tvivl om tæthed, kan der ved efterisolering etableres en ny lufttæt dampspærre.

I konstruktioner med intakte pudsede lofter eller fuldspartlet gipspladebeklædning kan efterisoleres med fleksibel isolering, fx plader eller løsfyld af mineraluld eller cellulosebaseret fibermateriale uden etablering af dampspærre. Det er vigtigt, at der ikke er spalter mellem isolering og spær mv., som kan tillade opstrømning af fugtig rumluft. Tykkelsen af isoleringen er uden betydning. Det er en forudsætning:

- at lufttætheden af loftkonstruktionen er tilstrækkelig. Dette kan kontrolleres ved at undersøge tagkonstruktionen, inden efterisolering påbegyndes. Hvis der ikke er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst, kan lufttætheden vurderes som tilstrækkelig.
- at de konstruktionsdele, som er omfattet, er tilgængelige for inspektion, dvs. uudnyttede tag-rum, spidslofter, skunkrum mv.
- at ventilationsforholdene i tagrummet efter efterisolering opfylder gældende retningslinjer for ventilation af den pågældende type tagkonstruktion.

Loftkonstruktionens tæthed må ikke reduceres for eksempel ved perforeringer med spots, nedtagning af plader eller anden ændring af konstruktionen. Konstruktionsdele, der er omfattet af efterisoleringen, skal fremover være tilgængelige for inspektion

Eksempel på energibesparelse

| Forudsætninger | I en boligblok efterisoleres 560 m ² loft. Eksisterende isolering på bjælkelag er 100 mm. Taget er uden undertag. Der etableres undertag og effektiv ventilation af loftrummet. Eksisterende isolering og dampspærre fjernes. Der etableres ny dampspærre og isoleres med i alt 300 mm mineraluld. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh. | |
|---|---|-----------------------|
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² | | 23 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh | 23 kWh/m ² x 560 m ² = | 12.880 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | 0,50 kr./kWh x 12.880 kWh = | 6.440 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse kg | 0,072 kg/kWh x 12.880 kWh = | 927 kg/0,9 tons |

Energibesparelse

| Ny samlet isoleringstykkelse | | |
|--|---|---|
| Eksisterende isoleringstykkelse | 300 mm isolering U = 0,12 W/m ² K | 400 mm isolering U = 0,10 W/m ² K |
| Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | | |
| 0 mm ^{*)} | 64 | 66 |
| 50 mm | 50 | 52 |
| 75 mm | 35 | 36 |
| 100 mm | 23 | 25 |
| 125 mm | 17 | 19 |
| 150 mm | 13 | 15 |
| 175 mm | 10 | 12 |
| 200 mm | 7 | 9 |

*) Uisoleret konstruktion med 20-25 mm af ældre isoleringstyper

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på højst 37-38 mW/m K.

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Nødvendig ventilation af kolde loftrum

Der skal etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder. Det samlede nettoareal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles til mindst 1/250 af det bebyggede areal.

Erfaringstallene svarer til:

Gitterspær - for hvert spær mellemrum

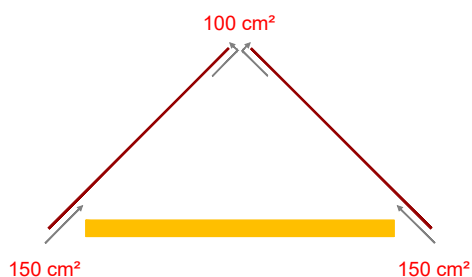
Ved diffusionstæt undertag: 150 cm² spalte i hver side ved tagfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ved diffusionsåbent undertag: 1 ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved tagfod og øverst ved kip. For at sikre tilstrækkelig ventilation tilføjes yderligere ventilationsspalter ved tagfod, som ved diffusionstæt undertag, og i kip i hvert spærfag i begge tagflader. Spalte i kip kan erstattes af en ventilationsstuds i hvert spærfag i begge tagflader.

Hanebåndsløft - for hvert spær mellemrum

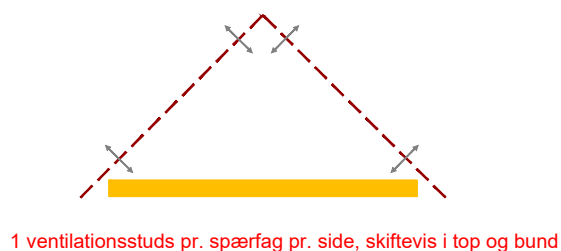
Ved diffusionstæt undertag: 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Ved diffusionsåbent undertag: 1 ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip.

For at hindre brandspredning og for at holde isoleringen på plads, skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalen skal være min. 300 mm lang og højst 30 mm høj.

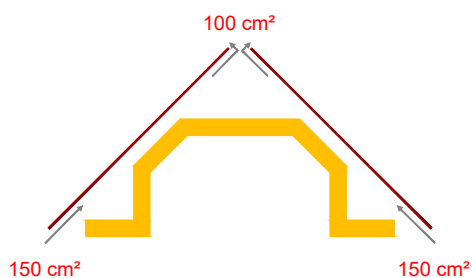
For tage med lav hældning, fx under 10° kan etableres ventilation fra ventilationsspalter ved tagfod via det flade loftrum til ventilationsspalter ved modsatte tagfod, ventilationsspalte ved kip kan evt. udelades.

Ventilation af kolde loftrum

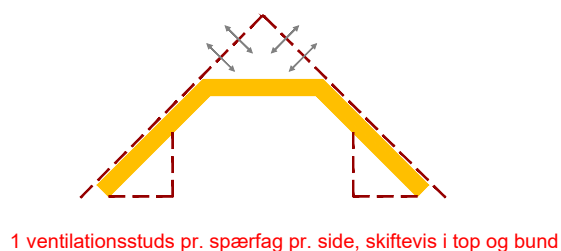
Gitterspær - diffusionstæt



Gitterspær - diffusionsåbent



Hanebåndsløft - diffusionstæt



Hanebåndsløft - diffusionsåbent

Udførelse

Eksisterende isolering og dampspærre fjernes - med mindre dampspærren er helt tæt, også mod de tilstødende bygningsdele, og isoleringen er i god stand (se nedenfor). For bjælkelag med lerindskud fjernes indskud og indskudsbrædder.

I nogle tilfælde kan en del af isoleringen genanvendes, hvis den er i god stand.

Over ydervæggen mellem spærene og parallelt med taglæggerne monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning og leder ventilationsluften gennem en ventilationsåbning op i tagrummet. Vindbrædderne udføres af krydsfiner eller lignende og monteres mod lister på spærene. Vindbrædderne fuges mod spær og rem eller mur samt i samling mellem lodret og skrå vindbræt. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på min. 30 mm svarende til erfaringstal. Det lodrette vindbræt monteres længst muligt ude over ydervæggen, så kuldebroer begrænses. Ventilationsåbninger må ikke blokeres af isolering eller nedhængende undertag. For undertag af banevarer eller træfiberplader bør spalten derfor øges til mindst 50 mm.

Ved vanskeligt tilgængelige tagfodder, hvor det ikke er muligt at montere en plade mellem spærene, kan anvendes omhyggeligt tilskåret fast isolering.

Ved uventilerede undertage (kun muligt ved diffusionsåbne undertage og absolut tæt dampspærre), hvor det ikke er muligt at etablere ventilationsspalte ved tagfoden, etableres ventilationsstudse lige over isoleringslaget.

Den indvendige beklædning skal være lufttæt. Hvis der er tvivl om tæthed, kan der ved efterisolering etableres en ny lufttæt dampspærre, der erstatter den oprindelige.

Dampspærren kan etableres på konstruktionen overside i loftrummet, når den eksisterende isolering er fjernet. Dampspærren føres 50 mm op ad spærser, hanebånd og ydervæg eller remme. Den tapes fast og hæftes eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger. Hvis der stikker søm mv. op gennem loftrumskonstruktionen, udlægges 50 mm isolering som underlag, der hindrer, at den ny dampspærre perforeres.

Det kan være nemmere at montere dampspærren under den eksisterende loftbeklædning og opsætte ny loftbeklædning. Tæthed mod ydervæg og skillevægge skal sikres, og lampeudtag mv. skal være lufttætte. Loftlemme skal ligeledes være isolerede og lufttætte.

Alternativt kan en ny dampspærre etableres ovenpå den eksisterende isolering. Over dampspærren skal der i så fald som minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkelse. Den eksisterende dampspærre kan forblive i konstruktionen. Denne løsning kan indebære konstruktive udfordringer mht. sikring af tæthed.

I konstruktioner med intakte pudsede lofter eller fuldpartlet gipspladebeklædning kan der som nævnt efterisoleres med fleksibel isolering, fx plader eller løsfyld af mineraluld eller cellulosebaseret fibermateriale uden etablering af dampspærre.

Konstruktionen efterisoleres til det valgte niveau, dvs. samlet 300 eller 400 mm. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til konstruktioner, spær og vindbrædder ved facader. Der må ikke være luftlommer.

Typisk udlægges ét lag og evt. supplerende granulat mellem spærfodder til overside spærfod og to lag over spærfodderne eller hanebåndsbjælkerne. Større spalter udfyldes med afskårne isoleringsstrimler. Mindre spalter og huller fyldes med granulat, så isoleringen slutter tæt i samlinger og mod konstruktion. Isoleringen må ikke trykkes, og den smigskæres ved ventilationsspalter ved tagfod.

Isoleringen kan også udføres ved udblæsning af granulat på loftet. Det kræver, at vindbrædderne ved facaden stikker mindst 50 mm op over den indblæste isolerings færdige overside, så der ikke er risiko for, at ventilationen bliver blokeret.

Udækket isoleringsmateriale skal opfylde brandkrav mindst svarende til klasse A.

Gangbroer udført af tætte materialer fx krydsfinér hæves mindst 50 mm over den færdige isolering, så luften kan cirkulere under gangbroen. Gangbroen skal sikre færdsel fra loftlem til installationer, tagvinduer, eller inspektion af dele af taget, så isoleringen ikke trædes flad. Gangbroer kan indgå i afstivning af tagkonstruktionen.

Ventilationen af det kolde tagrum etableres i overensstemmelse med anbefalingerne tidligere. Tagdækningen gennemgås og udbedres eller udskiftes og forsynes med undertag. Derpå sikres effektiv ventilation af loftrummet med spalter ved tagfod/hanebåndsfod og kip – alternativt med ventilationsstudse.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|---|--|----------------|----------------|
| Valg af løsning | Er en løsning for loftet valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Tagdækning | Er tagdækningen i god stand og forsynet med undertag? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Ventilation | Er loftsrummet effektivt ventileret? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Dampspærre og isolering | Er der en tæt dampspærre i konstruktionen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Fugt, skimmel, råd, svamp, insektangreb | Er tagkonstruktionen tør og uden råd, svamp eller insektangreb? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Adgangsforhold | Er der let adgang til loftet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 6 |
| Ventilationskanaler | Er der aftrækskanaler til naturlig ventilation eller ventilationsaggregater på loftet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra Energiløsningerne: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra, og Efterisolering af skunk samt tagkonstruktionen, herunder tagdækning, ventilation og undertag, samt isolering og dampspærre.

2. Tagdækning

Hvis tagdækningen er ældet, utæt og uden undertag, skal den repareres eller evt. udskiftes i forbindelse med loftisoleringen. Som led i isoleringen kan en samlet tagrenovering overvejes inklusive ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag og ventilationsåbninger til korrekt ventileret af tagrum.

3. Ventilation

Ventilation af loftrummet er afgørende for fugtforholdene. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor.

4. Dampspærre og isolering

Lufttætheden kontrolleres ved at undersøge tagkonstruktionen, inden efterisoleringen påbegyndes. Hvis der ikke er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst, kan lufttætheden vurderes som tilstrækkelig.

Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, tæt dampspærre med tætte samlinger til alle tilstødende bygningsdele. Se under "fugtforhold", om dampspærren kan udelades.

Eksisterende isolering og dampspærre fjernes, og konstruktionen bygges op på ny. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres.

Dampspærren kan placeres på undersiden af loftet nedefra, hvis isoleringsarbejdet er et led i en egentlig bygningsrenovering.

5. Fugt, skimmel, råd, svamp, insektangreb

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst må kilderne til opfugtningen findes og fjernes (utæt tagdækning eller inddækninger eller utætheder i loftkonstruktionen med kondensskader som følge).

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i loft eller tagkonstruktion tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelvækst afrenses, inden efterisoleringen udføres.

6. Adgangsforhold

Det bemærkes, at adgangsforholdene kan være uhenigtsmæssige: fx via en stige og lille loftlem i hvert trapperum. Nogle hanebåndsløfter kan være uden adgang. Det kan være hensigtsmæssigt at etablere adgang gennem tagfladen, især når den indgår i de tilhørende arbejder. I forbindelse med arbejdet skal sikres, at loftlemme er isolerede samt luft- og damptætte.

7. Ventilationskanaler

Aftrækskanaler for både naturlig og mekanisk ventilation af boligerne skal være tætte og bør kondensisoleres i forbindelse med efterisoleringen. Ventilatorer/ventilationsaggregater placeret på loftet hæves, så de står på den ny efterisolerede konstruktion. Under anlæggene kan anvendes fast diffusionsåben isolering som underlag for lydæmpende fliser.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK) det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der i forvejen ligger 175 mm eller mindre, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre, flytning af gangbro eller installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I forbindelse med udskiftning af mere end 50% af en tagbelægning stiller bygningsreglementet krav om, at der samtidigt efterisoleres til et rentabelt niveau. Ved mindre udskiftninger/reparationer af tagbelægningen (under 50%) stilles der ingen krav om efterisolering. I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeløsningsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

221: Efterisolering af etageboliger

224: Fugt i bygninger

273: Tage

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(37) 21 06 15 Efterisolering af loftkonstruktioner

uden dampspærre i ventilerede tagrum

(39) 15 12 28 Dampspærrematerialer og fugttransport

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer

mod opvarmede rum

(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og

renovering

www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Guide: Energirenovering af klimaskærm - større bygninger

Efterisolering af skråvæg - udefra, etageejendomme

Efterisolering af skunk, etageejendomme

www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Efterisolering af skunk

Energiløsningen gælder for efterisolering af skunkrum i bygninger med tagkonstruktioner med hanebåndsspær og udnyttet tagetage.

For ældre etageejendomme er dækket i utilgængelige skunkrum udført som bjælkelag med indskudsler og med forskalling, rør og puds på undersiden. Skunkvæggen kan være dobbelt bræddeskillevæg med imprægneret pap samt forskalling, rør og puds.

Den tilstødende tagflade er oftest uden afdækning og består af fx tegl på lægter.

For nyere bygninger kan dækket være udført som bjælkelag med eller uden indskud og afsluttet med forskalling og gipsplader på undersiden eller som beton- eller tegldæk. Den oprindelige isolering har afhængigt af opførelsesår været mellem 25 mm og 150 mm og udført med dampspærre. Enkelte skunke er efterisoleret, typisk op til 200 mm. Dampspærren kan dog være udeladt ved betondæk. Skunkvæggene er typisk trækonstruktioner med gipsplader med tilsvarende isolering og dampspærre.

Skunke kan være udført som pulterrum med trægulv eller betondæk og med brædder på lister eller evt. isolering mod tagfladen.

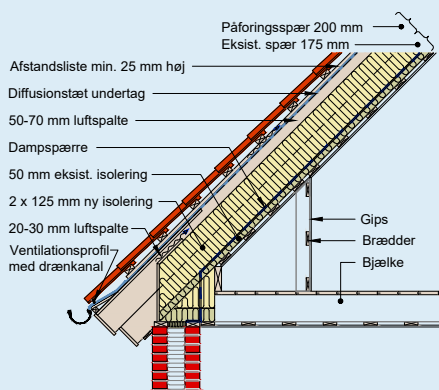
Adgang sker gennem lem fra de opvarmede rum til skunkrum. Efterisolering i skunkrummet kan være vanskeligt på grund af adgangs- og pladsforhold.

Arbejdet skal ses i sammenhæng med efterisolering af skråvæggen og resten af tagkonstruktionen. Hvis isoleringen mellem spærerne i skråvæggen fortsætter til tagfod, opnås et varmt skunkrum, hvilket kan være en fordel med hensyn til opbevaring og evt. rørstræk til varmeanlæg. Ved isolering af skunk, dæk og væg opnås et koldt skunkrum, hvorfor evt. varmerør enten skal flyttes eller have øget isolering.

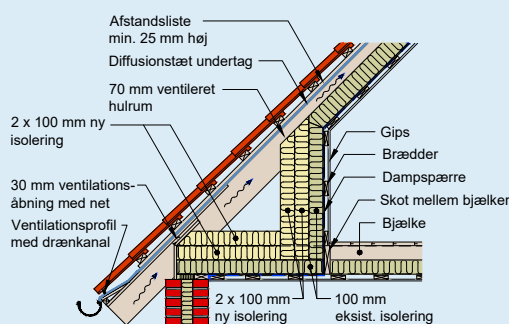
Arbejdet omfatter etablering af undertag og korrekt ventilation af tagkonstruktionen, tæt dampspærre og isolering enten mellem tagspær til tagfod (varmt skunkrum) eller på skunkgulv og -væg (koldt skunkrum). Som regel indgår isoleringsarbejdet som led i en større tagrenovering. Det kan i nogle tilfælde udføres som selvstændig foranstaltning indefra, men ofte under vanskelige arbejdsforhold.

Se i øvrigt disse Energiløsninger for store bygninger: Efterisolering af loft og Efterisolering af skråvæg.

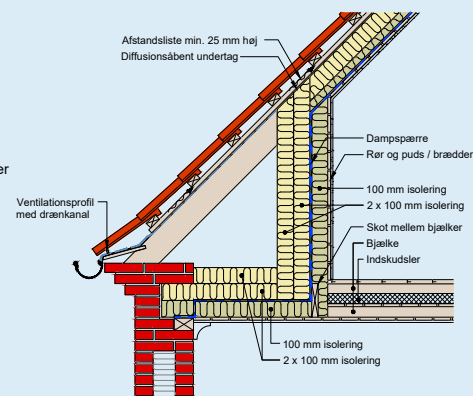
Varm skunk - diffusionstæt undertag



Kold skunk - Diffusionstæt undertag



Kold skunk - Diffusionsåben undertag



Hvis skunkens eksisterende isolering er mindre end 175 mm, bør skunken efterisoleres til U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til 300 mm isolering eller til det niveau, der er rentabelt, jf. Bygningsreglementet. For nogle skunkrum kan pladsforholdene være afgørende for den valgte isoleringstykkel.

Det er en forudsætning, at der er en helt lufttæt konstruktion, og at ventilation af skunkrum og tagflade er korrekt. Uden dampspærre må isoleringstykkel ikke overskride 150 mm.

Indeklima

Når skunken efterisoleres, bliver det underliggende loft og skunkvæggen varmere, og det undgås, at der er træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader eller fra

Energibesparelse

| Eksisterende Isoleringstykkel - skunkgulv/skunkvæg | Ny samlet isoleringstykkel* | |
|--|--|--|
| | 300 mm isolering lambda 37 U = 0,12 W/m ² K | 400 mm isolering lambda 37 U = 0,10 W/m ² K |
| 0 mm**) | 64 | 66 |
| 50 mm | 50 | 52 |
| 75 mm | 35 | 36 |
| 100 mm | 23 | 25 |
| 125 mm | 17 | 19 |
| 150 mm | 13 | 15 |
| 175 mm | 10 | 12 |
| 200 mm | 7 | 9 |

*) Målet med energiløsningen er, at konstruktionen som minimum skal opfylde det niveau, der er rentabelt, jf. Bygningsreglementet. Dette krav må i nogle bygninger fraviges på grund af pladsforhold, konstruktive forhold eller hensyn til arkitektur.

**) Uisoleret konstruktion med 20-25 mm ældre isolering

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37-38 mW/m K. For varm skunk fortsættes isoleringen af skråvæggen til tagfod.

For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 150 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 180 mm med lambda 37 mW/m K.

Se Videncentrets isoleringstabel:

www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkel.pdf

kold indtrængende luft i selve bjælkelaget. Er arbejdet udført korrekt, mindskes risikoen for kondens på loftets inderside, og dermed reduceres også risikoen for skimmelangreb.

Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere skunkvægge og varmere loft i underliggende etage - bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂-udledning
- Øget ejendomsværdi

Fugtforhold ved isolering af skunkkonstruktion

Ved renovering af ældre tagkonstruktioner, som ikke er tætte, skal et nyt tæthedspan etableres. Dette gøres typisk med en dampspærre.

• Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring skunkrummet betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugten kan tilføres fra tilstødende opvarmede rum (underliggende loft og skunkvæg) gennem utætte pudsede lofter og vægge, gennem utæt dampspærre, utæt skunklem og ved diffusion gennem lofter og vægge. Yderligere tilføres fugt fra nedbør og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Koldt skunkrum:

Ved koldt skunkrum vil den nye isolering nedsætte temperaturen i skunkrummet og dermed øge luftfugtigheden og fugtigheden på overflader, især i vinter og forårsmåned. Dermed kan der opstå skimmel på organisk materiale og risiko for svampeangreb af trækonstruktionen. Derfor skal luftfugtigheden i skunkrummet holdes nede.

Det gøres f.x. med en helt lufttæt dampspærre på isoleringens varme side samt en korrekt og tilstrækkelig ventilation af skunkrummet og en tagflade der er tæt mod slagregn og fygesne. For den vandrette del kan lufttætte pudsede lofter eller fuldspartlet gipspladebeklædning benyttes som tæthedspan, hvis de er intakte - dvs. uden huller og revner. Dette kræver, at lufttæthedens kontrolleres, at der ikke er tegn på opfugtning eller skimmelvækst, at de omfattede konstruktionsdele er tilgængelige for inspektion og at ventilationsforholdene opfylder retningslinjerne. Hvis skunken lukkes, er en tæt dampspærre nødvendig.

Dampspærren kan afhængigt af konstruktionen og om arbejdet udføres indefra eller udefra placeres på loft mod skunk og på skunkvæg, eller op til 1/3 inde i isoleringlaget set indefra.

Løsningen vælges så den kan kombineres med løsningen valgt for skråvæggen (Se: Efterisolering af skråvæg - udefra, store bygninger). Evt. lemme skal kunne lukke helt lufttæt, fuger omkring rør og kanalføringer skal tætnes effektivt.

Varm skunk:

Løsningen udføres udefra ofte ved påføring af spær, som udgangspunkt for en passende isoleringstykkelse. Ved etablering af en varm skunk hvor tagfladen isoleres fra ydervæggen og op, etableres en tæt dampspærre inderst i forbindelse med den indvendige beklædning af den skrå tagflade, evt. beskyttet bag fx 5 cm isolering. Løsningen vælges så den kan kombineres med løsningen valgt for skråvæggen (Se: Efterisolering af skråvæg - udefra, store bygninger).

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Forudsætninger | I en boligblok efterisoleres skunkene udefra i alt 220 m ² . Skunkene er isoleret med 50 mm mineraluld. Isolering og evt. dampspærre samt evt. indskud i skunkgulv fjernes. Der etableres damptæt membran og efterisoleres med i alt 300 mm på dæk og væg samt diffusionsåbent undertag og ventilationsspalter ved tagfod og kip. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh | |
| Årlig energibesparelse kWh | | 50 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse i kWh | 50 kWh/m ² x 220 m ² = | 11.000 kWh |
| Besparelse i kr., år 1 | 0,50 kr./kWh x 11.000 = | 5.500 kr. |
| CO₂-besparelse i kg, år 1 | 0,072 kg/kWh x 11.000 kWh = | 792 kg / 0,8 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

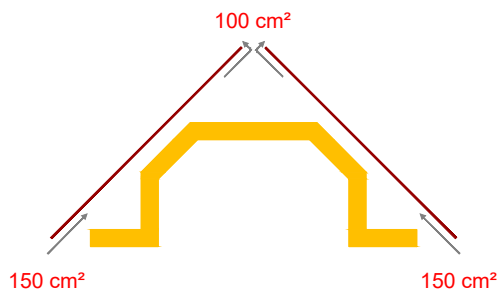
- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Nødvendig ventilation af kolde skunkrum

I kolde skunkrum skal der etableres ventilationsåbninger, der er fordelt, så der ikke opstår utilstrækkeligt ventilerede områder i tagkonstruktionen. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. Erfaringstallet svarer til følgende:

Ved diffusionstæt undertag

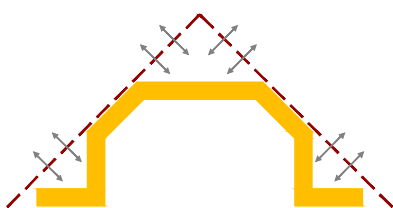
Der skal en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst i skunken i hvert spærfag.



Ved diffusionsåbent undertag

Der skal helst være en ventilationsspalte ved tagfoden. Hvis det ikke kan lade sig gøre, etableres en ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag ved spærfod og øverst i skunken. Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør dog udelukkende ske, hvis der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen.

Nødvendig ventilation af den skrå tagflade ved varme skunkrum



1 ventilationsstuds skiftevis i top og bund af skunkrum og loftsrum

I forbindelse med tagrenovering skal der etableres ventilationsåbninger ved tagfod og kip, så der ikke opstår områder, som er utilstrækkeligt ventilerede. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal.

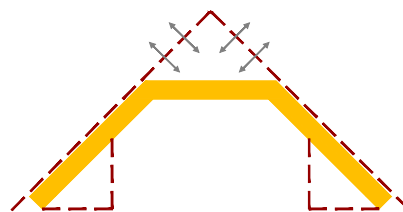
Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering)

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag.

Ventilationen i skråvæggen sikres med luftspalte på 50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer.

Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag)

Der etableres en 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip i hvert spærfag. Alternativt kan ventilationsspalter i kip erstattes med en ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip på spidsloft. Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør udelukkende ske, hvis der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen.



1 ventilationsstuds pr. spærfag pr. side, skiftevis i top og bund

Generelt for både kolde og varme skunkrum

Det nævnte areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større.

For at hindre brandspredning skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalen skal være min. 300 mm lang i hvert spærfag og højst 30 mm høj.

Udførelse

Koldt skunkrum - isolering af dæk og skunkvæg

Kold skunk - udefra

Eksisterende isolering og dampspærre fjernes - medmindre det eksisterende er udført korrekt og er intakt, så dampspærren er helt tæt, og isoleringen er i god stand. For bjælkelag med indskud kan ler og brædder evt. fjernes for at give bedre plads til isoleringen.

Der etableres lufttæt fuget skot under skunkvæg - så ventilation i bjælkelag hindres.

Afhængigt af den valgte løsning for hele tagfladen udføres påføring af spær, så en effektiv isoleringstykkel og plads til ventilation sikres.

Afhængigt af konstruktionen opsættes vindplader ved tagfod mellem spær for at forhindre gennemblæsning af isolering og sikre en fast ventilationspalte mellem isolering og undertag.

I etagebyggeri skal ventilationsspalten mellem under-tag og vindplade være maks. 30 mm høj og min. 300 mm lang for både at sikre ventilation og minimere risiko for brandspredning via tagfoden. Der udlægges 50 mm isolering på dæk og opsættes 50 mm isolering fastholdt på skunkvæg; isoleringen beskytter dampspærren mod perforeringer og giver jævnt underlag for arbejdet. Dampspærren monteres og føres 50 mm op ad bjælkesider og til ydervæg eller rem.

Dampspærren for skunk udføres i damp-tæt forbindelse med dampspærre i skråvæg. Membranen hæftes med klammer og tapes fast eller klemmes bag liste på ren-gjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger.

På den kolde side af dampspærren skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkel. Konstruktionen efterisoleres til samlet 300 eller 400 mm eller til rentabelt niveau, afhængigt af pladsforhold. Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til konstruktioner, spær og eventuelle vindplader ved facader. Mindre spalter fyldes med isoleringstrimler eller granulat, så isoleringen slutter tæt i samlinger og mod konstruktionen. Isoleringen må ikke trykkes. Isoleringen smigskæres, hvor der er vindplader ved tagfod.

Isoleringen af skunkgulvet kan evt. udføres ved ud-blæsning af granulat. Hvis konstruktionen har vindplader ved facaderne skal de stikke mindst 50 mm op over den indblæste isolerings færdige overside, så der ikke er mulighed for blokering af ventilationen.

Udækket isoleringsmateriale skal opfylde brandkrav mindst svarende til klasse A. Rør til varmeanlæg og evt. koldtvarsrør mv. flyttes eller isoleres omhyggeligt. Installationer i rummet skal flyttes, hvis skunklemme blændes efter isoleringen.

For skunkrum med installationer skal disse kunne inspiceres, og derfor skal der typisk etableres en smal gang/krybebro.

Adgangsløkke skal isoleres og være luft- og damp-tætte.

Kold skunk - indefra

Løsningen er typisk vanskelig at udføre korrekt indefra og anbefales derfor ikke på grund af ringe adgangs- og pladsforhold samt mindsket mulighed for at opnå korrekte løsninger, herunder en effektiv tæt dampspærre, flytning af evt. installationer, korrekt og fastholdt isolering med overgang til skråvægsmembraner og skråvægisolering, evt. udbedring af tagbelægning samt valg og etablering af undertag og ventilationsløsning.

Varmt skunkrum - isolering af skråvæg til tagfod

Varm skunk - udefra

Løsningen bør udelukkende udføres udefra og i sammenhæng med energiløsningen "Efterisolering af skråvæg - udefra".

Tagdækning, lægter, evt. undertag, eksisterende isolering og dampspærre fjernes.

Afhængigt af den valgte løsning for hele tagfladen udføres påføring af spær, så en effektiv isoleringstykkel og plads til ventilation sikres.

I skunkrum opsættes et egnet plademateriale på spærundersiderne. Derpå udlægges evt. 25 til 50 mm isolering, som underlag for dampspærren. Dampspærren monteres derpå mellem spærerne og føres 50 mm op ad spærside. Den hæftes med klammer og tapes eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger. Over dampspærren - på dampspærrens kolde side - skal der minimum isoleres med to tredjedele af den samlede isoleringstykkel. Se i øvrigt energiløsningen: "Efterisolering af skråvæg - udefra".

Derpå etableres undertag, ventilation og tagflade.

Varm skunk - indefra

Det anbefales ikke at udføre løsningen indefra.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--------------------------------|---|----------------|----------------|
| Mulighed for samlet tagløsning | Er løsningen for skunken valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Tagdækning | Er tagdækningen i god stand og forsynet med undertag? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Ventilation | Er loftrummet effektivt ventileret? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Skunkkonstruktion | Er der en tæt dampspærre i konstruktionen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Tagkonstruktion | Er tagkonstruktionen tør og uden skimmel råd, svamp eller insektangreb? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Skunk - adgang | Overvejes arbejdet udført indefra? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Installationer | Er der installationer i skunkrum? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra disse Energiløsninger for store bygninger: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk samt ud fra tagkonstruktionens beskaffenhed, herunder tagdækning, ventilation, undertag, isolering og dampspærre. Herunder: Er der anvendelsesmuligheder for de isolerede skunke? Vælg løsning - varm eller kold skunk? Udførelse udefra eller indefra? Arbejdets samlede omfang, økonomi og bygningens fremtræden skal inddrages i overvejelserne.

2. Tagdækning

Hvis tagdækningen er ældet, utæt og uden undertag, skal den repareres eller evt. udskiftes i forbindelse isoleringen. Som led i isoleringen kan en samlet tagrenovering overvejes omfattende ny tagdækning, tagrender, inddækninger, undertag og ventilationsåbninger til korrekt ventilering af tagkonstruktionen.

3. Ventilation

Ventilation af skunkrummet og tagkonstruktionen er afgørende for fugtforholdene. Der skal etableres effektiv ventilation af tagkonstruktionen med spalter ved tagfod og i toppen af skunkrum, alternativt med ventilationsstudse. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor. Gennemluftning af bjælkelaget ved kold skunk kan hindres med et lufttæt skot mellem bjælkerne - skottet kan yderligere bruges som fast underlag for samling af dampspærre.

4. Skunkkonstruktion - dampspærre

Hvis dampspærren er defekt eller mangler, skal der monteres en ny, helt tæt dampspærre. Eksisterende isolering og dampspærre skal fjernes, og konstruktionen bygges op på ny. Ødelagt, fugtig eller nedtrådt isolering udskiftes eller udbedres.

5. Tagkonstruktion - fugt

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (utæt tagdækning eller inddækninger, eller utætheder i loftkonstruktion med kondensskader som følge). Hvis der er tegn på råd, svamp (herunder skimmelsvamp) eller insektangreb i tagkonstruktionen, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses inden efterisoleringen udføres.

6. Skunk - adgang

Vurdér, om arbejdet kan udføres korrekt indefra - herunder adgang til skunkrum og lukkede skunkrum, skunkrummenes størrelse, omfang af arbejder ved tagfod og tilslutning til evt. dampspærre og isolering i skråvæg mv. Hvis isolering af et koldt skunkrum udføres indefra, skal lemme til skunke isoleres (fx med 15-20 cm hård isolering) og være luft- og damptætte (eller evt. blændes). Evt. gennembrydninger etableret i forbindelse med arbejdet blændes. Adgangslemme til inspektion af installationer skal bevares.

7. Installationer i kolde skunkrum

Hvis der er rør til varmforsyning eller brugsvand, eller el-installationer mv. i en kold skunk, skal der sikres adgang til inspektion af disse fx via smal gangbro/kravlebrædt gerne hævet over isoleringen. Rørisolering checkes og bør typisk øges for at hindre varmetab eller frostskafer. Alternativt flyttes installationerne.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en skunk stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K. i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK)

Kravet til efterisolering gælder både skunkgulvet og skunkvæggen. Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, og der i forvejen ligger 175 mm isolering eller mindre, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel. En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $\text{Besparelse} \times \text{Levetid} / \text{Investering} > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige øko-nomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeløsningsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBI-anvisninger
 239: Efterisolering af småhuse - energibesparelser og planlægning
 240: Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger
 224: Fugt i bygninger
 273: Tage
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne
 (39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum
 (39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering
 (27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning
 (42) 11 07 18 Dryp fra konstruktioner
 (47) 11 07 19 Tagunderlag af krydsfiner
 (47) 09 12 18 Undertag af banevarer
 (37) 21 06 15 Efterisolering af loftkonstruktioner uden dampspærre i ventilerede tagrum

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning:
www.duko.dk

DBI: Gode og brandsikre tage
www.brandsikretage.dk

Filmen: Efterisolering af skunk på
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Efterisolering af skråvæg

- udefra

Denne energiløsning gælder for efterisolering af skrå tagflader mod opvarmet, udnyttet tagetage - det vil sige typisk tagkonstruktioner med hanebåndspær.

De skrå tagflader i ældre etageejendomme er typisk udført uden isolering og med et lag fastholdte indskudsbrædder med imprægneret pap mellem spærerne.

Indersiden er oftest med forskalling, rør og puds. I nyere etageejendomme kan konstruktionen typisk være udført med 50 til 100 mm isolering og have dampspærre og gipsplader mod de opvarmede rum. Spærdimensionen er afgørende for tykkelsen af evt. tidligere efterisolering, som kan være 75 mm til 100 mm, typisk i form af isoleringsmåtter skubbet ned fra hanebåndsoftet og trukket på plads.

Hvis konstruktionen er isoleret med 100 mm eller mindre, skal energiløsningen anvendes. En skrå tagflade bør efterisoleres op til nuværende BR krav med U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K svarende til 300 mm mineraluldsisolering, hvis muligt.

Isoleringsarbejdet omfatter etablering af tæt dampspærre og isolering af konstruktionen samt etablering af undertag og korrekt ventilation af skråvæggen.

Arbejdet indgår typisk i en tagrenovering. I princippet kan arbejdet udføres på skråvæggen alene med efterfølgende retablering af tagbelægningen. Dette anbefales dog ikke.

For at muliggøre en isoleringstykkelse på 300 mm er det oftest nødvendigt at forhøje spærerne. Det kan påvirke bygningens fremtræden markant.

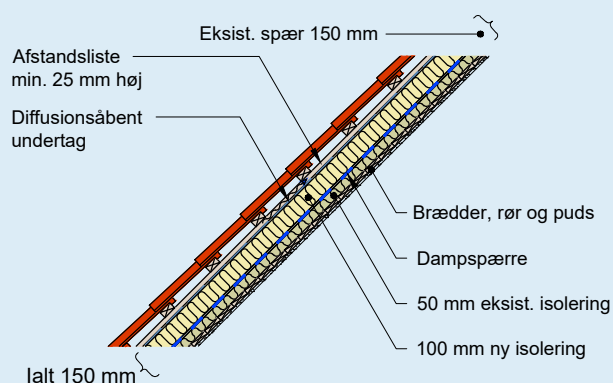
Som alternativ til forhøjning af spærerne kan isolering mellem spærerne suppleres med indvendig isolering med krydslægtning - hvis pladsforhold tillader det, og der samtidig skal gennemføres en mere omfattende renovering. Denne løsning kan foretrækkes af arkitektoniske grunde.

Se i øvrigt også disse Energi løsninger for store bygninger: Efterisolering af loft og Efterisolering af skunk.

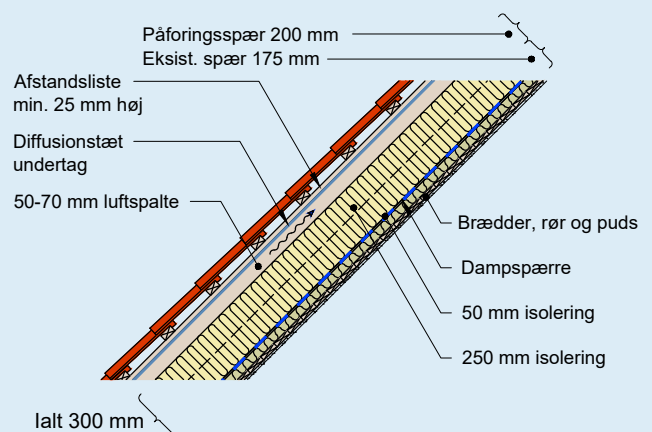
Skråvægge efterisoleres til den anbefalede tykkelse eller til et niveau, der er rentabelt, jf. bygningsreglementet. For nogle tagkonstruktioner vil øgning af spærerne ændre bygningens fremtræden markant. Derfor kan spærdimensionen være afgørende for den valgte isoleringstykkelse. Tykkelsen kan korrigeres ved isoleringsmateriale med en bedre lambdaværdi, dvs. lavere end 37-38 mW/m K.

Skråvæg med diffusionsåbent undertag

Løsningen forudsætter en helt tæt og holdbar dampspærre.



Skråvæg med forhøjede spær og diffusionstæt ventileret undertag



Fordele

- Mindre varmetab gennem tagkonstruktionen
- Varmere skråvægge i øverste etage og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Forbedring af fugtforhold i tagkonstruktionen og nedsat risiko for skimmel eller svamp
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi
- Den ny tagflade og nye ovenlysvinduer kan forbedre bygningens fremtræden

Indeklima

Når skråvæggene efterisoleres, bliver væggen i de opvarmede rum varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

Energibesparelse

| Eksisterende isoleringstykkel - skråvæg | | |
|---|---|---|
| | Minimum 300 mm isolering lambda 37 U = 0,12 W/m ² K | Lavenergi 400 mm isolering lambda 37 U = 0,10 W/m ² K |
| 0 mm | 129 | 131 |
| 50 mm | 42 | 44 |
| 75 mm | 31 | 33 |
| 100 mm | 23 | 25 |
| 125 mm | 18 | 20 |

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37-38 mW/m K.

For isolering med lavere lambdaværdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

**Målet med energiløsningen er, at konstruktionen som minimum skal opfylde det niveau, der er rentabelt, jf. bygningsreglementet. Dette krav må i nogle bygninger fraviges på grund af pladsforhold, konstruktive forhold eller hensyn til arkitektur.*

Se Videncentrets isoleringstabel: www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkel.pdf

Fugtforhold ved efterisolering af skråvægge

En tæt dampspærre og ventilation af tagkonstruktionen er forudsætning for en succesfuld energiretning. Konstruktioner med træ eller træbaserede materialer er særligt sårbare overfor fugtbelastning fra indeluften. De naturlige trykforhold omkring skråvæggen betyder, at selv en meget lille utæthed kan resultere i betydelig transport af fugt ind i konstruktionen.

Fugt kan ventileres ind i konstruktionen fra de opvarmede rum gennem utætheder eller kan diffundere gennem pudse vægge og materialer uden en effektiv dampspærre.

Yderligere er der risiko for fugt fra nedbør og fra kondens på afkølede tagflader uden undertag.

Det er vigtigt, at den indvendige beklædning er lufttæt - fx pudsede vægge uden revner eller fuldpartlet gipspladebeklædning. Derfor skal det kontrolleres, om der er synlige tegn på opfugtning eller skimmelvækst, inden arbejdet igangsættes. Hvis dette ikke er tilfældet, kan lufttætheden vurderes som tilstrækkelig. Det forudsættes, at arbejdet ikke påvirker konstruktionens tæthed.

Hvis der er tvivl om tæthed, skal der ved efterisolering etableres en lufttæt dampspærre på isoleringens varme side - typisk i isoleringslaget mellem spærene.

I forbindelse med efterisoleringen udefra, skal tagkonstruktionen forbedres, så risikoen for fugt-relaterede problemer mindskes:

Fugttilførsel fra opvarmede rum hindres med en dampspærre på isoleringens varme side, og fugt udefra hindres ved etablering af nyt undertag samt 20-30 mm ventilation mellem undertag og tagdækning.

Ved tagfod monteres vindbrædder, som beskytter isoleringen mod gennemluftning, og som leder ventilationsluften op til det ventilerede hulrum mellem det diffusionstætte undertag og isoleringen. Over vindbrædderne skal der være en ventilationsåbning med net på 30 mm.

Undertaget kan være diffusionstæt og ventileret med 50-70 mm luftspalte mellem undertag og isolering, eller det kan være diffusionsåbent. Det diffusionsåbne undertag er ikke ventileret og forudsætter, at dampspærren er helt tæt. Dette giver mulighed for større isoleringstykkelser. Hvor det er muligt, skal der anvendes ventileret undertag, som er den sikreste løsning.

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|---|-----------------------|
| Forudsætninger | I en boligblok efterisoleres 240 m ² skråvæg. Eksisterende isolering er 75 mm måtter skubbet ned mellem spærene (virkning vurderes at svare til 50 mm isolering). Spærdimension 5 x 6 tommere. Tagdækning fjernes, isoleringsmåtter, og evt. indskudsbrædder og asfaltpap fjernes. Spær forhøjes med 200 mm. Der etableres dampspærre og isoleres med 300 mm mineraluld, og derpå etableres diffusionstæt ventileret undertag. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh | |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² | | 42 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse i kWh | 42 kWh/m ² x 240 m ² = | 10.080 kWh |
| Energibesparelse år 1, kr. | 0,50 kr./kWh x 10.080 kWh = | 5.040 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse i kg | 0,086 kg/kWh x 10.080 kWh = | 726 kg/0,7 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Nødvendig ventilation af den skrå tagflade

I forbindelse med tagrenoveringen skal der etableres ventilationsåbninger ved tagfod og kip, så der ikke opstår områder, som er utilstrækkeligt ventilerede. Det samlede areal af ventilationsåbningerne ved tagfod og i kip skal erfaringsmæssigt være mindst 1/500 af det bebyggede areal. Det svarer til følgende:

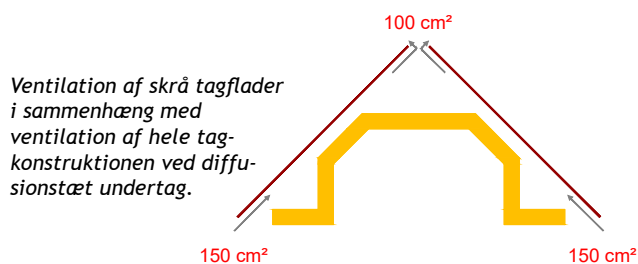
Ved diffusionstæt ventileret undertag (ventilation mellem undertag og isolering)

Der etableres 150 cm² spalte i hver side ved spærfod og 100 cm² i hver side øverst ved kip. Ventilationen i skråvæggen sikres med luftspalte på 50 mm ved fast undertag og 70 mm ved banevarer.

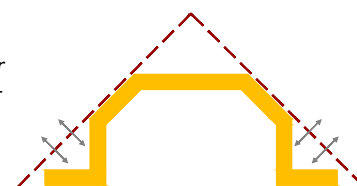
Ved diffusionsåbent undertag (ventilation mellem tagdækning og undertag)

Der etableres ventilation på uopvarmede spidslofter og uopvarmede skunkrum med en ventilationsstuds (50 cm²) pr. spærfag, skiftevis ved hanebånd og øverst ved kip på spidsloft, og nederst og øverst i hvert spærfag i kolde skunkrum, se illustration.

Diffusionsåbne undertage kan udføres uden ventilation mellem undertaget og isoleringen. Det bør udelukkende ske, hvis der er sikkerhed for en helt tæt og holdbar dampspærre i konstruktionen.



Ventilation af skrå tagflader i sammenhæng med ventilation af hele tagkonstruktionen ved diffusionsåbent undertag.



Mere end 1 meter dybde:
1 ventilationsstuds skiftevis i top og bund af skunkrum

Generelt for både diffusionstæt og diffusionsåbent undertag

Areal for ventilationsåbninger er nettoareal, dvs. ved net, snefangrør mv. skal bruttoåbningen være tilsvarende større.

For ventilationsåbninger med net skal arealet fordobles.

For at hindre brandspredning og for at holde isoleringen på plads skal ventilationsspalter ved tagfod beklædes i top og bund, fx med 12 mm krydsfinér. Kanalen skal være min. 300 mm lang og højst 30 mm høj.

Se også Energiløsningerne for store bygninger: Efterisolering af loft og Efterisolering af skunk.

Udførelse

Tagdækning, lægter og evt. undertag, eksisterende dårlig isolering og dampspærre samt evt. indskud fjernes. Evt. søm-spidser bøjes eller knibes, og overflødige lister o.l. fjernes.

Kun hvis den eksisterende dampspærre er korrekt udført og helt tæt, og isoleringen er i god stand, kan disse dele evt. beholdes. I det følgende er antaget, at dette ikke er tilfældet.

Der udlægges 25 til 50 mm isolering, der skal beskytte dampspærren mod perforeringer og give et jævnt underlag. Der må ikke være luftlommer bag isoleringen. Dampspærren monteres derpå mellem spærerne og føres 50 mm op ad spærsiderne. Den hæftes med klammer og tapes fast eller klemmes bag liste på rengjort fast underlag med fugebånd eller fugemasse, så der overalt opnås lufttætte samlinger.

Dampspærren kan placeres indvendigt evt. i forbindelse med indvendig isolering med krydslægtning, hvis arbejdet sker som led i en egentlig bygningsrenovering.

Over dampspærren skal der minimum isoleres med to tredjedel af den samlede isoleringstykkelse.

Ved uændret spærhøjde

Konstruktionen efterisoleres op til spærets overkant. Der bør anvendes egnet isolering med lav lambda-værdi. Før oplægning af undertaget skal spærerne kontrolleres for mulige skader og eventuelt rettes op.

Dette kræver, at der arbejdes med diffusionsåbent undertag, hvilket igen forudsætter, at der etableres en helt luft- og dampstæt dampspærre.

Ved øget spærhøjde

Spærhøjden øges, typisk ved påføring med 150 til 200 mm, så der er plads til isolering og ventilationspalte mellem undertag og isolering, og konstruktionen efterisoleres derpå til samlet 300 mm. Af hensyn til påsømning af afstandslister og lægter udføres påføring med mindst 45 mm tykke planker.

Isoleringen udlægges i flere lag med forskudte samlinger og sluttende tæt til spær.

Ved diffusionsåbent undertag kan isoleres op til spærets overkant.

Ved diffusionstæt undertag afsluttes isoleringen 70 mm fra spærets overkant for at sikre min. 50 mm effektiv luftspalte ved banevarer. Ved fast undertag kan isoleringen afsluttes 50 mm fra spærets overkant.

Isoleringen skal om nødvendigt fastholdes fx med ståltråd, så den ikke kan blokere for ventilationsspalten.

Efter isoleringen monteres undertag samt afstandslister til ventilationsspalte som underlag for lægter og tagdækning.

Udførelse fortsat

Den samlede ventilation af tagkonstruktionen skal etableres i overensstemmelse med anbefalingerne ovenfor afhængigt af det valgte undertag. For både det diffusionsåbne og diffusionstætte undertag etableres effektiv ventilation af luftspalte mellem undertag og tagdækning. For det diffusionstætte ventilerede undertag monteres vindbrædder/studse, som beskytter isoleringen ved tagfod mod gennemluftning og leder ventilationsluften gennem luftspalten mellem isolering og undertag op i tagrummet.

Se også Energiløsningen for etageejendomme: Efterisolering af loft.

Ved udskiftning eller evt. genanvendelse af ovenlysvinduer skal sikres tætte samlinger til dampspærre og undertag, samt at ovenlysvinduet ikke afbryder ventilationen af tagkonstruktionen. Montage af ovenlysvinduer og etablering af supplerende ventilationsåbninger skal følge leverandørens anvisninger.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--------------------------------|---|----------------|----------------|
| Mulighed for samlet tagløsning | Er en løsning for skråvæggen valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Tagkonstruktion | Kan spær og tagkonstruktion forhøjes? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Tagkonstruktion | Er tagkonstruktionen tør og uden råd, svamp eller insektangreb? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Ventilation | Er ventilationsforholdene i den nye konstruktion lagt fast? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Ovenlys | Er der ældre ovenlysvinduer på den skrå tagflade? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 5 |

1. Valg af samlet løsning

Overvej de samlede muligheder vha. tre Energiløsninger for etageejendomme: Efterisolering af loft, Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk samt ud fra tagkonstruktionens opbygning og tilstand, herunder tagdækning, ventilation, undertag, isolering og dampspærre.

2. Valg af spærhøjde

Inden arbejdet og i sammenhæng med den samlede tagrenovering afgøres, om spærhøjden kan øges, så konstruktionen opfylder BR kravet - eller om den skal forblive uændret med en isoleringstykkel, der er mindre end BR kravet, men evt. med en bedre isolering med lavere lambdaværdi. Pladsbehov for ventilationsspalte skal indregnes i denne vurdering fra start af. Det bemærkes, at ændret spærhøjde kan nødvendiggøre følgearbejder som fx ændring af murkrone/gesims.

Mulighederne for ekstra isolering i skunkrum eller på loft, evt. supplerende indvendig efterisolering af skråvægge og bedre ovenlysvinduer vurderes samtidig. Overvejelserne omfatter arbejdets samlede omfang, økonomi og bygnings fremtræden.

3. Fugt, skimmel, råd, svamp og insektangreb

Ved fugtige områder med våd isolering og skimmelvækst skal kilderne til opfugtningen findes (dvs. utæt tagdækning, utætte inddækninger eller utætheder i loftkonstruktion med kondensskader som følge). Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i tagkonstruktionen, kontaktes særlig fagkyndig eller forsikringsselskab. Årsagen til eventuelle skader fjernes, konstruktionen udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses, inden efterisoleringen udføres.

4. Ventilation

Ventilation af skråvæggen er afgørende for fugtforholdene. Nuværende forhold gennemgås, og det vurderes, hvordan den nødvendige ventilation for skunk, skråvæg og loft kan tilvejebringes i henhold til anbefalingerne ovenfor. Herunder valg af løsning med diffusionstæt ventileret undertag eller diffusionsåbent undertag.

5. Udskiftning af ovenlysvinduer

Normalt skal ældre ovenlysvinduer udskiftes i forbindelse med en tagrenovering. For det første er ovenlysvinduet en udsat bygningsdel, for det andet er energieffektiviteten og funktionaliteten for ovenlysvinduer forbedret markant de sidste 10 år, og for det tredje kan der sjældent fås inddækninger mv. til ældre ovenlysvinduer, der skal genanvendes i reoverede tagkonstruktioner.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tag/loft-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering til en U-værdi på maksimalt 0,12 W/m²K gennemføres i det omfang, det er rentabelt og ikke medfører risiko for fugtskader.

Dette svarer fx til ca. 300 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 300 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel, kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabel. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

I tagkonstruktioner med hulrum med plads til mere isolering vil det normalt være rentabelt at efterisolere hulrummet. Hvis hulrummet kan efterisoleres til mindst 100 mm isolering eller mere, vil det normalt ikke være rentabelt at efterisolere op til U-værdi-kravet ved påføring af spær og yderligere efterisolering. Hvis hulrummet af byggetekniske årsager ikke kan efterisoleres op til mindst 100 mm, skal det dokumenteres, at efterisolering ved påføring af spær og yderligere efterisolering ikke er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis Besparelse x Levetid / Investering > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelse af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre, påføring af spær og flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år, og den årlige øko-nomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmempris.

I forbindelse med udskiftning af mere end 50 % af en tagbelægning stiller bygningsreglementet krav om, at der samtidigt efterisoleres til et rentabelt niveau. Ved mindre udskiftninger/reparationer af tagbelægningen (under 50 %) stilles der ingen krav om efterisolering.

I tilfælde af en total udskiftning af en tagkonstruktion skal U-værdi-kravet (0,12 W/m²K) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger:

221: Efterisolering af etageboliger

224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:

(27) 13 11 05 Tagkonstruktioner med stor hældning

(37) 15 12 30 Efterisolering af vandrette lofter

(39) 15 12 28 Dampspærrematerialer og fugttransport

(27) 07 06 29 Undertage - diffusionstætte og diffusionsåbne

(39) 08 06 30 Dampspærre - udførelse og detaljer mod opvarmede rum

(39) 18 12 12 To dampspærre - ved nybyggeri og renovering

www.byg-erfa.dk

Trafik- og Byggestyrelsen, Bygningsreglementet, Vejledning om ofte rentable konstruktioner

www.bygningsreglementet.dk

Dansk Undertagsklassifikationsordning

www.duko.dk

Se filmen: [Udvendig efterisolering af skråvæg](#)

Energiløsninger for etageejendomme:

[Efterisolering af loft](#)

[Efterisolering af skunk](#)

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Efterisolering af kviste

Energiløsningen gælder for efterisolering af traditionelle kviste i etagebyggeri med udnyttet tagetage opført frem til omkring 1970.

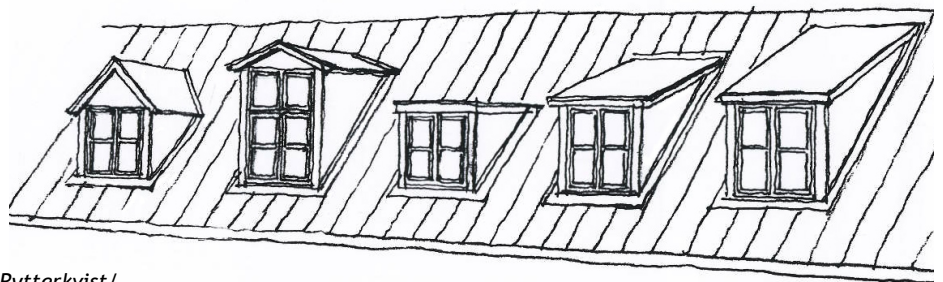
Kviste er typisk udført som heltagskviste, pultkviste eller taskekviste - alle med lokale variationer i størrelser, konstruktioner og materialer.

Energiløsningen fokuserer på den mest almindelige type kvist i etageejendomme - "heltagskvisten" som typisk er en mindre kvist med enten sadeltag og belægning som det øvrige tag, eller med fladt tag eller buet tag oftest beklædt med zink.

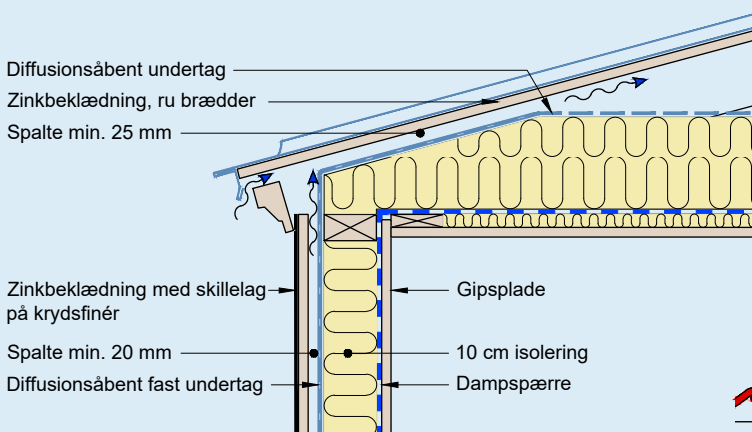
Det bemærkes, at kvisten er en vejruddat og relativt kompleks bygningsdel. I forbindelse med vedligehold, udskiftning af zinkbeklædning, udskiftning af vinduer, udskiftning af inddækninger eller i forbindelse med tagrenovering bør kvistene energirenoveres.

Kvistens flunker, kvistens tag og brystningen - som er en mini-skunk under vinduet - er oftest udført med 0 til 25 mm isolering. Flade kvisttage og flunker kan eksempelvis være udført som to lag brædder med rør og puds på indersiden, ventileret hulrum og beklædning afsluttet med zink på ydersiden. I bygninger fra 1940 til 1965 kan kvistene være isoleret med 25 til 50 mm isolering.

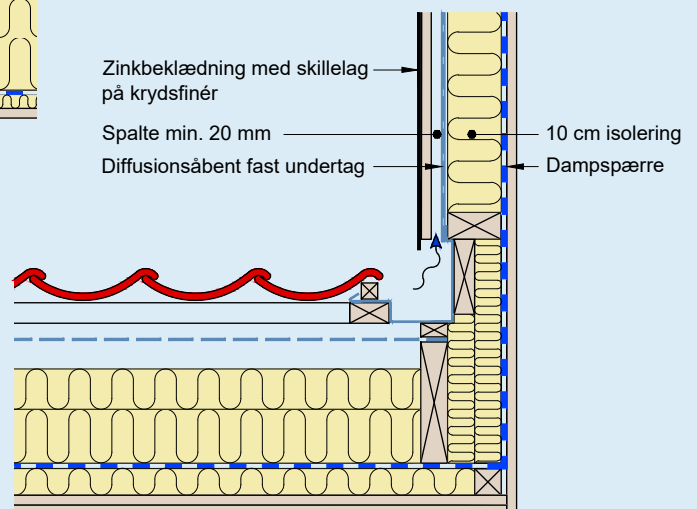
Typisk har de relativt spinkle kviste væsentlig betydning for bygningens fremtræden. Ved energirenovering af kviste er det derfor vigtigt, at bygningens arkitektoniske kvaliteter respekteres bedst muligt.



Rytterkvist/
Heltagskvist Københavnerkvist Kvist med fladt tag Pultkvist Taskekvtist



Lodret snit i flunke og kvisttag
Ombygget energirenoveret kvist



Snit i flunke og tagflade, vinkelret på tagflade
Ombygget energirenoveret kvist

Ved udvendig isolering af flunker og tag skal det undgås, at kvisten kommer til at fremstå som tung og klodset.

Hvis kvisten er isoleret med 0 til 50 mm, bør denne Energiløsning anvendes. Arbejdet omfatter ombygning af kvist med etablering af tæt dampspærre og isolering af tag, flunker og brystning samt korrekt ventilation af kvisten og velfungerende tagdækning og inddækninger.

En kvist kan afhængigt af tilstand enten energirenoveres eller udskiftes med en ny - evt. som en præfabrikeret kvist med vindue, tilpasset bygningen.

Se i øvrigt disse Energiløsninger for store bygninger: Efterisolering af skråvæg - udefra og Efterisolering af skunk.

Anbefaling til samlet isoleringstykkelse

Minimum i alt:

- 75 mm isolering (flunker og flade tage)
- 150 mm for øvrige kvisttage og brystninger/skunk

Isoleringstykkelsen bør vælges svarende til det niveau, der er rentabelt afvejet i forhold til de konstruktive muligheder, pladsforhold og bygningens arkitektur.

Energibesparelse

| Eksisterende isoleringstykkelse Flunker, kvisttag, brystning/skunk | Ny samlet isoleringstykkelse* | | | |
|---|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | 75 mm U = 0,44 W/m ² K | 100 mm U = 0,35 W/m ² K | 150 mm U = 0,26 W/m ² K | 200 mm U = 0,21 W/m ² K |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | | | |
| 0 mm | 98 | 107 | 115 | 120 |
| 25 mm | 36 | 45 | 54 | 59 |
| 50 mm | 12 | 21 | 30 | 35 |
| 75 mm | | | 17 | 22 |

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på højst 37-38 mW/m K. For isolering med lavere lambda-værdier kan tykkelsen reduceres. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K. Se Videncentrets isoleringstabel: www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambda-v-r-di-til-isoleringstykkelse.pdf

Tykkelsen kan korrigeres med isoleringsmateriale med en bedre lambda-værdi - dvs. lavere end 37-38 mW/m K.

Fordele

- Mindre varmetab gennem kvisten
- Varmere kvist og bedre indeklime
- Forbedring af fugtforhold i kvisten og nedsat risiko for skimmel og svamp
- Øget ejendomsværdi
- De energirenoverede eller udskiftede kviste kan forbedre bygningens fremtræden, hvis de etableres med omtanke

Indeklima

Når en kvist efterisoleres, bliver den varmere på inder-siden, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres. Samtidig undgås træk i form af kuldenedfald fra de kolde overflader.

*) Målet med energiløsningen er, at konstruktionen som minimum skal opfylde det niveau, der er rentabelt jf. Bygningsreglementet. Dette krav må for nogle bygninger fraviges på grund af pladsforhold, konstruktive forhold eller hensyn til arkitektur.

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|--|---|------------------------|
| Forudsætninger | <p>I en boligblok efterisoleres 12 kviste. Renoveringen af kvistene omfatter 12 m² flunker, 12 m² kvisttag og 24 m² tilhørende brystning og skunk. Flunkerne isoleres med 75 mm, mens taget isoleres med 150 mm isolering.</p> <p>Skunken isoleres i forbindelse med tagrenoveringen med 200 mm (samt helt tæt dampspærre, undertag og ventilation).</p> <p>Flunker og tag bygges om med helt tæt dampspærre og ventilationsspalter.</p> <p>Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh</p> | |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² flunke | | 98 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² kvisttag | | 115 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² skunk | | 120 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse i kWh | $12 \times 98 \text{ kWh/m}^2 + 12 \times 115 \text{ kWh/m}^2 + 24 \times 120 \text{ kWh/m}^2 =$ | 5.436 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1 i kr. | $0,50 \text{ kr./kWh} \times 5.436 \text{ kWh} =$ | 2.718 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse i kg | $0,072 \text{ kg/kWh} \times 5.436 \text{ kWh} =$ | 391 kg/0,4 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Kvisttage isoleres udvendigt eller i konstruktionen, hvis det er muligt. Vinduers brystninger/miniskunke isoleres i konstruktionen, evt. i forbindelse med isolering af tagets skunke eller isolering af skråvæggen udefra. Flunkerne isoleres på en af tre måder: enten udvendigt, udvendigt kombineret med indvendigt, eller de ombygges som led i renoveringen af kvisten.

Kvistenes dampspærre, isolering og undertag skal så vidt muligt bygges ubrudt sammen med tagfladers dampspærre, isolering og undertag.

Effektiv ventilation af flunker og kvisttag etableres for kvisten alene - eller i sammenhæng med en effektiv ventilation af hovedtaget, hvis dette er muligt.

Beklædninger, inddækninger og dele af hovedtagets belægning fjernes.

Kun hvis den eksisterende dampspærre i nyere kviste er korrekt udført og helt tæt, og isoleringen er i god stand, kan disse dele evt. beholdes. I det følgende er det antaget, at dette ikke er tilfældet.

Træværk udbedres, og kvistene ombygges. Afhængigt af den valgte løsning kan det være nødvendigt at fjerne flunkerne og bygge nye op. Kvisttaget må så også bygges om, så det dækker de nye flunker. Der etableres om nødvendigt en ny indvendig beklædning, en helt tæt dampspærre, trækonstruktion med isolering, fast diffusionsåbent undertag, ventileret luftspalte og tagbelægning (fx underlag, skillelag og zink) samt inddækninger, herunder skotrende og siderender.

Afhængigt af pladsforholdene kan en del af isoleringen af flunker og loft udføres indvendigt.

Udførelse (fortsat)

Fugtforhold og ventilation ved efterisolering af kviste

Kvisten er en udsat bygningsdel: Der kan ventileres fugt ind i konstruktionen fra de opvarmede rum gennem utætheder, eller fugt kan diffundere gennem pudsede vægge og materialer uden effektiv dampspærre. Yderligere kan tilføres fugt fra slagregn og fygesne og fra kondens på undersiden af kvisttag og flunker. Der skal derfor udvises stor omhyggelighed, ikke mindst ved renovering af kviste i baderum.

En fugtteknisk velfungerende kvist opbygges i princippet som hovedtaget og forudsætter en tæt dampspærre på isoleringens varme side samt god ventilation af flunker og kvisttag via ventilationsspalter og ventilerede hulrum.

Af pladsmæssige grunde vælges ofte en løsning med diffusionsåbent undertag: Der skal være mindst 20 mm ventileret spalte i flunken mellem beklædningen og en diffusionsåben plade (=undertag). I kvisttaget skal der være mindst 50 mm ventileret hulrum over det diffusionsåbne undertag, som ventileres gennem en spalte på mindst 25 mm. For kviste med en tagflade, som er mindre end 2 meter lang, kan hulrumshøjden reduceres til 25 mm, hvis isoleringen fastholdes af en diffusionsåben plade. Hvor pladsforholdene tillader det, kan der etableres et ventileret undertag. (Se Energiløsningen for store bygninger om Efterisolering af skråvæg).

Mini-skunken/vinduesbrystningen forsynes med dampspærre, isolering, undertag og ventilation, svarende til varm eller kold skunk (se Energiløsningen for store bygninger om Efterisolering af skunk).

For heltagskviste med hældning er det i nogle tilfælde muligt at isolere kvistloftet indefra - fra hanebåndsloftet (se Energiløsningen for store bygninger om Efterisolering af loft).

Vinduerne i kvistene bør renoveres eller udskiftes i forbindelse med renoveringen af kvistene.

Vinduer i ældre bygninger er ofte udført med tømmerkarm, der indgår i kvistens konstruktion, og hvor der er fræset en fals til vinduets rammer. Nye vinduer kan indbygges i den eksisterende tømmerkarm. Den ny vindueskarm kan delvist indfræses i det eksisterende træværk, så de nye vinduer får samme dimensioner som i den øvrige bygning.

Ved zinkbeklædning

Valg af underlagsmateriale for zinkbeklædningen har betydning for de fugttekniske forhold og for risikoen for kondenskorrosion af zinken. Som underlag for en zinkbeklædning anvendes egnede brædder eller krydsfinér, men ikke trykimprægneret træ eller tagpap. Bag zinkunderlaget etableres ventilationsspalte og undertag.

Afhængigt af underlaget indskydes et skillelag mellem underlaget og zinken. Skillelaget muliggør bevægelser imellem undertag og zink ved de store temperaturforskelle, der uundgåeligt vil komme især på kvisttagfladen. Zinkfabrikantens anvisninger følges, så der sikres en holdbar beklædning, der fungerer som effektiv regnskærm.

Skotrender og siderender skal have underlag af enten rupløjede brædder eller krydsfinér beklædt med tagpap og skillelag. Zinken anbefales udlagt med 200 mm overlæg, da der må forventes kapillarvirkning i samlingerne. Vand fra skotrender skal føres ud på tagdækningen - ikke ind på undertaget.

Det anbefales, at zinkarbejde og inddækningsarbejde udføres af erfarne tag- og facademontører.

Præfabrikerede kviste

Som alternativ til renoveringen kan kvistene udskiftes til nye præfabrikerede kviste med tilhørende inddækninger. Producenter af kviste har et omfattende fleksibelt produktprogram, der gør det muligt at få leveret velisolerede kviste, der er tilpasset bygningen.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--------------------------------|---|----------------|----------------|
| Mulighed for samlet tagløsning | Er en løsning for kvistene valgt ud fra en helhedsbetragtning for hele taget? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Alternative kvistudformninger | Er de tekniske løsninger afvejet i forhold til kvistenes udseende og bygningens fremtræden? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Eventuelle fugtskader | Er kvistene tørre og uden råd, skimmel svamp eller insektangreb ? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |

1. Valg af samlet løsning

Overvej de samlede muligheder ud fra Energiløsninger- ne: Efterisolering af kviste, Efterisolering af skråvæg - udefra, Efterisolering af skunk og Efterisolering af loft samt ud fra vinduernes og kvistenes tilstand og konstruktion, herunder tagdækning, ventilation og undertag samt isolering og dampspærre.

For vinduerne og kvistene bør en løsning med mindst mulig vedligeholdelse og lang levetid foretrækkes. Der skal tages stilling til, om kvistene skal ombygges på stedet eller udskiftes med præfabrikerede kviste.

2. Kvistens isolering og opbygning

Isoleringstykkelsen og den konstruktive løsning bør vælges, så de energirenoverede kviste bedst muligt opfylder BR kravet og samtidig harmonerer med bygningen. Er der muligheder for at hindre tykke tunge kviste ved at profilere flunker ved front, eller for aftrapning af isoleringstykkelsen mod fronten? Er der mulighed for at kombinere indvendig og udvendig isolering af flunker, lofter og brystninger? Kan der anvendes tyndere isolering med lavere lambdaværdi? Pladsbehov for ventilationsspalter skal indregnes i vurderingen.

Det bemærkes, at ændrede kvistdimensioner kan nødvendiggøre følgearbejder, som fx skæring i tagflader, ændret bredde af inddækninger, ændring af skotrender mv.

3. Fugt, skimmel, råd, svamp, insektangreb

Er der synlige tegn på fugtproblemer, fx skjolder indvendigt i kvistene, nedbrudt træværk eller fugt og skimmel, når beklædninger, tage eller inddækninger fjernes? Grunden til opfugtning skal findes. Det kan fx skyldes utæt tagdækning eller inddækninger, revnede lodninger og løse inddækninger). Herefter skal konstruktionerne udbedres, og eventuel skimmelsvamp afrenses i forbindelse med renoveringen.

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i tagkonstruktionen, tilkaldes en særlig fagkyndig eller et forsikringsselskab.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en kvist-konstruktion stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $\text{Besparelse} \times \text{Levetid} / \text{Investering} > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den firlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en kvist skal U-værdi-kravet ($0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ for taget og $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ for flunke) opfyldes, uanset rentabilitet. I særlige tilfælde, hvor det ikke kan udføres arkitektonisk, byggeteknisk eller fugtteknisk forsvarligt kan kommunen give dispensation for isoleringskravene.

Yderligere information

Danske bygningsmodeller - kviste
www.danskebygningsmodeller.dk

Oversigt over byggeskik og byggeteknik
 Erhvervsstyrelsen
www.huseftersyninfo.dk

SBi-anvisninger
 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (37) 08 06 26 Zinkbeklædte kviste
www.byg-erfa.dk

Bevaring af kviste - tømrerarbejde
www.Byggefilm.dk

Efterisolering af loft, store bygninger
 Efterisolering af skunk, store bygninger
 Efterisolering af skråvæg - udefra, store bygninger
 Videncenter for Energibesparelser i Bygninger
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser
 i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
 hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



FACADE

Mange ældre etageejendomme er opført, før der fandtes et bygningsreglement og dermed også bygget uden særlige hensyn til varmetab gennem ydervægge. Det betyder, at der ofte er store besparelser at hente, hvis man efterisolere ejendommens klimaskærm - naturligvis under hensyntagen til arkitektoniske og konstruktionsmæssige forhold.

Med udvendig efterisolering og hulmursisolering er det muligt at opnå store besparelser på varmeregningen, bedre komfort for bygningens beboere samt et opdateret, tidssvarende udtryk på bygningens facade. Er der ikke hulmur eller af arkitektoniske årsager ikke mulighed for udvendig efterisolering af ydervægge, kan det være muligt at efterisolere indvendigt - men vær opmærksom på de fugttechniske udfordringer herved.

Se besparelspotentialet ved efterisolering af ydervægge og hulmur, og læs mere om, hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.



Hulmursisolering

Energiløsningen gælder for indblæsning af isoleringsmateriale i hule mure, typisk 35-41 cm mure med faste binderkolonner (kanalmure) og 30 cm hulmure med ståltrådsbindere eller faste bindere.

Hule mure kan findes i etagebyggeri opført fra omkring 1940 frem til omkring 1970. Hule mure er kanalmure i facader i øverste etage og evt. i hele gavle og 30 cm hulmure i mindre felter udfyldningsmurværk inkl. vinduesbrystninger. I slutningen af perioden blev en del hulmure opført med leca-fyld.

Murene fremstår som blank mur eller evt. som mindre pudsede felter. Udmuringsprocenten er ofte høj: Udover de faste bindere er der er fuld udmuring ved skillerum, etageadskillelser, muråbninger og bjælkeunderkanter. Efterisolering ved indblæsning er gennemført i relativt få af de bygninger, der har hule mure.

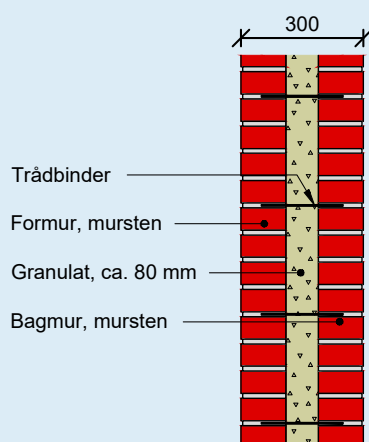
Isolering af hulmure i etagebyggeri udføres når bygningernes udseende skal fastholdes, og der ikke er alternativer til isolering af ydervæggene.

Det bemærkes, at arbejdet ikke omfatter hele ydervæggen, men udelukkende dele af murværket. Hulmursisoleringen omfatter udtagning af sten/etablering af indblæsningshuller, indblæsning af isoleringsmateriale fra lift eller stillads og retablering af murværk/fuger.

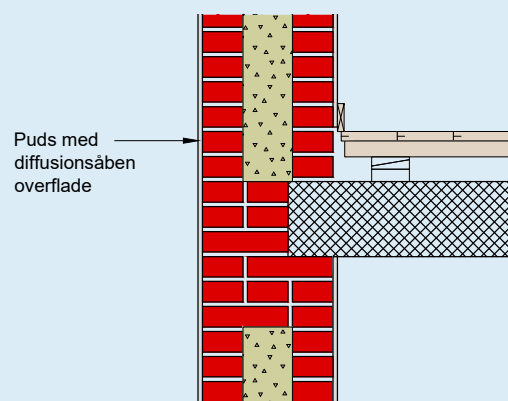
Se i øvrigt disse Energiløsninger om store bygninger: Udvendig efterisolering af massive murede vægge og Murede ydervægge - udvendig isolering afsluttet med tegl.

Anbefaling til isoleringstykkelse

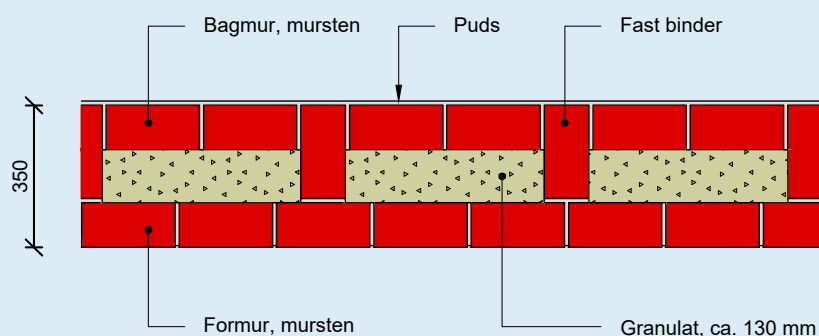
Målet med energiløsningen er, at konstruktionen som minimum skal opfylde det niveau, der er rentabelt jf. Bygningsreglementet. Hulmursisolering betragtes som rentabelt, også selvom isoleringstykkelsen på 80 til 120 mm er bestemt af størrelsen af hulrummet.



Lodret snit i 30 cm hulmur



Lodret snit i 36 cm kanalmur



Vandret snit i 36 cm kanalmur

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Varmere vægge og bedre indeklima
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi

Indeklima

Når hulmurene efterisoleres, bliver den indvendige overflade på ydervæggen varmere og risikoen for fugt og evt. skimmel mindskes. Samtidig reduceres oplevelsen af træk på grund af kolde overflader, selvom der stadig er kuldebroer i konstruktionen. Det skal dog nævnes, at overfladetemperaturen på udmurede vægdele ikke øges, og at risikoen for kondens og skimmelvækst på disse kuldebroer ikke reduceres.

Energibesparelse

| Isolering - før | Konstruktion og isolering - efter | |
|-------------------------|--|---|
| | 300 mm hulmur med trådbindere 80 mm indblæst isolering U = 0,88 W/m ² K | 350 mm kanalmur med faste bindere med 125 mm indblæst isolering U = 0,77 W/m ² K |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| Ingen | 66 | 60 |
| Expanderet ler - "leca" | 23 | 13 |

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på højst 44 mW/m K.

Eksempel på energibesparelse

| Forudsætninger | I en muret boligblok i 3 etager er gavlene udført som 35 cm kanalmur. Der indblæses mineraluldsgrenulat i kanalerne med isoleringstykkelse ca. 125 mm. Arealet er 168 m ² . Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh | |
|---|--|-----------------------|
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² | | 60 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse i kWh | 60 kWh/m ² x 168 m ² = | 10.080 kWh |
| Årlig energibesparelse i kr. | 0,50 kr./kWh x 10.080 kWh = | 5.040 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse i kg | 0,072 kg/kWh x 10.080 kWh = | 725 kg/0,7 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Arbejdet udføres udefra, fra stillads eller lift.

Inden hulmursisoleringen udføres, udbedres evt. skader og utætheder i både for- og bagmur, så risikoen for fugtoghobning reduceres: Fuger med synlige revner, huller og forvittringer repareres/udskiftes, og revner i murværket repareres. Forvitrede, frostsprængte og andre defekte mursten - i en formur, der ellers er sund - udskiftes med frostfaste sten. Revner og afskalninger i overfladebehandlinger repareres.

Hvis muren er isoleret med leca, tages sten ud i bunden af hulmuren (for kanal mure i bunden af hver

kanal), hvorpå leca og mørtelrester mv. fjernes, og bunden suges efter for at få det sidste med.

Stenene mures på plads, og fuger fyldes helt og tilpasses det resterende murværk: samme type fuger og farve.

Derpå udføres indblæsningen af et autoriseret firma tilknyttet en garantiordning.

Indblæsningshuller blændes, så de er usynlige.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|----------------------------|--|----------------|----------------|
| Valg af løsning | Er alternative løsninger overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Arealer, der kan indblæses | Er der sikkerhed for, hvor der er hulmur? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Konstruktionstyper | Er det undersøgt, om hulmuren er lige til at isolere? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Murværkets tilstand | Er det undersøgt, om murværket er egnet til indblæsning? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |

1. Valg af løsning

Overvej de samlede muligheder sammenholdt med Energiløsningerne: Udvendig efterisolering af massive murede vægge og Murede ydervægge - udvendig isolering afsluttet med tegl. Overvej også mulighederne ud fra ydervæggens konstruktion og tilstand og omfanget af hule mure.

2. Omfanget af hule mure

Et godt overblik kan sikres med termograferinger ude fra, der tydeligt vil vise hule mure, kanal mure og kuldebroyer samt størrelsen på de felter i gavle og facader, der kan hulmursisoleres. Der kan være forskel fra bygning til bygning i en etagebebyggelse, selvom bygningerne ser ens ud.

3. Undersøg hulrummet

Tag sten ud, og undersøg typiske hulrum. Eller bor hul i fuger og brug et endoskop: Er hulrummet allerede isoleret med leca eller lignende? Er der mørtel og stenrester i bunden af hver kanal/murfelt? Hvordan er tilstanden af

evt. trådbindere? Hvis de er tærede, tilkaldes en specialist. Om nødvendigt kan nye murbindere eftermonteres ude fra gennem fuger.

Er der åbninger i hulmuren ved muraftslutning ved tag, fx øverst i gavle? I så fald lukkes kanalerne med et skifte, så isoleringsmaterialet ikke trænger ud gennem åbninger.

4. Undersøg murværket.

Både formur og bagmur gennemgås for at afklare, om murværket er egnet til indblæsning. Ydervæggen kontrolleres for revner og løs puds på indersiden og for ødelagte fuger og frostskaeder på sten og fuger på ydersiden.

Bagmuren skal være lufttæt, hvis konstruktionen skal fungere fugtmæssigt korrekt.

Hulmursisolering af murværk med ikke-frostfaste og/eller diffusionstætte facadesten eller overfladebehandlinger kan medføre afskalninger og revner i mursten,

puds og maling. Den større temperaturforskel mellem isolerede og uisolerede vægdele øger tendensen til misfarvninger på kuldebroer og i værste fald risikoen for skimmelvækst.

Hvis der er fugt og frostskafer på murværk og fuger, vil hulmursisolering typisk accelerere nedbrydningen.

Især for pudsede og malede flader på formuren er det vigtigt, at overfladebehandlingen er helt diffusionsåben, og at bagmuren er helt tæt: Hulmursisoleringen gør den udvendige puds koldere, så den kan skades af fugt eller i værste fald løsnes af iskrystaller i frostvejr.

Hvis der er indtrængende slagregn, der opfugter konstruktionen, bør en specialist tilkaldes.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved hulmursisolering af en tom hulmur stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

I konstruktioner med hulrum med plads til isolering, som f.eks. en tom hulmur, vil det normalt være rentabelt af efterisolere hulrummet. Det vil normalt ikke være rentabelt at efterisolere mere end den tomme hulmur. Det skal derfor ikke dokumenteres, om det ikke er rentabelt at efterisolere op til U-værdi-kravet på maksimalt 0,18 W/m²K ved påføring og yderligere efterisolering af konstruktionen.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
 221, Efterisolering af etageboliger
 224: Fugt i bygninger
 Notat: Hulmursisolering - historie og lovkrav
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
 (21) 11 12 27 Efterisolering af hulmur -
 forundersøgelse og forudsætninger
www.byg-erfa.dk

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Se filmen: Hulmursisolering
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser
 i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
 hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udvendig efterisolering af letbetonvægge

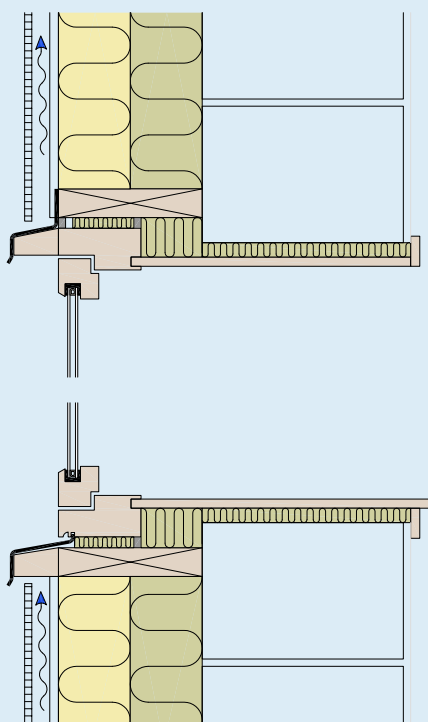
I halvtredserne, tresserne og halvfjerdsere blev en del mindre etageejendomme opført med massive ydervægge af letbeton.

Da bygningerne blev opført, stillede bygningsreglementet ikke særligt høje krav til varmeisolering. Etageejendommene har derfor et stort varmetab ud gennem ydervæggene. Der kom en stramning af Bygningsreglementet i 1979, der gjorde, at massive letbetonvægge ikke længere var en mulighed som ydervæg. Disse ejendomme anbefales en udvendig efterisolering under hensyntagen til arkitektoniske og konstruktive forhold.

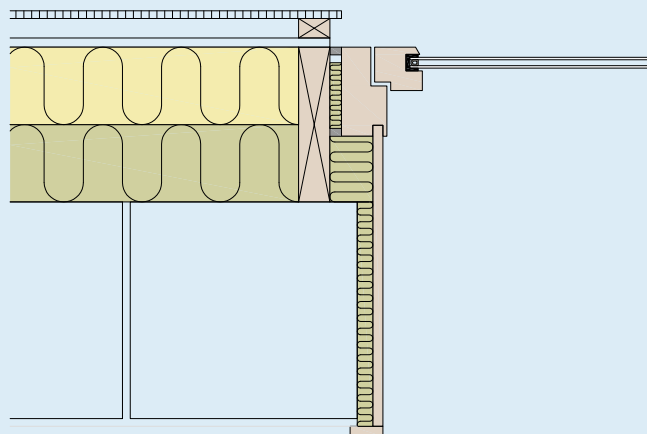
Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering forøger etageejendommens værdi
- Udvendig efterisolering skjuler og beskytter eventuelle skader på facaden
- Udvendig efterisolering giver mulighed for at ændre facadens udtryk

Over- og underfals efterisoleret med facadebeklædning ophængt i skelet



Sidefals efterisoleret med facadebeklædning ophængt i skelet



Energibesparelse

| Eksisterende forhold (letbeton) | Ny udvendig isoleringstykkelse | |
|---|--|------------------------------|
| | 200 mm isolering U = 0,17 | 300 mm isolering U = 0,11 |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 200 mm letbeton letbeton (porebeton/letklinkerbeton) | 99 | 106 |
| 240 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton) | 83 | 88 |
| 300 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton) | 66 | 71 |
| 350 mm letbeton (porebeton/letklinkerbeton) | 53 | 58 |

Eksempel på energibesparelse

| | |
|---|--|
| Forudsætninger | <p>En fritliggende etageejendom med massive ydervægge af letbeton får efterisoleret facader og gavle udvendigt.</p> <p>Arealet af facader og gavle er 500 m². Letbetonblokkene er 240 mm tykke.</p> <p>Ydervægge efterisoleres udvendigt med 200 mm isolering, der afsluttes med pudsløsning. Soklen isoleres ikke.</p> <p>Ejendommen opvarmes med fjernvarme</p> <p>Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh</p> |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² | 83 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh fjernvarme | 83 kWh/m ² x 500 m ² = 41.500 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | 0,50 kr./kWh x 41.500 kWh = 20.750 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse kg | 0,072 kg/kWh x 41.500 kWh = 2.988 kg/3 tons |

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
Spændet viser forskellen på nye og ældre kedler.

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til etageejendommens arkitektur. Her tænkes der især på beklædningen eller pudsløsningen, der anvendes uden på isoleringsmaterialet. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen/kældervæggen bør ydervæggen have udvendigt fremspring i forhold til sokkel- eller kældervægsisolering.

Der er to muligheder for udvendig efterisolering af tunge ydervægge; enten ved påbygning af en isoleret skeletkonstruktion, der afsluttes udvendigt med facadebeklædning eller ved montering af isoleringsmateriale direkte på ydervæggen og afsluttet udvendigt med facadepuds.

Skeletkonstruktion med facadebeklædning

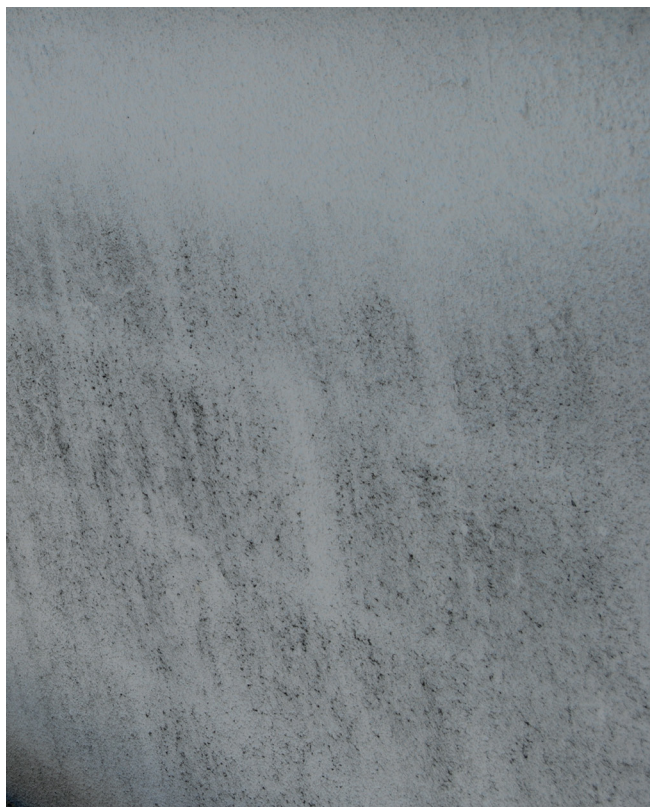
På den eksisterende ydervæg opbygges et skelet til den nye isolering med facadebeklædning. Beklædningen kan f.eks. bestå af skærmtegl, der ophænges

i et specialfremstillet stålskelet. Beklædningen kan også bestå af træ, fibercementplader eller andre materialer, der skrues fast på et skelet af slidset stål eller træ. Endelig findes der også skeletkonstruktioner fremstillet i isoleringsmateriale, så kuldebroer minimeres.

Isoleringen bør bestå af to isoleringslag med forskudte samlinger. Hvis facadebeklædningen er diffusionstæt, skal der være et ventileret hulrum mellem isoleringslaget/vindspærren og beklædningen. Er facadebeklædningen diffusionsåben, kan den opsættes direkte på isoleringslaget.

Pudset facade

Den anden mulighed er at anvende et efterisoleringssystem med stiv isolering fastholdt med dyvler og afsluttet med puds. Isoleringen kan i dette tilfælde godt være i et lag med omhyggeligt udførte samlinger.



Konturerne af letklinkerblokkene anes på de beskidte facader på ejendom fra 1953



Udvendig facadeisolering med puds på ydervæg af massive letklinkerblokke på ejendom fra 1953

Generelt

I begge tilfælde bør montagevejledningen fra leverandøren følges.

De indbyggede kuldebroer ved indervægge og etageadskillelser vil blive brudt ved den udvendige efterisolering.

Kuldebro ved vinduer

Den mest optimale løsning omkring vinduerne fås ved at flytte vinduerne med ud i isoleringslaget og udvide dem en smule. På den måde kan kuldebroen omkring dem helt elimineres. Det kræver en isoleringstykkelse, der er større end vinduets karmdybde. Hvis den udvendige efterisolering er opsat i en skeletkonstruktion, er der typisk et skelet omkring vinduerne, som vinduerne kan gøres fast i. Hvis det er løsningen med isolering og puds, vil vinduerne kunne gøres fast med beslag til murværket.

Hvis vinduerne er i så god stand, at de ønskes bevaret, vil det være en fordel at flytte dem med ud i isoleringslaget. Herved elimineres en kuldebro i samlingen omkring vinduet.

Ved samtidig efterisolering af sokkel opnås yderligere besparelser for reduktion af linietab i samling mellem ydervæg og sokkel. Se energiløsningen "Efterisolering af sokkel". Det samme gælder, hvis kældervæggen også isoleres udefra.



Kuldebro ved vindue er ikke brudt - ejendom fra 1953

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------------|--|----------------|----------------|
| Eksisterende ydervæg og fundament | Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Eksisterende ydervægs styrke | Kan den eksisterende ydervæg optage belastningerne fra et nyt efterisoleringssystem? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Tagudhæng | Er der plads til den nye efterisolering og beklædning indenfor tagudhænget? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Ventilation | Er der udeluftventiler? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Vinduer og døre | Er der vinduer eller døre i væggen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Tagnedløbsrør | Er der tagnedløbsrør tæt ved fundamentet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Belysning | Er der monteret udendørs belysning på ydervæggen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Eksisterende ydervæg og fundament

En rådgiver bør vurdere, om skaderne er ”kosmetiske” eller har kritisk karakter, inden efterisoleringen udføres.

2. Styrke

En rådgiver bør vurdere, om den eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage belastningen fra den nye isolering og facadebeklædning. Hvis den nye facade er tung - f.eks. består af en skalmur, skal der etableres et nyt randfundament. Der skal isoleres mellem det nye og det gamle fundament for at undgå en kuldebro.

3. Tagudhæng

Hvis tagudhængen ikke kan dække over den nye efterisoleringstykkelse inkl. facadebeklædning, kan der udføres en løsning med en reduceret isoleringstykkelse. Alternativt kan tagudhængen forøges for at sikre tilstrækkelig dækning over efterisoleringsløsningen.

4. Ventilation

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så de kan nå udvendig side af den nye beklædning. De bør være kondens- og lydisolerede.

5. Vinduer eller døre

Hvis der i ydervæggen er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt. Eksisterende vinduer og døre der bibeholdes skal integreres i den nye ydervæg med regn- og lufttæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås, hvis vinduerne/dørene kan forskydes ud i isoleringslaget, så kuldebroer mod den eksisterende mur elimineres.

6. Tagnedløbsrør og brønde

Nedløbsbrønde skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til ydervægskonstruktionen, og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

7. Udendørsbelysning

Udendørsbelysning skal demonteres og flyttes med ud på den nye facadebeklædning. Arbejdet skal udføres af en autoriseret el-installatør.

OBS

Der kan være krav til f.eks. brand og lyd, som ikke er nævnt i denne energiløsning. Det påhviler brugeren at undersøge i det konkrete tilfælde. Det samme gælder forhold vedr. facadeudtryk, afstandskrav mv.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggenes inderside og giver mindre træk.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der slet ingen isolering er i forvejen, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsleverandører.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisning 221: Efterisolering af etageboliger
 SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade
 (41) 99 12 20 Udvendig facadeisolering med puds på mineraluld

(29) 08 04 28 Revner i bygninger - udbedring i beton og murværk

(29) 07 12 28 Revner i bygninger - eksempler, årsag og risiko

(31) 12 07 19 Sålbenke i murværk

www.byg-erfa.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger.

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Udvendig efterisolering af massive murede vægge

Mange ældre etageejendomme er opført med massive ydervægge med ringe varmeisolering. Fra ca. 1850 og frem til 1920'erne er de fleste ejendomme opført med ydervægge i massivt murværk af mursten. Murværket er tykkest nederst i bygningen, og vægtykkelsen aftrappes så gradvist højere oppe i bygningen. Tyndest er murværket i ikke-bærende brystninger under vinduer og i blændinger i gavlene samt ud for etagedækkene, hvor etagedækkets bjælkeender hviler af på murværket.

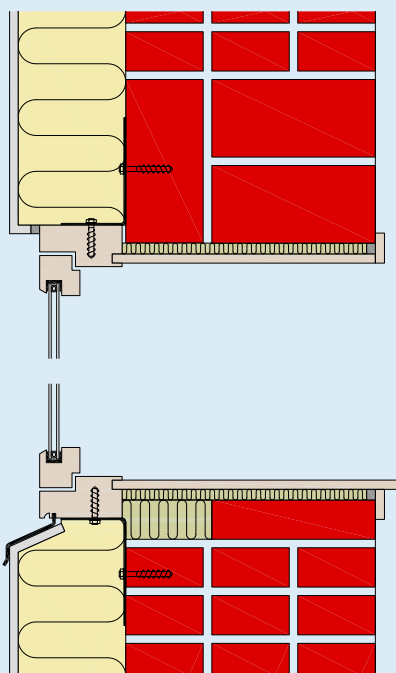
Tilsvarende kan gøre sig gældende for etageejendomme fra ca. 1930 og frem til 1970'erne. I de øverste 1-2 etager kan murværket være udført med hulrum og faste bindere. Fra 1961 blev det muligt at anvende trådbindere i de hule mure.

De fleste af bygningerne er opført på et tidspunkt, hvor der ikke var et bygningsreglement, der stillede krav til varmeisolering, og de har et stort varmetab ud gennem ydervæggene. Disse ejendomme anbefales en udvendig efterisolering under hensyntagen til arkitektoniske og konstruktive forhold.

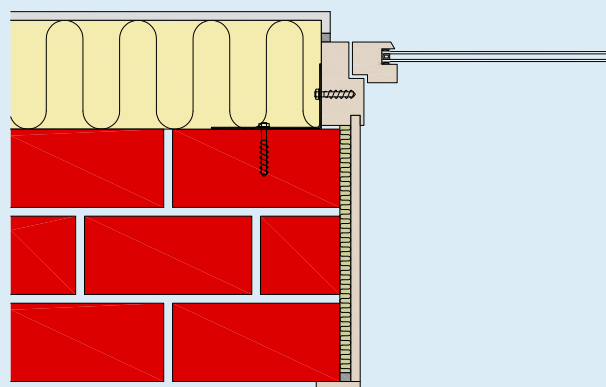
Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering forøger etageejendommens værdi
- Udvendig efterisolering skjuler og beskytter eventuelle skader på facaden
- Udvendig efterisolering giver mulighed for at ændre facadens udtryk

Over- og underfals efterisoleret med pudset facade



Sidefals efterisoleret med pudset facade



Energibesparelse

| Eksisterende forhold (mursten) | Ny udvendig isoleringstykkelser | |
|--|--|--|
| | 200 mm isolering (ved kl. 37 mW/mK) | 225 mm isolering (ved kl. 37 mW/mK) |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 710 mm mursten (3 sten væg) | 76 | 80 |
| 590 mm mursten (2½ sten væg) | 88 | 92 |
| 470 mm mursten (2 sten væg) | 100 | 104 |
| 350 mm mursten (1½ sten væg) | 112 | 116 |
| 230 mm mursten (1 sten væg) | 124 | 128 |
| 110 mm mursten (½ sten væg) | 136 | 140 |
| Kanalmurer med faste bindere: Formur af mursten Hulmur med ca. 130 mm isolering Bagmur af mursten | 20 | 23 |

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|--|---|
| Forudsætninger | <p>En fritliggende etageejendom med massive ydervægge af mursten får efterisoleret facader og gavle udvendigt. Arealet af facader og gavle er 500 m², når vinduer og yderdøre er fratrukket.</p> <p>Facaden består af en 2½ stens mur på alle etager, dog er brystningspartier under vinduer og ikke-bærende udfyldninger i gavlene 1½ stens mur.</p> <p>Ydervægge efterisoleres udvendigt med 200 mm isolering, der afsluttes med pudsløsning. Soklen isoleres ikke.</p> <p>Fordeling af vægtykkelser er flg.: 300 m² med 2½ stens mur og 200 m² med 1½ stens mur.</p> <p>Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh</p> | |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m² | 2½ stens mur: 1½ stens mur: | 88 kWh/m ² 112 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh fjernvarme | 2½ stens mur: 1½ stens mur: I alt | 88 kWh/m ² x 300 m ² = 112 kWh/m ² x 200 m ² = 48.800 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | 0,50 kr./kWh x 48.800 kWh = 24.400 kr. | |
| Årlig CO₂-besparelse kg | 0,086 kg/kWh x 48.800 kWh = 3.514 kg/3,5 tons | |

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
Spændet viser forskellen på nye og ældre kedler.

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til etageejendommens arkitektur. Her tænkes der især på beklædningen eller pudsløsningen, der anvendes uden på isoleringsmaterialet. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen/kældervæggen bør ydervæggen have udvendigt fremspring i forhold til sokkel- eller kældervægsisolering.

Der er to muligheder for udvendig efterisolering af tunge ydervægge; enten ved påbygning af en isoleret skeletkonstruktion, der afsluttes udvendigt med facadebeklædning eller ved montering af isoleringsmateriale direkte på ydervæggen og afsluttet udvendigt med facadepuds.

Skeletkonstruktion med facadebeklædning

På den eksisterende ydervæg opbygges et skelet til den nye isolering og ny facadebeklædning. Der isoleres i skelettet således, at isoleringen sidder stramt. På ydersiden af isoleringen monteres vindspærre.

Beklædningen kan f.eks. bestå af skærmtegl, der ophænges i et specialfremstillet stålskelet. Beklædningen kan også bestå af træ, fibercementplader eller andre materialer, der skrues fast på et skelet af slidset stål eller træ. Endelig findes der også skeletkonstruktioner fremstillet i isoleringsmateriale, så kuldebroer minimeres.

Isoleringen bør bestå af mindst to isoleringslag med forskudte samlinger. Hvis facadebeklædningen er diffusionstæt, skal der være et ventileret hulrum mellem isoleringslaget/vindspærren og beklædningen. Er facadebeklædningen diffusionsåben, kan den opsættes direkte på isoleringslaget.

Pudset facade

Den anden mulighed er at anvende et efterisoleringssystem med stiv isolering fastholdt med dybler og afsluttet med puds. Isoleringen kan i dette tilfælde godt være i et lag med omhyggeligt udførte samlinger.



Udvendig facadeisolering med puds på ydervæg med både massive og hulmursisolerede vægge på ejendom fra 1970-71

Generelt

I begge tilfælde bør montagevejledningen fra leverandøren følges.

De indbyggede kuldebroer ved faste bindere, inder-vægge og etageadskillelsers elementsamlinger vil blive brudt ved den udvendige efterisolering.

Kuldebroer ved vinduer

Den mest optimale løsning omkring vinduerne fås ved at flytte vinduerne med ud i isoleringslaget og udvide dem en smule. På den måde kan kuldebroen omkring dem helt elimineres. Det kræver en isoleringstykkelse, der er større end vinduets karmdybde. Hvis den udvendige efterisolering er opsat i en skeletkonstruktion, er der typisk et skelet omkring vinduerne, som vinduerne kan gøres fast i. Hvis det er løsningen med isolering og puds, vil vinduerne kunne gøres fast med beslag til murværket.

Hvis vinduerne er i så god stand, at de ønskes bevaret, vil det være en fordel at flytte dem med ud i isoleringslaget. Herved elimineres en kuldebro i samlingen omkring vinduet.

Ved samtidig efterisolering af sokkel opnås yderligere besparelser for reduktion af linietab i samling mellem ydervæg og sokkel. Se energiløsningen ”Efterisolering af sokkel”. Det samme gælder hvis kældervæggen også isoleres udefra.



Nyt vindue på nordfacaden af ejendom fra 1970-71

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------------|--|----------------|----------------|
| Eksisterende ydervæg og fundament | Er der nyere sætningsskader eller revnedannelser? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Eksisterende ydervægs styrke | Kan den eksisterende ydervæg optage belastningerne fra et nyt efterisoleringssystem? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Tagudhæng | Er der plads til den nye efterisolering og beklædning indenfor tagudhænget? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Ventilation | Er der udeluftventiler? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Vinduer og døre | Er der vinduer eller døre i væggen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Tagnedløbsrør | Er der tagnedløbsrør tæt ved fundamentet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Belysning | Er der monteret udendørs belysning på ydervæggen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Eksisterende ydervæg og fundament

En rådgiver bør vurdere, om skaderne er ”kosmetiske” eller har kritisk karakter, inden efterisoleringen udføres.

2. Styrke

En rådgiver bør vurdere, om den eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage belastningen fra den nye isolering og facadebeklædning. Hvis den nye facade er tung - f.eks. består af en skalmur, skal der etableres et nyt randfundament. Der skal isoleres mellem det nye og det gamle fundament for at undgå en kuldebro.

3. Tagudhæng

Hvis tagudhængen ikke kan dække over den nye efterisoleringstykkelse inkl. facadebeklædning, kan der udføres en løsning med en reduceret isoleringstykkelse. Alternativt kan tagudhængen forøges for at sikre tilstrækkelig dækning over efterisoleringsløsningen.

4. Ventilation

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så de kan nå udvendig side af den nye beklædning. De bør være kondens- og lydisolerede.

5. Vinduer eller døre

Hvis der i ydervæggen er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt. Eksisterende vinduer og døre der bibeholdes skal integreres i den nye ydervæg med regn- og lufttæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås, hvis vinduerne/dørene kan forskydes ud i isoleringslaget, så kuldebroer mod den eksisterende mur elimineres.

6. Tagnedløbsrør og brønde

Nedløbsbrønde skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til ydervægskonstruktionen, og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

7. Udendørsbelysning

Udendørsbelysning skal demonteres og flyttes med ud på den nye facadebeklædning. Arbejdet skal udføres af en autoriseret el-installatør.

OBS

Der kan være krav til f.eks. brand og lyd, som ikke er nævnt i denne energiløsning. Det påhviler brugeren at undersøge i det konkrete tilfælde. Det samme gælder forhold vedr. facadeudtryk, afstandskrav mv.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggenes inderside og giver mindre træk.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes og der i forvejen ligger mindre end 25 mm isolering, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsleverandører.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisning 221: Efterisolering af etageboliger
 SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger
www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade
 (41) 99 12 20 Udvendig facadeisolering med puds på mineraluld

(29) 08 04 28 Revner i bygninger - udbedring i beton og murværk

(29) 07 12 28 Revner i bygninger - eksempler, årsag og risiko

(31) 12 07 19 Sålbenke i murværk

www.byg-erfa.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Murede ydervægge

- udvendig efterisolering afsluttet med formur

Energiløsningen gælder for udvendig isolering af massive murede ydervægge, kanalmure, hule mure og udfyldningsmurværk i etageejendomme.

Størstedelen af etageejendommene opført i perioden 1850 til 1970 er muret byggeri, der fremstår med blank mur. Bygningerne repræsenterer en vigtig del af den danske kulturarv. Derfor er efterisoleringsløsninger, der ikke ændrer en muret bygnings fremtræden og arkitektoniske værdi væsentligt, en vigtig del af indsatsen både i bevaringsværdigt og mere anonymt byggeri.

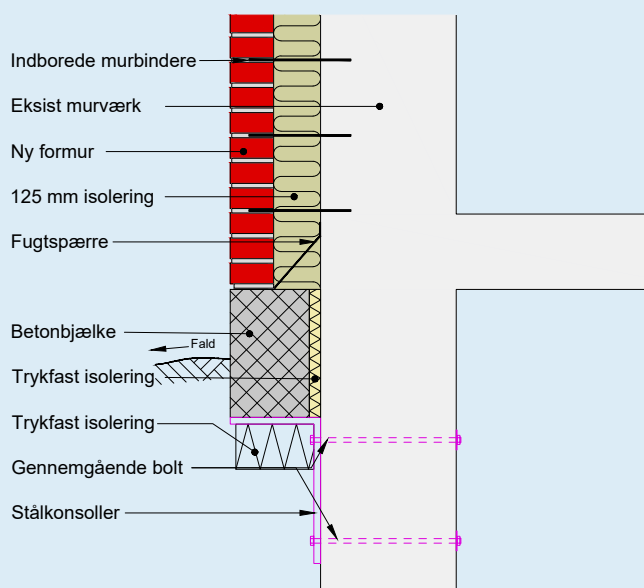
Energiløsningen er især anvendelig på bebyggelser med få facadedetaljer, typisk murede bygninger fra 1940 til 1970. Den kan anvendes på alle murede flader som alternativ til udvendig isolering med puds eller beklædning, fx på gavle i ældre karrébebyggelser.

Ydervæggene i bygningerne er opført uden egentlig varmeisolering og varmetabet er stort selvom murtykkelser, materialer og konstruktioner varierer. Udvendig efterisolering er varmeteknisk og fugtteknisk set den bedste løsning. Isoleringen afsluttes med ny formur, eller med den eksisterende formur, der nedtages og genanvendes (rykkes ud). Formuren kan evt. udføres med smallere sten. Løsningen kan tilpasses, så gavle har én isoleringstykkelse og facader en anden. Energiløsningen anvendes typisk på gavle, hvor følgearbejderne er relativt få.

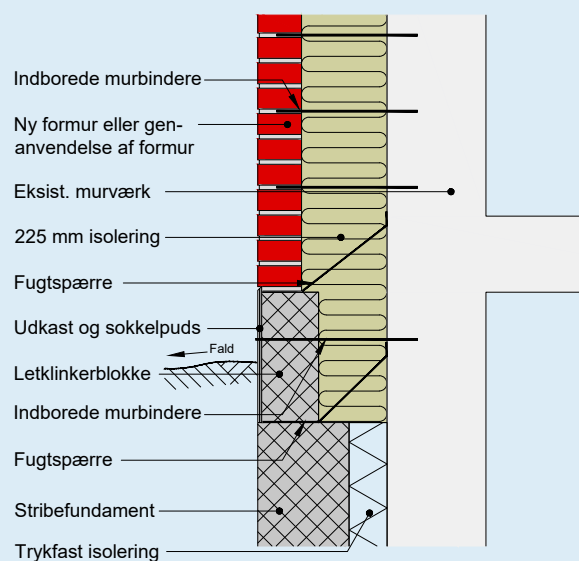
Se i øvrigt disse Energiløsninger for store bygninger: Udvendig efterisolering af massive murede vægge og Hulmursisolering.

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Varmere vægge og bedre indeklimate
- Lavere varmeregning
- Lavere CO₂ udledning
- Øget ejendomsværdi
- Ingen markant ændring af murstensfacaden
- Forbedrede fugtforhold og mindre mulighed for skimmelsvamp



Udvendig isolering med ny formur på konsol



Udvendig isolering med udflyttet formur

Indeklima

Når murene efterisoleres, bliver den indvendige overflade på ydervæggen varmere, så risikoen for kondens og deraf følgende skimmelangreb minimeres.

Samtidig undgås træk i form af kuldene-fald fra kolde ydervægge, så indeklimaet forbedres markant.

Energibesparelse

| Konstruktion før efterisolering | Isoleret ydervæg med ny formur (ny formur, genanvendt formur) | |
|---------------------------------|---|---|
| | 125 mm isolering U = 0,28 W/m ² K | 225 mm isolering U = 0,18 W/m ² K |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 24 cm mur | 163 | 173 |
| 30 cm uisolereet hul mur | 124 | 133 |
| 30 cm hul mur med leca | 83 | 92 |
| 36 cm fuld mur | 115 | 125 |
| 36 cm uisolereet kanalmur | 120 | 130 |
| 36 cm kanalmur med leca | 84 | 93 |

Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et egnet isoleringsmateriale med en lambdaværdi på højst 37 - 38 mW/m K. Der kan med fordel anvendes isolering med særlig lav lambdaværdi af hensyn til ydervæggens dimensioner. Eksempelvis svarer 125 mm isolering med lambda 31 mW/m K til 150 mm med lambda 37 mW/m K.

Ved samtidig efterisolering af sokkel og ydervæg mod opvarmet kælder opnås yderligere besparelser.

Se Videncentrets isoleringstabel:

www.byggeriogenergi.dk/media/1697/fra-lambdav-rdi-til-isoleringstykkelse.pdf



Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|--|------------------------|
| Forudsætninger | I en muret boligblok i 3 etager plus udnyttet tagetage er gavlene udført som 36 cm fuld mur. I alt er gavlene 220 m ² . Den massive mur afstives, og formuren nedtages. Fundamentet udvides med konsol og betonbjælker. Der isoleres med 225 mm isolering, ny formur med trådbindere opmures, og tagkonstruktionen tilpasses. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh | |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m ² | | 125 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse i kWh | $125 \text{ kWh/m}^2 \times 220 \text{ m}^2 =$ | 27.500 kWh |
| Årlig energibesparelse i kr. | $0,50 \text{ kr./kWh} \times 27.500 \text{ kWh} =$ | 13.750 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse i kg | $0,094 \text{ kg/kWh} \times 27.500 \text{ kWh} =$ | 2.585 kg |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,094 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,306 kg CO₂ pr. kWh

Udførelse

Udvendig isolering med ny skalmur

Eventuelle skader i eksisterende mur af betydning for fugtforhold og statik udbedres.

Nyt sribefundament støbes, eller konsolløsning med betonbjælker/teglbjælker etableres.

Isoleringen fastgøres, og den ny formur opføres på fundamentet. Trådbindere bores ind i oprindelig mur. Overgange til eksisterende murværk bør udføres med fortanding, som sikrer, at den nødvendige dilatationsfuge ikke fremstår tydeligt. Eksisterende vinduer eller nye vinduer flyttes ud i den kommende facade og fastgøres med beslag i bagmuren.

Fuger og sålbænke i den ny skalmur udføres svarende til det oprindelige murværk. Tagkonstruktionens udhæng ombygges/forlænges om nødvendigt, så den svarer til den oprindelige afslutning over ydervæggen.

Udvendig isolering med udflytning af formur

Hvis bæreevnen overfor lodret og/eller vandret last ikke er tilstrækkelig for bagmuren etableres midlertidige understøtninger, der sikrer ydervæggens bæreevne i renoveringsprocessen, eksempelvis med stålsøjler.

Formuren nedtages/hugges af. Mørtelpuder fjernes.

Mursten sendes til afrensning, så de kan genanvendes. Eventuelle skader i eksisterende bagmur af betydning for fugtforhold og statik udbedres.

Fundamentsløsning etableres med konsol og betonbjælker/teglbjælker eller sribefundament.

Isoleringen fastgøres, og den ny formur opmures.

De oprindelige mursten blandes med nye mursten, der bedst muligt svarer til de oprindelige genanvendte mursten.

Der udføres om nødvendigt EPS-søjler i murværket for at sikre den fremtidige stabilitet.

Trådbindere bores ind i bagmur.

Overgange til eksisterende murværk bør udføres med fortanding, som sikrer, at den nødvendige dilatationsfuge ikke fremstår tydeligt. Eksisterende vinduer eller nye vinduer flyttes ud i den kommende facade og fastgøres med beslag i bagmuren.

Fuger og sålbænke i den ny formur udføres svarende til det oprindelige murværk. Tagkonstruktionens udhæng ombygges/forlænges om nødvendigt, så den svarer til den oprindelige afslutning over ydervæggen.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--|--|----------------|----------------|
| Valg af løsning | Er alternative løsninger til ydervægsisoleringen overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Vurdering af udgangspunkt | Er ydervæggens konstruktioner kortlagt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Ydervæggens stabilitet | Er nødvendige tiltag til sikring af murens stabilitet fastlagt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Konstruktion og materialer | Er den eksisterende murs tilstand og fugtforholdene i den ny konstruktion overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Udseende | Er den ny formurs udseende overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Fundament | Er fundamentsløsning overvejet i sammenhæng med isoleringstykkelsen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 6 |
| Tag | Er ændringer ved tag overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 7 |
| Vinduer og altandøre | Er vinduers placering i konstruktionen overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 8 |
| Udeluftventiler, el-installationer, nedløb | Er mindre følgearbejder på facaden overvejet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 9 |

1. Valg af samlet løsning

Overvej mulighederne ud fra ydervæggens konstruktion og tilstand samt arbejdets omfang inkl. følgearbejder som ændring af fundament, ændringer ved vinduer, afslutninger ved tag, ændringer af kældernedgange mv. Se også Energiløsningerne: Udvendig efterisolering af massive murede vægge (pudsløsning) og Hulmursisolering.

2. Ydervæggens konstruktion

Et godt overblik kan sikres med termograferinger, der tydeligt vil vise fulde mure, hule mure, kanal-mure og kuldebroer. Bygningstegninger og projektmateriale er en god hjælp, men er ikke altid helt korrekte. Der kan være forskel på murværkskonstruktionerne fra bygning til bygning i en etagebebyggelse, selvom bygningerne ser ens ud.

3. Statik

Udflytning/genanvendelse af formur: En rådgiver bør vurdere, om den ombyggede eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage lodrette og vandrette belastninger, og hvordan murens stabilitet sikres. Valg af sten og mørteltyper samt tiltag til midlertidig afstivning og tiltag til sikring af murens fremtidige stabilitet, fastlægges af rådgiver.

4. Murværk

Ydervægge og fundament gennemgås for sætningskader og revner. Eventuelle skader vurderes og afhjælpning

fastlægges, så den kan indgå i det samlede arbejde.

I den færdige konstruktion skal bagmuren være lufttæt og formuren være diffusionsåben, så konstruktionen kan fungere fugtmæssigt korrekt. Da formuren i den efterisolerede konstruktion bliver relativt kold og fugtig, skal stenene være frostfaste, så frostsprængninger undgås.

Genanvendelse af formur: Inden valg af løsning afklares, om murstenene kan anvendes i den nye velisolerede konstruktion. En formur med ikke-frostfaste og/eller diffusionstætte facadesten kan medføre afskalninger og revner i mursten.

5. Formurens fremtræden

Ikke alle afhuggede sten kan genanvendes, og nye sten skal ligne de oprindelige bedst muligt. Ved opmuringen skal blandingen af nye og gamle sten ske med omtanke. Fugetype skal svare til de oprindelige. Afrensning af ikke ændret murværk kan få den efterisolerede mur og den ikke-ændrede murværk til at fremstå ens.

6. Fundament

Afhængigt af isoleringstykkelsen og dermed den nye murs samlede tykkelse kan vælges en konsolløsning med betonbjælker eller tegl bjælker eller et nyt sribefundament støbt på stedet. Hvis løsningen omfatter bedre isolering og/eller tyndere formur, så murtykkelsen kun øges med 10-20 mm, kan det eksisterende fundament anvendes.

7. Afslutning ved tag

Ændringer i murtykkelsen vil ofte kunne tilpasses eksisterende tagudhæng. For bygninger uden tagudhæng eller uden tagudhæng i gavle, må tagfladen forlænges, og tagrender og nedløbsrør over facader flyttes ud.

8. Vinduer og døre

Ved mindre ændringer af ydervæggens tykkelse bliver ændringer af murfals ved vinduer og altandøre beskudne. Ved større ændringer, fx i forbindelse med ny skalmur bør vinduer og døre flyttes til formuren med traditionel murfals og fastgøres med beslag i bagmuren, så kuldebroer undgås. Det bør i den sammenhæng overvejes om vinduerne skal udskiftes.

9. Udeluftventiler, elinstallationer mv.

Ydervægsventiler til ventilation udskiftes. Ledningsføringer, belysning, nedløbsrør mv. flyttes ud til ny formur.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $Besparelse \times Levetid / Investering > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmelsoleringsForeningens produktoversigt
www.vif-isolering.dk

SBi-anvisninger
221, Efterisolering af etageboliger
224: Fugt i bygninger
www.sbi.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade:
(21) 98 05 25: Revner i skalmure og formure fra temperatur- og fugtbevægelser
www.byg-erfa.dk

Mur- og tagdetaljer (KT93)
www.mucdesign.dk/murtag

Energiløsninger, etageejendomme:
Udvendig efterisolering af massive murede vægge
Hulmursisolering
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser
i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
hvis du har spørgsmål.
Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Udvendig efterisolering af betonsandwichelementer

Mange etageejendomme fra 1960'erne og 1970'erne er udført i betonelementer med isolering placeret som "fyldet i en sandwich" mellem to lag beton - såkaldte betonsandwichelementer. Ofte er det kun midt på elementet, at isoleringstykkelsen faktisk svarer til de U-værdikrav, der var Bygningsreglementet på daværende tidspunkt. Sandwichelementerne har derfor en række konstruktionsbestemte kuldebroer. Disse ejendomme anbefales en udvendig efterisolering - som oftest udføres i forbindelse med en facaderenovering.

Fordele

- Mindre varmetab gennem ydervæggene
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Udvendig efterisolering forøger etageejendommens værdi
- Udvendig efterisolering skjuler og beskytter eventuelle skader på betonelementerne
- Udvendig efterisolering giver mulighed for at ændre facadens udtryk

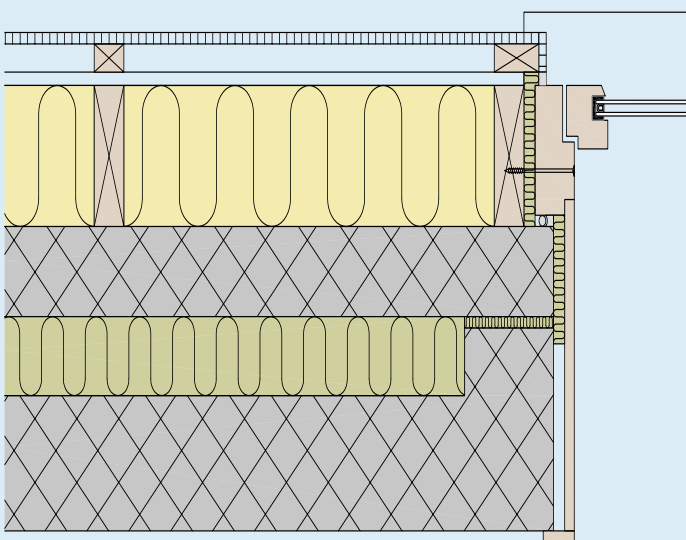
Energibesparelse

| Eksisterende isolering i betonsandwichelement | Ny udvendig isoleringsstykkelse | |
|---|--|------------------|
| | 175 mm isolering | 275 mm isolering |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | |
| 50 mm isolering | 52 | 57 |
| 70 mm isolering | 35 | 40 |
| 100 mm isolering | 23 | 27 |

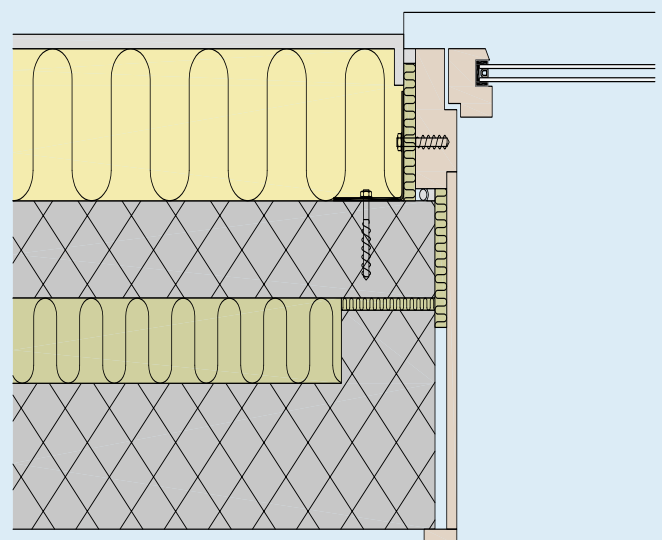
Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K. Ved andre egnede isoleringstyper med andre lambdaværdier ændres isoleringstykkelsen.

Sidefals efterisoleret med facadebeklædning ophængt i skelet



Sidefals efterisoleret med pudset facade



Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Forudsætninger | På 1.100 m ² ydervæg af opsættes 175 mm facadeisolering, som pudses. Soklen isoleres ikke. Sandwichelementet er isoleret med 50 mm isolering. Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh | |
| Årlig energibesparelse pr. m² | | 52 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh | 52 kWh/m ² x 1.100 m ² = | 57.200 kWh |
| Økonomisk besparelse år 1, kr. | 0,50 kr. / kWh x 57.200 kWh = | 28.600 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | 0,072 kg/kWh x 57.200 kWh = | 4.118 kg/4,1 tons |

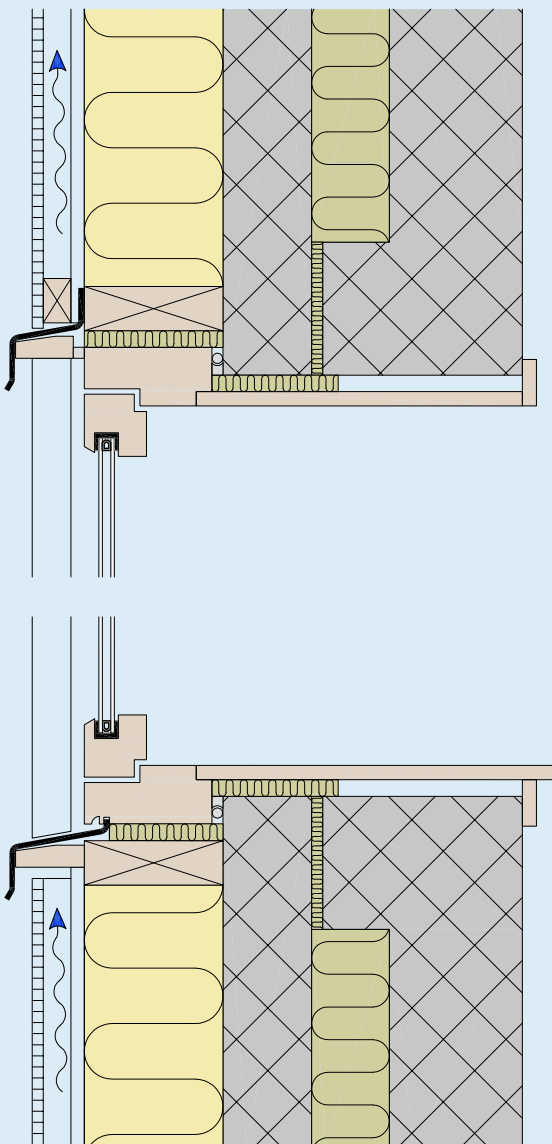
1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

Spændet viser forskellen på nye og ældre kedler

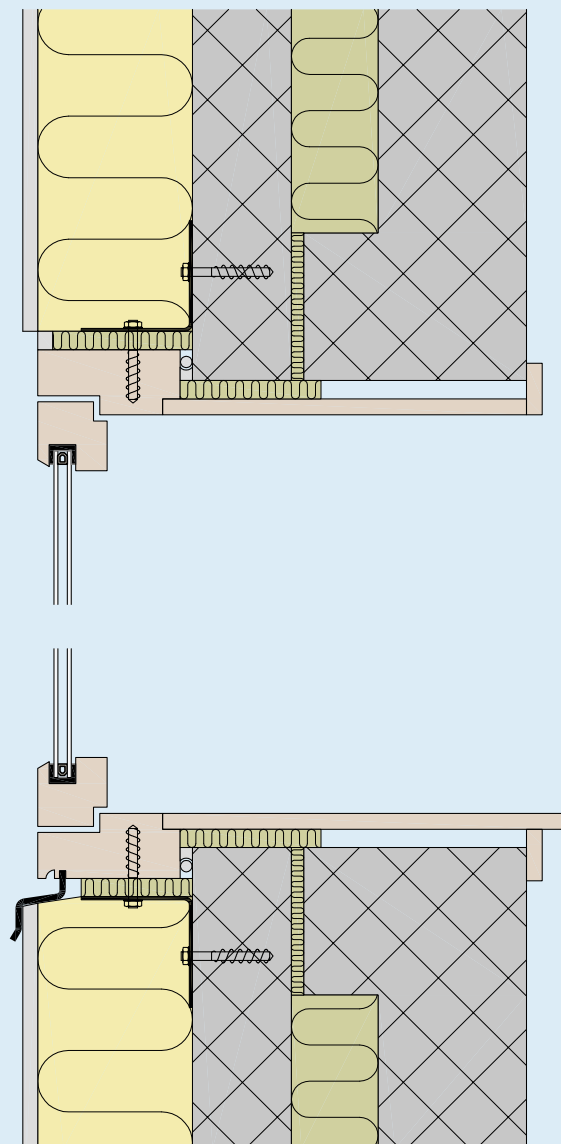
CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Over- og underfals efterisoleret med facadebeklædning ophængt i skelet



Over- og underfals efterisoleret med pudset facade



Udførelse

Efterisolering af ydervæggen bør foretages under hensyntagen til etagejendommens arkitektur. Her tænkes der især på facadebeklædningen uden på isoleringsmaterialet. Ved tagfoden må efterisoleringen ikke forhindre ventilationen af tagkonstruktionen, og ved soklen/kældervæggen bør facadebeklædningen have udvendigt fremspring i forhold til sokkel- eller kældervægsisolering.

Der er to muligheder for udvendig efterisolering af sandwichbetonelementer: Facadebeklædning ophængt i skelet eller pudset facade. I begge tilfælde bør montagevejledningen fra leverandøren følges.

Facadebeklædning ophængt i skelet

På den eksisterende ydervæg opbygges et skelet til den nye isolering med facadebeklædning. Der isoleres i skelettet således, at isoleringen sidder stramt. På ydersiden af isoleringen monteres vindspærre.

Beklædningen kan f.eks. bestå af skærmtegl, der ophænges i et specialfremstillet stålskelet. Beklædningen kan også bestå af træ, fibercementplader eller andre materialer, der ophænges i et skelet af slidset stål eller træ. Endelig findes der også skeletkonstruktioner fremstillet i isoleringsmateriale, så kuldebroer minimeres.

Isoleringen bør bestå to isoleringslag med forskudte samlinger. Hvis facadebeklædningen er diffusionstæt, skal der være et ventileret hulrum mellem isoleringslaget/vindspærren og beklædningen. Er facadebeklædningen diffusionsåben, kan den opsættes direkte på isoleringslaget.



Udvendig facadeisolering med skærmtegl/fibercementplader

Udførelse fortsat

Pudset facade

Den anden mulighed er at anvende et efterisoleringssystem med stiv isolering fastholdt med dyvler og afsluttet med puds. Isoleringen kan i dette tilfælde godt være i lag med omhyggeligt udførte samlinger.

Generelt

De indbyggede kuldebroer ved vandrette og lodrette elementsamlinger vil blive brudt ved den udvendige efterisolering.

Kuldebro ved vinduer

Den mest optimale løsning omkring vinduerne fås ved at flytte vinduerne med ud og udvide dem en smule. På den måde kan kuldebroen omkring dem helt elimineres.

Det kræver en isoleringstykkelse, der er større end vinduets karmdybde. Hvis den udvendige efterisolering er opsat i en skeletkonstruktion, er der typisk et skelet omkring vinduerne, som vinduerne kan gøres fast i. Hvis det er løsningen med isolering og puds, vil vinduerne kunne gøres fast med beslag til betonsandwichelementerne.

Hvis vinduerne er i så god stand, at de ønskes bevaret, vil det være en fordel at flytte dem med ud i isoleringslaget. Herved elimineres en kuldebro i samlingen omkring vinduet.



Udvendig facadeisolering med puds

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------------|--|----------------|----------------|
| Eksisterende ydervæg og fundament | Er der nyere sætningskader eller revnedannelser? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 1 |
| Eksisterende ydervægs styrke | Kan den eksisterende ydervæg optage belastningerne fra et nyt efterisoleringssystem? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 2 |
| Tagudhæng | Er der plads til den nye efterisolering og beklædning indenfor tagudhænget? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Ventilation | Er der udeluftventiler? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 4 |
| Vinduer og døre | Er der vinduer eller døre i væggen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 5 |
| Tagnedløbsrør | Er der tagnedløbsrør tæt ved fundamentet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Belysning | Er der monteret udendørs belysning på ydervæggen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Eksisterende ydervæg og fundament

En rådgiver bør vurdere, om skaderne er "kosmetiske" eller har kritisk karakter, inden efterisoleringen udføres.

2. Styrke

En rådgiver bør vurdere, om den eksisterende ydervægskonstruktion har styrke nok til at optage belastningen fra den nye isolering og facadebeklædning. Hvis den nye facade er tung - f.eks. består af en skalmur, skal der etableres et nyt randfundament. Det nye fundament bør ikke være i forbindelse med det eksisterende fundament, dvs. der skal isolering imellem.

3. Tagudhæng

Hvis tagudhænget ikke kan dække over den nye efterisoleringstykkelse inkl. facadebeklædning, kan der udføres en løsning med en reduceret isoleringstykkelse.

4. Ventilation

Udeluftventiler i ydervæggen udskiftes til en længere udgave, så de kan nå den udvendig side af den nye beklædning. De bør være kondens- og lydisolerede.

5. Vinduer eller døre

Hvis der i ydervæggen er udtjente vinduer eller døre, bør disse udskiftes samtidigt. Eksisterende vinduer og døre, der bibeholdes, skal integreres i den nye ydervæg med regn- og lufttæt samling mellem karm og vindueshul. Det bedste resultat opnås, såfremt vinduerne/dørene kan forskydes ud i isoleringslaget.

6. Tagnedløbsrør og brønde

Nedløbsbrøndene skal flyttes ud til en passende afstand og placering i forhold til ydervægskonstruktionen, og nedløbsrør skal ligeledes tilpasses den nye konstruktion.

7. Udendørsbelysning

Udendørsbelysning skal demonteres og flyttes med ud på den nye facadebeklædning. Arbejder skal udføres af en autoriseret elektriker.

OBS

Der kan være krav til f.eks. brand og lyd, som ikke er nævnt i denne energiløsning. Det påhviler brugeren at undersøge dette i det konkrete tilfælde.

Indeklima

Når ydervæggen isoleres, bliver dens indvendige overflade varmere, hvilket nedsætter risikoen for kondens på væggen inderside og giver mindre træk.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en tung ydervæg stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For en typisk tung ydervægskonstruktion vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelse af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt 0,18 W/m²K. Dette svarer fx til ca. 200 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

Hvis efterisolering til 200 mm af byggetekniske årsager ikke er rentabel kan der være en efterisoleringsløsning til et lavere niveau, som er rentabelt. Bygningsreglementet stiller så krav om, at det i stedet er dette arbejde, der skal udføres.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om, at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis *Besparelse x Levetid / Investering* > 1,33. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

SBi-anvisning 221: Efterisolering af etageboliger

SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade

(41) 99 12 20 Udvendig facadeisolering med puds på mineraluld

(29) 08 04 28 Revner i bygninger - udbedring i beton og murværk

(29) 07 12 28 Revner i bygninger - eksempler, årsag og risiko

(31) 12 07 19 Sålbenke i murværk

www.byg-erfa.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



ETAGE- ADSKILLELSER

Efterisolering af etageadskillelserne i ældre etageejendomme udføres typisk ved indblæsning af isolering i hulrummet i etageadskillelsen.

Se besparelspotentialet ved efterisolering af hulrum i etageadskillelser, og læs mere om, hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.

Efterisolering af hulrum i etageadskillelser

For etageejendomme opført i perioden ca. 1850 - 1920 er etageadskillelser typisk udført som træbjælkelag.

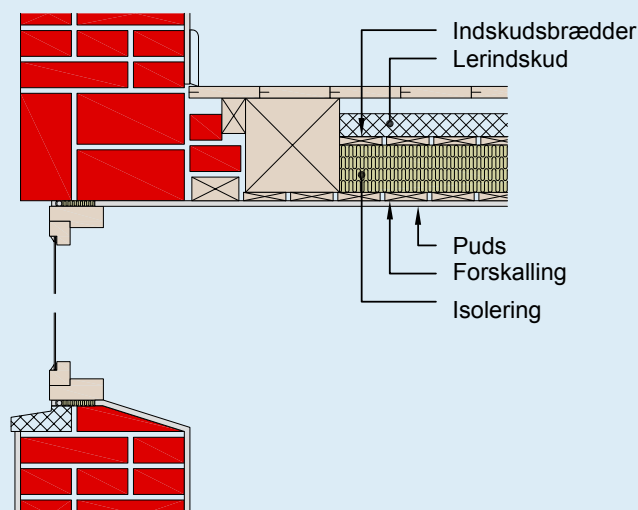
Her kan efterisolering af etageadskillelserne udføres ved indblæsning af isolering i hulrummet i etageadskillelsen. Det kan være en mulighed, hvis kælder eller loft er uopvarmede rum, men fx benyttes til opbevaring, og hvor man ikke kan isolere under eller over etageadskillelsen, eksempelvis på grund af manglende rumhøjde, rør under kælderloftet eller ønsket om at bevare eksisterende gulvbelægning på loftet.

Hvis der er tilstrækkelig med rumhøjde i den uopvarmede kælder, henvises til energiløsningen "Efterisolering af gulv over uopvarmet kælder". Hvis det uopvarmede loftrum ikke benyttes, henvises til energiløsningen "Efterisolering af loft".

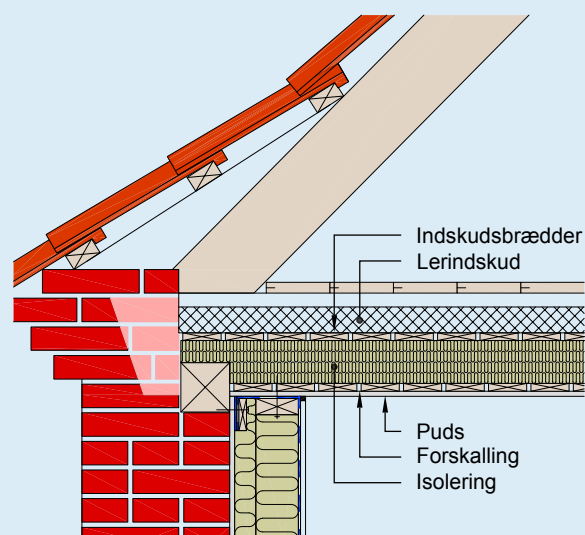
Efterisolering af etageadskillelser medfører, at temperaturen i de uopvarmede rum falder, hvilket vil betyde højere relativ luftfugtighed i rummene. Afhængig af de eksisterende varme- og fugtforhold, kan denne ændring betyde, at rum, der tidligere fremstod tørre, fremover kan få et u hensigtsmæssigt højt fugtindhold. Dette kan især have betydning, hvis der er organiske materialer i de uopvarmede rum. Fugt mæssigt kan risikoen nedbringes, hvis der samtidig med efterisoleringen udføres tiltag, der reducerer fugttilførslen.

Fordele

- Mindre varmetab gennem etageadskillelsen
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Varmere overflader og mindre træk
- Øget komfort og bedre indeklima
- Lavere CO₂-udledning
- Husets værdi forøges



Figur 1: Isolering af etageadskillelse over kælder ved indblæsning af isolering i hulrum under lerinskuddet.



Figur 2: Isolering af loft og tagfod ved indblæsning af isolering i hulrummet under lerinskuddet. Hvis facaden samtidig isoleres indvendigt opnås god sammenhæng mellem isoleringslag på loftet og facaden, og kuldebroen ved tagfoden vil blive brudt.

Anbefaling til isoleringstykkelse ved efterisolering

Ved indblæsning i etageadskillelser vil hulrummet mellem gulv, indskud og loft være afgørende for hvor meget isolering, der kan tilføres. Mod uopvarmet loftrum vil isolering kun med indblæsning normalt ikke opfylde kravene i BR, men tiltaget er stadig attraktivt i forhold til at nedbringe energiforbruget og hæve rumkomforten.

Hvis der er plads i kælderen under den isolerede etageadskillelse til supplerende isolering, så anbefales en samlet isoleringstykkelse på:

Minimum: 150 mm isolering

Løsningen kræver, at der indbygges tæt dampspærre på den varme side af konstruktionen.

Hvis isolering af etageadskillelse sker mod uopvarmet krybekælder, vil supplerende isolering kræve yderligere konstruktive tiltag for at sikre mod risiko for fugtrelaterede skader.

Hvis der er plads i loftrummet over den isolerede etageadskillelse til supplerende isolering, så kan der isoleres her.

Løsningen kræver, at der indbygges tæt dampspærre på den varme side af konstruktionen, hvis ikke der er et tæt pudset loft eller fuldpartlet gipspladebeklædning. Derudover kræves bl.a. god ventilation i loftrummet, sunde og tørre konstruktioner og mulighed for inspektion.

Energibesparelse

Energibesparelser ved indblæst isolering mod uopvarmet loft

| Eksisterende forhold og isoleringstykkelse | Mod uopvarmet loft: Tykkelse på indblæst isoleringsgranulat | | | |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 75 mm U = 0,37 | 100 mm U = 0,30 | 125 mm U = 0,25 | 150 mm U = 0,21 |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | | | |
| 10" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | | | 59 |
| 9" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | | 55 | |
| 8" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | 51 | | |
| 7" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | 45 | | | |

Energibesparelsen er beregnet for etageadskillelser med hulrum og indskudslag af ler, tørv og lignende gamle isoleringsmaterialer.

Energibesparelser ved indblæst isolering mod uopvarmet kælder

| Eksisterende forhold og isoleringstykkelse | Mod uopvarmet kælder: Tykkelse på indblæst isoleringsgranulat | | | |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 75 mm U = 0,35 | 100 mm U = 0,29 | 125 mm U = 0,24 | 150 mm U = 0,21 |
| | Energibesparelse i kWh/m ² pr. år | | | |
| 10" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | | | 36 |
| 9" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | | 33 | |
| 8" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | | 30 | | |
| 7" bjælkelag med 50 mm indskudsler på indskudsbrædder | 27 | | | |

Energibesparelsen er beregnet for etageadskillelser med hulrum og indskudslag af ler, tørv og lignende gamle isoleringsmaterialer.



Forudsætning

Efterisoleringen udføres med et til konstruktionen egnet isoleringsmateriale med en lambda-værdi på 37-38 mW/m K.

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.

(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|--|-----------------------|
| Forudsætninger | <p>En etageejendom har 185 m² uisoleret etageadskillelse mod uopvarmet kælder og 200 m² uisoleret etageadskillelse mod uopvarmet loftrum.</p> <p>Mod kælder består etageadskillelse af 10" bjælkelag med indskudsler. Der isoleres ved indblæsning med 150 mm.</p> <p>Mod loftrum består etageadskillelse af 7" bjælkelag med indskudsler. Der isoleres ved indblæsning med 75 mm.</p> <p>Fjernvarmepris: 0,50 kr. pr. kWh</p> | |
| Årlig energibesparelse kWh pr. m² | 7" bjælkelag mod loftrum: | 45 kWh/m ² |
| | 10" bjælkelag mod kælder: | 36 kWh/m ² |
| Årlig energibesparelse kWh fjernvarme | 7" bjælkelag mod loftrum: 45 kWh x 200 m ² = | 9.000 kWh |
| | 10" bjælkelag mod kælder: 36 kWh x 185 m ² = | 6.660 kWh |
| | I alt | 15.660 kWh |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | 0,50 kr./kWh x 15.660 kWh = | 7.830 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | 0,072 kg/kWh x 15.660 kWh = | 1.128 kg/1,1 tons |

Udførelse

Indblæsning af isolering i etageadskillelsen foretages af specialiserede firmaer. Vælg et firma, der er tilknyttet en garantiordning. Tilstand på ydervæg skal undersøges inden indblæsning af isolering, og evt. mangler udbedres. Det er især vigtigt at få lukket af for fugt og utætheder i ydervæggen, før indblæsning foretages.

Indblæsning af isolering kan udføres enten oppefra eller nedefra. Indblæsning kan ske gennem et passende antal huller, der bores udvalgte steder, eller ved optagning af et antal gulvbrædder ved indblæsning oppefra. Isolering indblæses under indskudsler, da hulrummet oftest er størst der. Huller i lofter og

gulve lukkes efter indblæsning af isolering. Ved indblæsning oppefra lukkes huller i indskudsler helt tæt med isolering inden lukning af gulv. Etageadskillelser kan også isoleres udefra ved udtagning af et antal mursten i facaderne og indblæsning ad den vej. Efter indblæsning mures stenene i igen.

Hvis loftspudsen er intakt og tæt, og den samlede isolering er maksimalt 150 mm, vil efterisoleringen kunne ske uden indbygning af dampspærre. Hvis lag med indskudsler i etageadskillelsen fjernes for at øge isoleringstykkelsen til mere end 150 mm, vil indbygning af ny tæt dampspærre være påkrævet. Da indskudsler isolerer mod brand og lyd, vil fjernelse af indskudsler også kræve, at forhold omkring lyd og brand afklares og løses i henhold til gældende krav.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|------------------------------|---|----------------|----------------|
| Råd, svamp eller skadedyr | Er etageadskillelsen sund uden råd, svamp eller insektangreb? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Fugt eller skimmelsvamp | Har kælder eller loft tegn på fugt eller angreb af skimmelsvamp? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Mursten, fuger og facadepuds | Er der revnede eller smuldrede mursten, og/eller mangler der fuger i udvendigt murværk? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Etageadskillelsen | Er etageadskillelsen tæt, så isolering vil blive i hulrummet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Loftpuds | Ved isolering mod koldt tagrum: Er loftspuds intakt, og slutter pudsens tæt mod væg? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Gulvbelægning | Ved isolering mod koldt tagrum: Er der tæt fernis, linoleum eller lignende på gulv i loft? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Isoleringstykkelse | Indblæses der mere end 150 mm isolering? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |

1. Råd, svamp eller skadedyr

Hvis der er tegn på råd, svamp eller insektangreb i etageadskillelsen, tilkaldes særlig fagkyndig eller forsikringssselskab. Eventuelle skader udbedres, inden efterisolering udføres.

2. Fugt eller skimmelsvamp

Hvis kælder eller loft har det mindste tegn på skimmelsvamp, vil en efterisolering normalt forværre problemet. Kontakt derfor fagfolk.

3. Mursten, fuger og facadepuds

Murværket ud for etageadskillelserne skal være intakt og vandafvisende for at sikre dem mod opfugtning og fugtrelateret råd og svamp. Revnede, forvitrede eller frostsprængte sten skal udtages og erstattes med frostfaste sten. Forvitrede, revnede eller bløde fuger skal

udkradses og efterfuges, så de er hele, fyldte og tætte. Pudsede facader skal udbedres, hvis pudsens er løs eller skaller af.

4. Etageadskillelsen

Etageadskillelsen skal være intakt og tæt, så indblæst isolering kan blive i hulrummet. Eventuelle huller og revner udbedres og lukkes tæt inden indblæsning af isolering.

5. Loftpuds

Loft og samling mellem loft og væg i opvarmet rum mod koldt tagrum skal være intakt og uden huller og revner for at sikre lufttæthed. Eventuelle huller og revner udbedres og lukkes tæt inden indblæsning af isolering.

6. Gulvbelægning

Ved isolering af etageadskillelse mod tagrum skal det sikres, at gulv i tagrum ikke er belagt med diffusionstæt materiale, da denne belægning vil fungere som dampspærre på den forkerte side af isoleringen og resultere i fugtophobning under belægningen. Hvis det er tilfældet, skal den tætte belægning fjernes inden indblæsning af isolering.

7. Isoleringstykkelser

Hvis der samlet set er en isoleringstykkelser svarende til mere end 150 mm isolering, skal der etableres dampspærre på konstruktionens varme side. Dampspærren skal være tætsluttende ved overgange til andre konstruktionsdele, typisk vægge, samt i samlinger. Dampspærren skal samles over fast underlag og klæbes i samlingerne.

Indeklima

Når etageadskillelser efterisoleres, bliver de indvendige overflader varmere. Hermed mindskes risikoen for kondens på gulvs overside eller lofts underside og deraf følgende skimmelangreb. Samtidig undgås træk fra de kolde overflader.

Loftrummet ovenover eller kælderen nedenunder bliver koldere, når etageadskillelsen efterisoleres. Herved forøges risikoen for fugtproblemer. Det er derfor vigtigt at sørge for at begrænse fugttilførslen og sikre tilstrækkelig ventilation af kælderen/loftrummet.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved efterisolering af en etageadskillelse stiller bygningsreglementet krav om at efterisolering gennemføres i det omfang, det er rentabelt, og ikke medfører risiko for fugtskader.

For traditionelt byggeri vil det normalt betyde, at den samlede isoleringstykkelser af eksisterende og ny isolering skal opfylde kravet til en U-værdi på maksimalt $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette svarer fx til ca. 75 mm mineraluldsisolering (kl. 37 mW/mK).

I konstruktioner med hulrum med plads til isolering vil det normalt være rentabelt af efterisolere hulrummet. Det skal derfor kun dokumenteres, hvis det ikke er rentabelt og fugtteknisk forsvarligt at efterisolere op til U-værdi-kravet ved påføring og yderligere efterisolering af konstruktionen.

Det er kun i tilfælde af at U-værdi-kravet ikke kan opfyldes, at der skal foretages en eftervisning af den manglende rentabilitet. I tilfælde af manglende rentabilitet, stilles der krav om at det efterfølgende undersøges, om en mindre efterisoleringsløsning er rentabel.

En efterisoleringsløsning er rentabel, hvis $\text{Besparelse} \times \text{Levetid} / \text{Investering} > 1,33$. I investeringen medtages kun omkostninger til udførelsen af selve isoleringsarbejdet, isoleringsmaterialer og evt. ny dampspærre eller flytning af installationer og evt. andet snævert følgearbejde. Levetiden for efterisoleringsarbejdet antages altid at være 40 år og den årlige økonomiske besparelse udregnes med udgangspunkt i det eksisterende isoleringsniveau og den aktuelle varmepris.

I tilfælde af en total udskiftning af en etageadskillelse skal U-værdi-kravet ($0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$) altid opfyldes, uanset rentabilitet.

Yderligere information

Se udførelsesvejledninger hos isoleringsproducenter.

VIF: VarmeisoleringsForeningens produktoversigt

www.vif-isolering.dk

SBi-anvisning 221: Efterisolering af etageboliger

SBi-anvisning 224: Fugt i bygninger

SBi-anvisning 273: Tage

www.build.dk

BYG-ERFA Erfaringsblade

(19) 15 11 14: Kældervægge- og gulve - fugtsikring og varmeisolering

Tagkonstruktioner med stor hældning - ventilation af tagrum, hanebåndslofter og skunkrum

www.hvø-erfa.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



VARME- INSTALLATIONER

Installationerne i en etageejendom bruger oftest meget energi, fordi de ikke er tidssvarende. Derfor kan der ofte være store besparelser at hente ved at energioptimere bygningens installationer.

I etageejendomme vil en udskiftning eller renovering af varmecentralen ikke alene føre til et lavere varmeforbrug, men som regel også til bedre drift med færre problemer. Hvis muligt er det også fordelagtigt at skifte fra olie eller gas til fjernvarme, og uden for fjernvarmeområder kan varmepumpe være en mulighed.

Man kan også overveje et solvarmeanlæg, der i mange tilfælde helt kan dække energiforbruget i sommerperioden, mens udskiftning af gamle cirkulationspumper kan give besparelser på el og minimere støj i rør og ventiler. Og isolering af rørinstallationer kan give yderligere besparelser på grund af et mindsket varmetab.

Se besparelspotentialet for de forskellige muligheder for energieffektivisering af varmecentralen, og læs mere om, hvordan arbejdet udføres korrekt på de næste sider.

Fuld konvertering til luftvand-varmepumper i større bygninger

Det anbefales at konvertere hele varmecentralens varmekilde til varmepumper, hvis følgende gør sig gældende:

- Bygningen har et varmeafgiversystem med en lav fremløbstemperatur, herunder gulvvarme.
- Bygningens kedelinstallationer har kort restlevetid
- Bygningens kedelinstallationer har kort restlevetid

I andre tilfælde bør overvejes en delvis konvertering til varmepumper.

- En nyere fungerende kedler med en rimelig restlevetid

Et varmeafgiversystem, der forudsætter høj fremløbstemperatur

Fordele

- Varmepumper er en meget energieffektiv teknologi.
- Fjerner udgifter til naturgas, men nye udgifter til el. Samlet set dog lavere årlige energiforbrug og energiudgifter, når der anvendes en effektiv varmepumpe.
- Lavere CO₂-udledning



Energibesparelse

I nedenstående tabel ses energibesparelsen ved at lave en konvertering fra gas til varmepumper for forskellige typer gaskedler. Energibesparelsen regnes som besparelsen på brændselsenergi, hvilket betyder, at elforbruget i kWh for varmepumpen modregnes besparelsen i naturgas i kWh. Forudsætningerne for beregning af energibesparelser for kondenserende gaskedel er de samme, som er beskrevet i ”Eksempel på energibesparelse”.

For ”nyere, god” gaskedel er der regnet med 60 °C i dimensionerende fremløbstemperatur, da kondenseringsvarmen ikke udnyttes, og en årsvirkningsgrad på 2,94 grundet den højere fremløbstemperatur. Som det ses, kan der opnås en væsentlig energibesparelse ved konvertering.

| Kedel | Brutto brændselsforbrug [kWh/år] | Besparelse [kWh/år] |
|---|----------------------------------|---------------------|
| Nyere, god ikke-kondenserende kedel | 600.000 | 284.300 |
| | 1.500.000 | 710.700 |
| | 3.000.000 | 1.421.400 |
| Kondenserende gaskedel, radiatorsystem | 600.000 | 270.600 |
| | 1.500.000 | 676.400 |
| | 3.000.000 | 1.352.900 |
| Kondenserende gaskedel, gulvvarmesystem | 600.000 | 403.800 |
| | 1.500.000 | 1.009.600 |
| | 3.000.000 | 2.019.200 |

Anbefaling

Anbefaling til dimensionering af varmepumpeanlæg til varmecentral skal fastsættes ud fra nedenstående kriterier:

- Ved konvertering af varmecentralens varmekilde til varmepumper skal der ved dimensionering tages højde for at den nye varmeinstallation lever op til kravene i DS 469.
- Ved fuld konvertering af varmeinstallationen til varmepumper, skal varmepumperne dimensioneres til at kunne dække hele varmebehovet over en fastsat udetemperatur, kaldet ”bivalenttemperaturen”, som maksimalt må være -7 °C jf. DS 469.
- Afkølingen i varmeaftagersystemet skal holdes så lille som muligt for at kunne holde en lav fremløbstemperatur. En lille afkøling sikres ved at skabe et stort flow. En lav fremløbstemperatur i systemet er med til at sikre så høj effektivitet som muligt.
- Ved en fuld konvertering til varmepumper skal man sørge for at varmepumperne kan levere en høj nok fremløbstemperatur til at producere varmt brugsvand. Derudover skal der undersøges om spiralen i brugsvandstanken har tilstrækkelig kapacitet, hvis man ved konvertering sænker fremløbstemperaturen til spiralen.
- Der skal undersøges, hvor meget strømkapacitet der er etableret til den elinstallation, hvor varmepumpen tilkøbes. Der er ekstra omkostninger forbundet med at forøge strømkapaciteten.

Krav til eksisterende varmeinstallation

Varmepumper har et angivet arbejdsområde for udetemperatur og fremløbstemperatur specificeret af producenten. Typisk vil luftvand-varmepumper til boligopvarmningsformål maksimalt kunne levere en fremløbstemperatur op mod 65 °C. Der findes dog produkter, der kan levere højere temperaturer.

- For at opnå effektiv varmepumpedrift, skal varmepumpen levere så lav fremløbstemperatur som muligt til varmeanfageren.
- Der skal benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget, hvilket betyder, at radiatorernes samlede areal skal være stort nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt må fremløbstemperaturen fra varmepumpen hæves hvis det er muligt, hvilket medfører lavere effektivitet af varmepumpen.
- Hvis den nødvendige fremløbstemperatur overstiger det teknisk mulige for varmepumpen ved udetemperaturer under -7 °C, skal temperaturen løftes med en backup-kilde, f.eks. en elpatron. Varmepumpen skal jf. DS 469 kunne levere den nødvendige fremløbstemperatur ved udetemperaturer ved -7 °C og derover. Vælg altid ventiler beregnet for 1-strengssystemer (følg ventilleverandørens anvisninger)
- Hvis varmepumpen skal levere varmt brugsvand, skal kapaciteten i varmtvandsbeholderens undersøges ift. varmepumpens fremløbstemperatur og maksimale temperatur.

Konvertering af ældre kedel til luftvand-varmepumpeanlæg

For nyere kedelanlæg kan det være fornuftigt at konvertere til et moderne luftvand-varmepumpeanlæg, helt eller delvist. Varmepumpen udnytter energien betydeligt mere effektivt med en årsdrifteffektfaktor (SPF) på mellem 2,65 og 3,40 afhængig af luftvand-varmepumpeinstallation, energiforbrug og temperaturforhold i varmeanlægget.

Årsdrifteffekt faktoren SPF (Seasonal Performance Factor) er den samlede årlige effektivitet for en varmepumpe. Altså den samlede årlige varmemængde produceret af varmepumpen divideret med varmepumpens årlige elforbrug.

Vejledende årvirkningsgrader for gasfyrede kedler

Hvis den eksisterende kedels virkningsgrad ikke kendes, så kan nedenstående årvirkningsgrader anvendes. Årvirkningsgraderne gælder for kedler mellem 200 og 1.000 kW.

| Kedel | Årvirkningsgrad [%] |
|---------------|---------------------|
| Nyere, god | 92 |
| Kondenserende | 103 |

Hvordan kategoriseres naturgaskedlerne?

I nedenstående tabel ses kendetegn for de forskellige kedeltyper.

| Kedel | Karakteristika for forskellige kedeltyper |
|------------------------|--|
| Nyere, god | Ikke-kondenserende kedel fra efter 2000 |
| Kondenserende gaskedel | Alle kondenserende kedler. I 2009 trådte krav om kondenserende gaskedler i kraft i Bygningsreglementet, men også tidligere kondenserende kedler indgår i denne kategori. |

Udførelse

Dimensionering

Ved fuld konvertering af varmeforsyningen fra naturgas til luftvand-varmepumpe, skal varmepumpen passe til varme- og varmtvandsbehovet.

Varmepumperne alene vil i nogle tilfælde ikke kunne levere den nødvendige fremløbstemperatur ved -12 °C. Derfor skal der være en back-up varmekilde i form af en elpatron, som kan levere det sidste temperaturløft.

De installerede varmepumper skal overholde DS 469, hvor kravet for varmepumpeanlæg er, at varmepumperne skal kunne dække rumvarmebehovet og varmtvandsbehovet ned til højest -7 °C udetemperatur. Når udetemperaturen er under -7 °C må varmepumperne suppleres med varme fra en elpatron.

Den laveste udetemperatur hvorved at varmepumpen alene kan dække det samlede varmebehov kaldes for bivalentpunktet/bivalenttemperaturen.

Den valgte bivalenttemperatur vil afgøre hvor stor en del af det årlige varmebehov som varmepumpen dækker og hvad årsdrifteffekt faktoren for anlægget bliver.

- Årsdrifteffekt faktor
- Dækningsgrad af årligt varmebehov (energidækning)
- Besparelse vs. investeringsomkostning pr. ekstra
- Bygningens strømkapacitet og omkostningerne for yderligere kapacitet

Derfor er dimensionering af varmepumpeanlæg og valg af bivalenttemperatur en gentagende beregningsproces, hvor man prøver sig frem med at fastlægge bivalenttemperatur og hvor punkterne ovenfor vil afgøre hvilken størrelse varmepumpeanlæg der bør vælges.

I bilag 1/notat og på hjemmesiden ses et regneeksempel på dimensionering af varmepumpeanlæg ved fuld konvertering af varmeforsyning.

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Forudsætninger</p> | <p>I en etageejendom på 4.300 m² med et forbrug på 46.565 m³ gas pr. år erstattes en kondenserende kedel med en varmepumpe med el-supplement.</p> <p>Den samlede årsnyttevirkning i det eksisterende kedelanlæg er 103 %, svarende til at bygningens samlede varmebehov er 527.600 kWh. Heraf udgør det varme brugsvand 30 %. Der forudsættes samme virkningsgrad for kedlen ved rumvarme og varmt brugsvand.</p> <p>Rumvarmebehov og fremløbstemperatur til bygningens gulvvarmesystem er hhv. 240 kW og 35 °C ved dimensionerende udetemperatur på -12 °C. Bygningen har kun et rumvarmebehov ved udetemperaturer under 15 °C.</p> <p>Varmepumpen skal dimensioneres til at kunne dække det samlede varmebehov ned til -7 °C jf. DS 469. Ved -7 °C er rumvarmebehovet 196 kW. Varmebehovet til varmt brugsvand udgør årligt 152.280 kWh, hvilket svarer til et gennemsnitligt effektbehov på 18 kW. Derfor skal der vælges en varmepumpe der kan levere mindst 214 kW ved -7 °C udetemperatur.</p> <p>Der vælges en varmepumpe der kan levere 278 kW ved -7 °C, som opfylder effektbehovet. Varmepumpen yder 221 kW ved -12 °C, hvor behovet er 240 kW + 18 kW. Derfor skal der dimensioneres med en elpatron til at dække det resterende varmebehov på 37 kW ved -12 °C.</p> <p>Effektdækningen for varmepumpen ved -12 °C er 86 % svarende til, at varmepumpen dækker 97 % af det samlede årlige varmebehov. Tilskudsvarmen fra elpatronen antages kun at gå til at producere rumvarme.</p> <p>Rumvarmeeffektiviteten (SCOP) for varmepumpen er angivet til 3,82 og effektiviteten for varmt brugsvand er angivet til 3,16.</p> <p>I eksemplet er der beregnet udgifter til el med reduceret elafgift. Reduktion af elafgift kan opnås når bygningen er registreret som el-opvarmet i BBR og der er separat aftagemåler til fælles-el.</p> <p>Gaspris: 13,80 kr./m³ Elpris ved fuld elafgift: 2,70 kr./kWh Elpris ved reduceret elafgift for elforbrug over 4.000 kWh/år: 1,60 kr./kWh</p> | | |
| <p>Årlig energibesparelse i kWh</p> | <p>Gasforbrug omregnet til nedre brændværdi i kWh</p> <p>Samlet varmebehov i kWh</p> <p>Husets rumvarmebehov</p> <p>Husets brugsvandsbehov</p> <p>Elforbrug: Varmepumpe + elpatron</p> <p>Primær energibesparelse</p> | <p>$46.565 \text{ m}^3 \times 11 \text{ kWh/m}^3 =$</p> <p>$46.565 \text{ m}^3 \times 11 \text{ kWh/m}^3 \times 1,03 =$</p> <p>$0,7 \times 527.600 \text{ kWh} =$</p> <p>$0,3 \times 527.600 \text{ kWh} =$</p> <p>$0,97 \times 369.320 \text{ kWh} / 3,82 +$ $0,03 \times 369.320 \text{ kWh} +$ $158.280 \text{ kWh} / 3,16 =$</p> <p>$512.220 \text{ kWh} - 158.450 \text{ kWh} =$</p> | <p>512.220 kWh</p> <p>527.600 kWh</p> <p>369.320 kWh</p> <p>158.280 kWh</p> <p>158.450 kWh</p> <p>353.770 kWh</p> |
| <p>Årlig økonomisk besparelse kr.</p> | <p>Omkostninger gas gl. kedel</p> <p>Omkostninger el: varmepumpe + elpatron</p> <p>Besparelse</p> | <p>$46.565 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$</p> <p>$4.000 \text{ kWh} \times 2,70 \text{ kr./kWh} + (158.280 - 4.000) \text{ kWh} \times 1,60 \text{ kr./kWh} =$</p> <p>$642.600 \text{ kr.} - 257.650 \text{ kr.} =$</p> | <p>642.600 kr.</p> <p>257.650 kr.</p> <p>384.950 kr.</p> |
| <p>Årlig CO₂-besparelse kg</p> | <p>CO₂-udledning gas gl. kedel</p> <p>CO₂-udledning varmepumpe + elpatron</p> <p>Besparelse i kg.</p> <p>Besparelse i tons</p> | <p>$512.215 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$</p> <p>$158.450 \text{ kWh} \times 0,211 \text{ kg/kWh} =$</p> <p>$105.004 \text{ kg} - 33.432 \text{ kg} =$</p> | <p>105.004 kg</p> <p>33.432 kg</p> <p>71.572 kg</p> <p>71,6 tons</p> |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Montage

For gaskedelinstallationen

De eksisterende gaskedler kobles fra aftrækket (skorstenen), varmeanlægget og varmtvandsbeholderen. Gaskedlerne demonteres. Det samme gælder varmtvandsbeholderen, hvis den skal udskiftes. Gasforsynings-selskabet skal afkoble gasforsyningen.

For den nye varmepumpeinstallation

Indedel: Varmepumpens inddel placeres i umiddelbar nærhed af hvor gaskedlerne har stået. Inddelen forbindes til varmeanlægget. Varmepumper kan have forskelle opbygninger, hvor hele kølekredsen er samlet i samme installation udenfor bygningen (kaldet "Monoblok-anlæg") og varmerørene er koblet til varmepumpen udenfor bygningen. Den anden mulighed er en installation hvor kølerørene er trukket ind i fyrrummet (kaldet "Split-anlæg"), hvor varmen afgives til varmeanlægget eller en varm buffertank.

Udedel: I forhold til installation skal man være særligt opmærksom på, at varmepumpens udedel ikke må placeres hvor den giver støjgener (støjkravet er maksimalt 35 dB(A) i naboskel).

Udedelen placeres så tæt på inddelen som muligt, dvs. med kortest mulig afstand til den ydervæg, som inddelen står op ad. Udedelen kan have en svag hvislen, der kan virke generende på nogle mennesker. Derfor bør den ikke monteres for tæt på en terrasse eller vinduer i opholdsrum.

Udedelen skal placeres på et fast underlag i de afstande til ydervæg/tagudhæng, som producenten har foreskrevet. Evt. støbes et betondæk under. Husk at sikre, at udedelen er hævet over terræn, så sne og blade ikke forhindrer optimal drift. Kontrollér, at udedelen dræner tilfredsstillende for tøvand fra afrimning, da varmeveksleren ellers med tiden bliver blokeret af is, når udetemperaturen falder.

Der skal etableres afløb fra udedelen.

Rør til og fra varmepumpens udedel skal føres igennem klimaskærmen uden utilsigtede kuldebroer, og der skal være plads til varmepumpens inddel i opstillingsrummet.

Der bores huller i ydervæggen for at føre rør fra udedel til inddel. To rør med enten kølemiddel eller vand opvarmet af varmepumpen/returvand fra varmeafgivere forbindes mellem udedel og inddel. Hullerne tætnes, og rørene isoleres i henhold til DS 452. Hvis der skal cirkulere kølemiddel mellem inddel og udedel, fyldes dette på rørene af en kølemontør med nødvendigt certifikat afhængig af kølemiddeltypen.

Strøm til varmepumpen: Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør. Allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmepumpen er det vigtigt at tage højde for anlæggets samlede mærkeeffekt, da det skal sikres at der er etableret tilstrækkelig strømkapacitet til varmepumpe samt elpatron. Varmepumpen skal forsynes med bimåler, hvis elforbruget overstiger 3.000 kWh/år. Elpatron bør forsynes med timetæller eller separat elmåler.

Installationsvejledningen for den aktuelle varmepumpe skal altid følges.

Hele varmepumpeinstallationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer. Vandinstallationen skal udføres af en autoriseret vvs-installatør.

Eftersyn

For varmepumpedelens vedkommende skal serviceteknikeren have et kategori I- eller II-certifikat for arbejde, der indbefatter servicering af varmepumpedelens kølekreds.

Hvis varmepumpen indeholder mere end 1 kg kølemiddel, skal den efterses mindst én gang årligt af en montør, som har den fornødne uddannelse. Er der mere end 2,5 kg kølemiddel i varmepumpen, skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et kølefirma (jf. AT-bekendtgørelse nr. 100 om anvendelse af trykbærende udstyr). Kun personer med det fornødne autorisationscertifikat må foretage indgreb i kølemiddelsystemet.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------|---|----------------|----------------|
| Varmeanlæg | Kan radiatoranlægget spille godt sammen med varmepumpen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Støjkrav til udedel | Er der forhold omkring støj fra varmepumpen, der kan give bygningsejer eller nabo en negativ oplevelse af varmepumpeinstallationen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 2 |
| Rørisolering | Udfører dit firma selv rørisoleringen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Elkapacitet | Er der fremført nok strømkapacitet til varmepumpen i den eksisterende elinstallation? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 4 |
| Elektrisk tilslutning | Kan varmepumpen inkl. styring og cirkulationspumpe tilsluttes eksisterende installation/afbryder? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 5 |

1. Varmeanlæg

For at drifte varmepumpen energieffektivt skal der benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget. Det betyder, at radiatorernes samlede hedeblade skal være stor nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt kan det dimensionerende varmetab reduceres ved at foretage energibesparende foranstaltninger som f.eks. efterisolering af ydervægge og lofter samt udskiftning af vinduer.

2. Støjkrav til udedel

Luftvand-varmepumper er ret støjsvage, men man bør alligevel ikke sætte varmepumpens udedel lige uden for soveværelsevinduet eller tæt på naboens skel. Hvis naboen klager til kommunen over larm fra varmepumpen, vil de fleste kommuner henholde sig til paragraf 42 i Miljøbeskyttelsesloven, hvor støjgrænsen i boligområder er fastsat til 35 dB(A) ved skellet. Hvis denne grænse overskrides, vil man kunne blive påbudt at flytte varmepumpens udedel.

3. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter vedr. vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

4. Elkapacitet

Ved dimensionering af varmepumpeinstallationen skal der undersøges, hvor meget elkapacitet der er til rådighed til varmepumpeinstallationen i ejendommens eksisterende elinstallation.

Der skal beregnes et Ampere-behov for varmepumpeinstallationen samt elpatron, og hvis der mangler kapacitet i ejendommens elinstallation, skal der fremføres mere kapacitet ved at få opgraderet eltilslutning til ejendommen. Det lokale elforsyningselskab skal kontaktes for at få opgraderet eltilslutningen til ejendommen. Der er væsentlige ekstraomkostninger forbundet med at forøge elkapaciteten, som skal indregnes i varmepumpens totaløkonomi.

5. Elektrisk tilslutning

VVS-installatører må gerne tilslutte pumper mm. til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye eltavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af en autoriseret el-installatør.

Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør. Allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmepumpen er det vigtigt at tage højde for anlæggets samlede mærkeeffekt, da det kan blive nødvendigt at udvide strømkapaciteten til den eksisterende elinstallation. Elforbruget i varmepumper, der årligt bruger over 3.000 kWh, skal måles, jf. Bygningsreglementet.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

Varmepumpen skal opfylde Ecodesign's komponentkrav med hensyn til energieffektivitet:

Gulvvarmeanlæg: Årsvirkningsgraden ved rumopvarmning (SCOP) må ikke være under 3,20.

Radiatoranlæg: Årsvirkningsgraden ved rumopvarmning (SCOP) må ikke være under 2,83.

Hvis varmepumpens el-forbrug overstiger 3.000 kWh/år, skal det måles.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning, inden luftvand-varmepumperne tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Krav til funktionsafprøvning

Der skal udføres en funktionsafprøvning af varmepumpeanlæg før ibrugtagning. Varmepumper er indeholdt og defineret i DS 469. Funktionsafprøvningen skal påvise om varmepumpeanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Indregulering af vand- eller luftstrømme
- Styring

Relevante standarder for funktionsafprøvning af varmepumpeanlæg omfatter:

- DS 469

For vejledninger til udførelse af funktionsafprøvning henvises til Videnscenter for Energibesparelser i Bygningers vejledning om funktionsafprøvning af gashybridvarmeanlæg:

www.byggeriogenergi.dk/media/2183/funktionsafproevning_gashybridvarmeanlaeg.pdf

For regler vedrørende funktionsafprøvning henvises til Bygningsreglementets tekniske bestemmelser:

www.bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/11/BRV/Funktionsafprovning

Virksomhedens stempel og logo:

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. Videncenter for Energibesparelser i Bygninger forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Yderligere information

Energistyrelsens produktliste luft-luftvarmepumper
www.spareenergi.dk/forbruger/vaerktoejer/varmepumpelisten

Energistyrelsens støjberegner
www.ens.dk/ansvarsomraader/varme/stoejberegner-varmepumper

VarmePumpeOrdningen (VPO)
www.vp-ordning.dk

Varmepumpeguiden (online guide)
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Konvertering af oliefyret varmecentral til fjernvarme

Det anbefales at konvertere en oliefyret varmecentral til fjernvarme, hvis der er:

- Et højt varmeforbrug
- Hyppige driftsproblemer som fx manglende centralvarme i dele af anlægget eller manglende varmt brugsvand
- Hyppige reparationer eller udskiftninger af komponenter på kedelcentralen eller i centralvarmeanlægget, typisk på grund af tæring
- Foretaget energibesparende foranstaltninger på klimaskærm, så forbruget til rumopvarmning er reduceret

Fordele

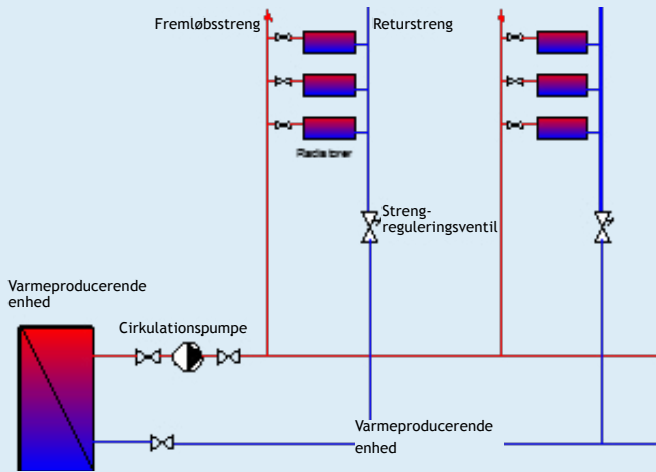
- Fjernvarmeanlæg giver en væsentlig bedre udnyttelse af brændslets energiindhold end ældre oliekedler og dermed en besparelse på varmeregningen
- Fjernvarme er en miljøvenlig teknologi, da der ofte er tale om spildvarme og kraftvarme (samproduktion med elektricitet)
- Ingen årlige udgifter til skorstensfejning
- Lavere CO₂-udledning

Energibesparelse

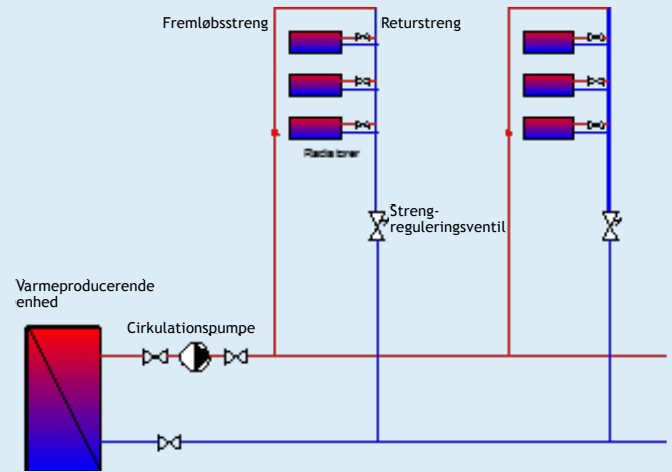
I nedenstående tabel ses energibesparelser ved at udskifte forskellige typer oliekedler til fjernvarmeanlæg. Som det ses, kan der opnås en væsentlig energibesparelse ved udskiftningen.

| Kedel | Brutto brændselsforbrug [kWh/år] | Besparelse [kWh/år] |
|---------------|----------------------------------|---------------------|
| Ældre, middel | 600.000 | 57.084 |
| | 1.500.000 | 142.815 |
| | 3.000.000 | 285.701 |
| Ældre, god | 600.000 | 45.249 |
| | 1.500.000 | 112.919 |
| | 3.000.000 | 225.701 |
| Nyere, god | 600.000 | 35.369 |
| | 1.500.000 | 78.893 |
| | 3.000.000 | 151.432 |





To-strengsanlæg



En-strengsanlæg

Krav til eksisterende varmeinstallation

Varmeværket leverer varme til forbrugerne med fremløbstemperaturer på ca. 60-85 °C afhængig af årstiden, udetemperaturen og fjernvarmeforsyningen.

For at opnå en effektiv fjernvarmeforsyning ønsker varmeværket en så lav temperatur som mulig retur fra forbrugernes varmeanlæg. Typisk en returtemperatur mellem 30 °C og 40 °C.

Forskellen mellem fremløbs- og returtemperatur hos forbrugeren kaldes afkølingen, og den skal være så stor som mulig. Mange fjernvarmewærker stiller krav til dette. Er kravet opfyldt, er der tale om "god afkøling".

For at opnå god afkøling skal følgende kunne opfyldes:

To-strengsanlæg

- De fleste oliefyrede centralvarmeanlæg er dimensionerede til fremløbstemperaturer på 80-90 °C og lille afkøling ved en udetemperatur på -12 °C. En stor del af disse ejendomme er blevet energirenoverede, hvilket har gjort det muligt at reducere fremløbstemperaturen.
- Der findes dog stadig mange ejendomme, der ikke har fået gennemført væsentlige energibesparende foranstaltninger. I disse ejendomme kan man risikere, at radiatorerne ikke vil være store nok til at opvarme lejlighederne til 20 °C ved en fremløbstemperatur på 60 °C og en returløbstemperatur på 40 °C ved en udetemperatur på -12 °C (dimensionerende temperaturer). I disse ejendomme kan det være nødvendigt at udskifte en eller flere radiatorer til en større størrelse.
- Radiatorventiltypen bør have mulighed for forindstilling. Alternativt bør der monteres mængdebe-grænsende ventiler i returstrøgen, så mængden på den enkelte radiator kan indreguleres.

- Radiatorventilerne i det enkelte rum bør indstilles på samme niveau, så alle radiatorerne bidrager til afkølingen.

En-strengsanlæg

- Er varmeanlægget opbygget som en-strengt anlæg, er det sværere at opnå god afkøling, men ikke umuligt. Der skal opsættes en blandesløjfe med vejrkompen-seringsenhed.
- Hvis der er en vejrkompen-seret styring på installationen, skal den indstilles korrekt.
- For en-strengs anlæg skal vælges ventiler med stor Kv-værdi (lille modstand og stor åbning). Vælg altid ventiler beregnet til en-strengssystemer og følg ventilleverandørens anvisninger.
- Radiatorventilerne i det enkelte rum bør indstilles på samme niveau, så alle radiatorerne bidrager til afkølingen.

Varmtvandsbeholder og gennemstrømnings-vandvarmer

- Det skal undersøges om spiralens effekt er stor nok til de ændrede temperaturforhold. En ældre be-holder kan være dimensioneret til en fremløbstemperatur på 80 °C og en returløbstemperatur på 60 °C. Temperatursættet ved fjernvarme vil da være 60/30 °C, og ydelsen vil derfor blive væsentligt reduceret. Ydelsen ved det nye temperatursæt kan beregnes, hvis der findes et datablad for beholderen
- Det skal undersøges, om beholderen er egnet til god afkøling.

Anbefaling

Fjernvarmeværkets tilslutningsbestemmelser skal altid følges og afgør bl.a., om der skal installeres:

- Direkte eller indirekte fjernvarme
- Gennemstrømningsvandvarmer eller varmtvandsbeholder
- Derudover vil bestemmelserne normalt også indeholde krav til dimensionerende temperatursæt for vandvarmer og varmeanlæg
- Fjernvarmeanlægget bør monteres med trykdifferensregulatorer for at sikre, at reguleringsventilerne har stabile driftsbetingelser

Udskiftning af ældre kedel til fjernvarme

Når en oliekedel er over 10-15 år gammel, er det ofte fornuftigt at udskifte den med et moderne fjernvarmeanlæg. Dermed udnyttes energien betydeligt mere effektivt, idet årvirkningsgraden for et fjernvarmeanlæg ligger på 96-98 % afhængig af anlægstype, energiforbrug og temperaturforholdene i varmeanlægget.

Udskiftning af en ældre oliekedel til et nyt fjernvarmeanlæg giver typisk en besparelse på ca. 8-10 %.

Ved udskiftning af en eksisterende kedel kan der enten vælges et direkte eller et indirekte fjernvarmeanlæg, alt efter de lokale fjernvarmebestemmelser. Forskellen på disse to anlægstyper beskrives nærmere på side 5.

Hvordan kategoriseres kedlerne?

I nedenstående tabel ses kendetegn for de forskellige kedeltyper.

| Kedel | Karakteristika |
|---------------|---|
| Ældre, middel | <ul style="list-style-type: none"> • 50 mm isolering på de væsentligste overflader • Ingen eksplosionsklapper • Indvendigt isolerede rensklapper i begrænset mængde • Tætning mellem elementer udført med asbestsnor eller tilsvarende helt tæt metode • Effektiv pakning ved forplade og tæt brændermontering <p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamle TASSO VH, F og T kedler ældre end ca. 25 år • Ældre PARCA kedler • Ældre Danstoker og HETO kedler med isolerede kedelgavle |
| Ældre, god | <p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nyere Danstoker kedler med 75 til 100 mm isolering på alle vandkølede dele og minimum 100 mm indvendig isolering af vendekasser • TASSO, PARCA, Viessmann m.fl., 15 til 20 år gamle med typisk 100 mm isolering og helt tætte på røggassiden • Alle nyere kedler beregnet til overtryk i fyrboksen |
| Nyere, god | Alle øvrige typer kedler, som er ca. 10-15 år gamle |

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|---|---|---|--|
| Forudsætninger | <p>I en etageejendom på 4.300 m² med et forbrug på 60.000 liter olie pr. år konverteres en ældre middelgod oliekedel til et fjernvarmeanlæg.</p> <p>Den samlede årsnyttevirkning i det eksisterende kedelanlæg er 88 %, svarende til at ejendommens faktiske varmebehov er 528.000 kWh.</p> <p>Det nye fjernvarmeanlæg har en årsvirkningsgrad på 98 %.</p> <p>Oliepris: 17,80 kr./l Fjernvarmepris: 500 kr./MWh</p> | | |
| Årlig energibesparelse kWh | <p>Olieforbrug omregnet til kWh</p> <p>Husets faktiske varmebehov</p> <p>Energiforbrug fjernvarme</p> <p>Besparelse</p> | <p>60.000 l x 10 kWh/l =</p> <p>0,88 x 600.000 kWh =</p> <p>528.000 kWh/0,98 =</p> <p>600.000 kWh - 538.776 kWh =</p> | <p>600.000 kWh</p> <p>528.000 kWh</p> <p>538.776 kWh</p> <p>61.224 kWh</p> |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | <p>Omkostninger olie gl. kedel</p> <p>Omkostninger fjernvarme</p> <p>Besparelse</p> | <p>60.000 m³ x 17,80 kr./l =</p> <p>538.776 kWh x 0,50 kr./kWh =</p> <p>720.000 kr. - 269.388 kr. =</p> | <p>1.068.000 kr.</p> <p>269.388 kr.</p> <p>798.612 kr.</p> |
| Årlig CO₂-besparelse kg | <p>CO₂ udledning gl. kedel</p> <p>CO₂ udledning fjernvarme</p> <p>Besparelse i kg</p> <p>Besparelse i tons</p> | <p>600.000 kWh x 0,266 kg/kWh =</p> <p>538.800 kWh x 0,072 kg/kWh =</p> | <p>159.600 kg</p> <p>38.792 kg</p> <p>120.208 kg</p> <p>112 tons</p> |

Vejledende årsvirkningsgrader for oliefyrede kedler

Hvis den eksisterende kedels årsvirkningsgrad ikke kendes, så kan nedenstående anvendes. Årsvirkningsgraderne gælder for kedler mellem 200 og 1.000 kW.

| Kedel | Årsvirkningsgrad [%] |
|---------------|----------------------|
| Ældre, middel | 88 |
| Ældre, god | 90 |
| Nyere, god | 92 |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering

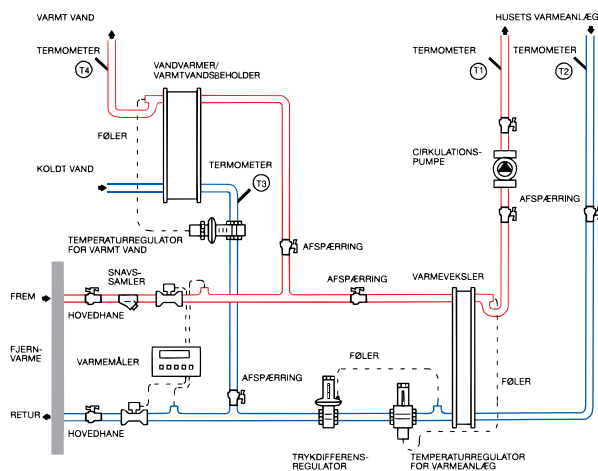
Centralvarme

Centralvarmeanlæg skal dimensioneres efter DS 469, Norm for varme- og køleanlæg i bygninger. Centralvarmeanlæg dimensioneres til en fremløbs-temperatur på højst 60 °C og en returløbstemperatur på højst 40 °C ved den dimensionerende udetemperatur. Disse dimensionerende temperaturer gælder ved ændring af varmeforsyning, reno-
vering og installation af varmeanlæg i eksisterende bygninger. I forbindelse med dette kan det være hensigtsmæssigt at efterisolere bygningen eller installere større eller ekstra radiatorer for at kunne dække varmebehovet ved de angivne fremløbs- og returløbstemperaturer.

Fjernvarmeforsyningen kan have regler, der kræver en lavere returløbstemperatur eller større afkøling af fjernvarmevandet, som anlægget så må dimensioneres til.

Indirekte anlæg

Indirekte anlæg, hvor fjernvarmevandet er fysisk adskilt fra centralvarmeanlægget ved en varmeveksler, er egnet til alle anlæg.



Indirekte anlæg

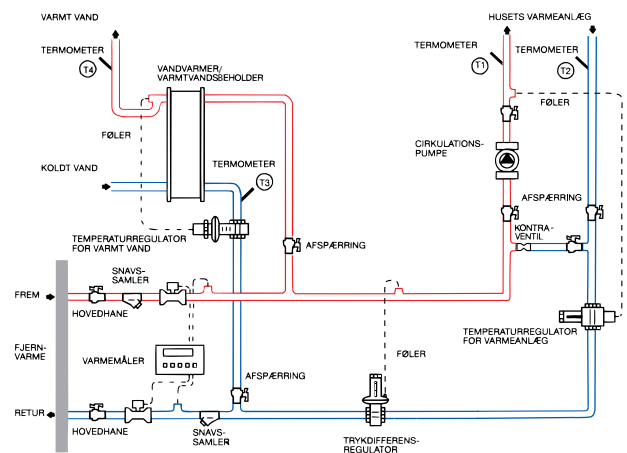
Indirekte fjernvarme er at foretrække i gamle ejendomme med ældre radiatorer og rør, da fjernvarmenettets højere tryk kan forårsage sprængning af radiatorer med skader på ejendom og inventar til følge. Ved indirekte anlæg med varmeveksler opnås dog på grund af vekslingen i praksis en 3-5 °C dårligere afkøling end ved direkte anlæg.

En-strengede radiatoranlæg skal tilpasses store vandstrømme i varmeanlægget, og derfor skal veksleren have et lavere tryktab end ved to-strengede anlæg. Spørg leverandøren, om veksleren i anlægget er egnet til en-strengede anlæg.

Direkte anlæg med opblanding - blandesløjfe

Direkte anlæg med opblanding er egnet til alle anlæg og giver god mulighed for central regulering med et udetemperaturkompenseringsanlæg med motorstyring. Det er vigtigt, at reguleringsventilerne er dimensioneret rigtigt i forhold til belastning og differenstryk, fordi der ellers kan opstå problemer med pendling og dårlig regulering.

Ved direkte anlæg med blandesløjfe kan man opnå en bedre årsafkøling end for indirekte anlæg, svarende til ca. 5 °C.



Direkte anlæg med blandesløjfe

Varmt brugsvand

Anlæg til produktion af varmt brugsvand dimensioneres efter DS 439, Norm for vandinstallationer.

Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyntagen til varmtvandsstedernes antal og brug kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet. Se kapitel 2 i DS 439.

Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne opvarmes fra 10 °C til 55 °C.

De væsentligste data for et anlæg til varmtvandsproduktion er for det første antallet af "normallejligheder", for det andet den effekt, som varmebladen kan tilføre vandet, og for det tredje beholderens volumen. I den forbindelse anvendes:

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning

| $N = \frac{\sum (n \cdot p \cdot v \cdot E)}{3,5 \cdot 4,36}$ | |
|---|--|
| N | antallet af "normallejligheder" |
| n | antallet af lejligheder |
| p | antallet af beboere pr. lejlighed |
| v | varmtvandsenheder i lejligheden. Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse. |
| E | det beregningsmæssige energibehov pr. varmtvandsenhed. Sættes til 4,36 i boliger med ét badeværelse. |
| En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 person. Se endvidere DS 439. | |

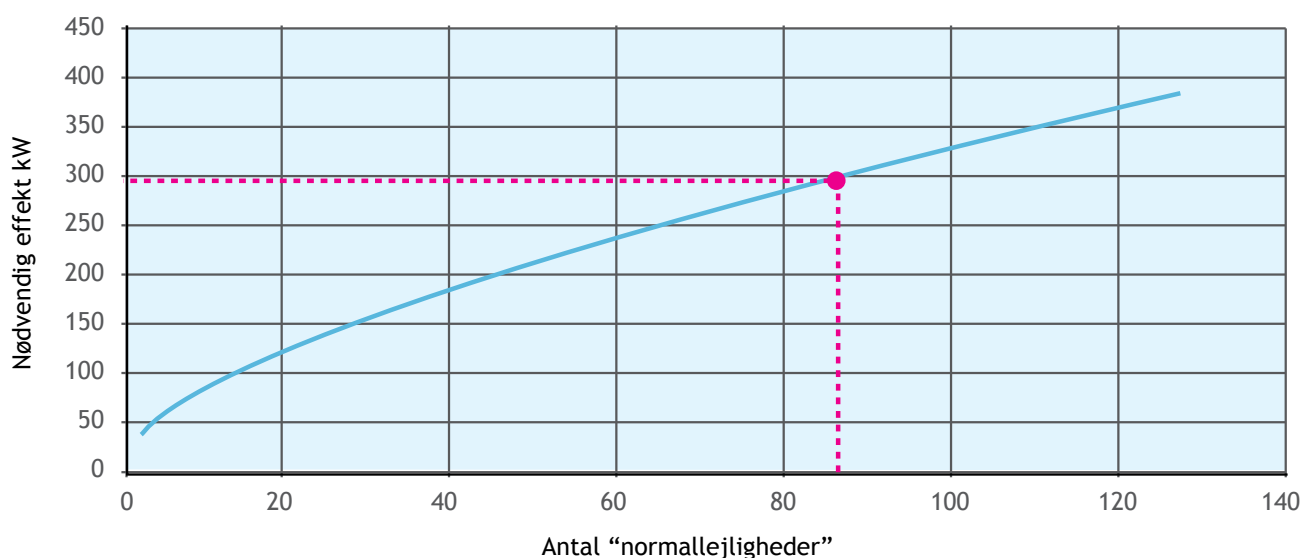
Man kan anvende en opbygning med varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsveksler.

Varmtvandsbeholder

Med hensyn til dimensionering af varmtvandsbeholdere henvises til Videncentrets energiløsning "Udskiftning af varmtvandsbeholder" for store bygninger.

Gennemstrømningsvandvarmer

Nedenstående figur kan anvendes direkte til dimensionering af gennemstrømningsvandvarmere. Figuren viser den dimensionerende effekt til varmt brugsvand (maksimal 1-minutværdi, opvarmning 45-10 = 35 °C) som funktion af antallet af normallejligheder.



Eksempel

I en ejendom er der 100 lejligheder med gennemsnitligt tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normalejligheder N beregnes til:

$$N = \frac{\Sigma (100 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4,36)}{3,5 \cdot 4,36} = 86$$

Der vælges en gennemstrømningsvandvarmer med en effekt på ca. 300 kW. Varmespiralens effekt inkl. 15 % stentillæg kan derfor beregnes til ca. 345 kW.

Montage

Den eksisterende oliekedel kobles fra aftrækket (skorstenen), varmeanlægget og varmtvandsbeholderen. Oliekedlen demonteres. Det samme gælder varmtvandsbeholderen, hvis den skal udskiftes.

Fjernvarmeveksleren placeres i varmecentralen og tilsluttes de to rør, som fjernvarmeværket har ført ind i ejendommen.

Rør til varmt brugsvand tilsluttes enten varmeveksler eller varmtvandsbeholder. Rør til radiatorssystemet tilsluttes.

Det lokale fjernvarmeværks bestemmelser for montage skal altid følges.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Fjernvarmeanlæggets bruger skal have udleveret den fyldestgørende driftsvejledning, som skal følge med anlægget fra installatøren. Vejledningen skal være i overensstemmelse med leverandørens forskrifter vedrørende komponenternes drift og vedligehold.

IndreguleringVarmtvandstemperatur

Indstillingen af varmtvandstemperaturen skal være 50-55 °C. Såfremt temperaturen kommer over

60 °C, vil der ske en kraftig udfældning af kalk, både i systemet og på varmtvandsbeholderen/gennemstrømningsvandvarmerens varmeveksler. Øget kalklag på overfladerne giver en dårlig afkøling.

På gennemstrømningsvekslere er der ikke umiddelbart risiko for bakterievækst på grund af det lille vandindhold, så varmtvandstemperaturen kan typisk stilles til 50 °C afhængig af driftsforholdene.

Radiatorventiler med forindstilling

Indstillingen af radiatorventilerne kan sædvanligvis foretages efter rummets varmebehov. Vær dog opmærksom på, at ventiler i rum med for små radiatorer bør indstilles efter radiatorydelsen.

Der kan enten anvendes termostater med integreret forindstilling eller mængdebegrænsende ventiler i radiatorens returstrømgang.

Forbrugeren bør instrueres i, at alle radiatorer så vidt muligt skal være i drift, og at radiatorer i samme rum indstilles til den samme temperatur.

Eftersyn

Vedligeholdelse af fjernvarmeinstallationen ved regelmæssige eftersyn er særdeles vigtigt både energi- og driftsmæssigt. Der bør foretages følgende:

- Et hovedeftersyn
- Et vedligeholdelsestjek typisk hvert andet år

Hovedeftersyn

Ved hovedeftersynet tjekkes både fjernvarmeinstallationen, boligerne og beboernes forbrugsvaner.

Alle fjernvarmeinstallationer i ejendommen efterses, testes og justeres. Lige fra hovedinstallationens forskellige dele til radiatortermostaterne.

Der foretages en gennemgang af boligerne for at vurdere energiforbruget. Fx tjekkes isolering, vinduer og radiatorstørrelser.

Endelig får beboerne en grundig vejledning i, hvordan gode vaner kan holde på varmen - og holde varmetaforbruget nede.

Vedligeholdelsestjek

Hvert andet år bør der foretages et vedligeholdelsestjek af fjernvarmeanlægget, hvor alt bliver justeret, så det virker, som det skal.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--|---|----------------|----------------|
| Varmeanlægget | Er varmeanlægget egnet til, at der kan opnås god afkøling? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 1 |
| Gennemstrømningsveksler | Kan der opsættes gennemstrømningsveksler? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |
| Gennemføring røggasrør | Skal gennemføringen fra kedlens røggasrør til skorstenen afblændes? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Vejrkompenisering | Er der installeret vejrkompenisering? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 4 |
| Olietanken | Skal olietanken fjernes/afblændes? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 5 |
| Rørisolering | Er rørisolering inkluderet i tilbuddet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 6 |
| Eltilslutning af kedel, pumpe og automatik | Udfører dit firma selv el-tilslutning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 7 |
| Rørføring gennem fundament mv. | Er der specielle forhold omkring rørføringen gennem fundament, kælder mv., der skal tages hensyn til? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 8 |

1. Varmeanlægget

Opsæt større radiatorer, hvor det er nødvendigt.

2. Gennemstrømningsvarmeveksler

Undersøg med det lokale varmeværk, om der kan opsættes gennemstrømningsveksler. Alternativet er en varmtvandsbeholder. En evt. varmtvandsbeholder skal have stor overflade på spiralen og være en såkaldt fjernvarmemodel.

3. Gennemføring af røggasrør

Få evt. en murer til at mure hullet til efter røggasrørets gennemføring i skorstenen.

4. Vejrkompenisering

Ved renovering og installation af varmeanlæg med enstrengede radiatoranlæg i eksisterende bygninger, skal der ifølge DS 469, Varme- og køleanlæg i bygninger, installeres vejrkompenisering.

I det hele taget er vejrkompenisering en god ide, også på eksisterende anlæg. Herved opnås god afkøling, hvilket sikrer, at der tilføres den korrekte fremløbstemperatur til varmeanlægget. Vejrkompenisering kan også give en varmebesparelse. Hvor stor varmebesparelsen bliver, afhænger af varmeanlæg og bygning.

5. Olietanken

Olietanken kan tit være vanskelig at få ud. Husk, at der gælder særlige regler for kørsel og bortskaffelse af olie, hvis der er olie i tanken. Lad evt. et specialiseret firma stå for bortskaffelsen af olietanken eller afblændingen af denne. Husk, at den samtidigt skal afmeldes på kommunen.

6. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter vedrørende vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

7. Tilslutning

Vvs-montører må gerne tilslutte styring og pumper m.m. til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye el-tavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af en autoriseret elinstallatør.

8. Rørføring gennem fundament

Rørføring gennem fundament mv. skal sikres, så der ikke kan trænge vand ind. Afklar med husejeren, om der er specifikke områder omkring husets fundament, som ofte står under vand i forbindelse med kraftige regnskyl. Det kan betyde, at der skal træffes ekstra foranstaltninger for at hindre vandindtrængning.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning, inden varmecentralen tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Yderligere information

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Danske Standarder:
 DS 439 Vandinstallationer
 DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
 DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Delkonvertering til luft-vand-varmepumpe

Denne energiløsning om delvis konvertering til luft-vandvarmepumpe kan bruges til større bygninger, bl.a. etageejendomme og kontorbygninger.

Det anbefales at konvertere dele af varmecentralens varmekilde til luft-vandvarmepumper, hvis der er:

- En nyere fungerende kedler med en rimelig restlevetid
- Et varmeafgiversystem, der forudsætter høj fremløbstemperatur

I andre tilfælde bør overvejes en fuld konvertering til varmepumper

Fordele

Luft-vandvarmepumper er en meget energieffektiv teknologi.

- Reducerede udgifter til naturgas, men nye udgifter til el. Samlet set dog lavere årlige energiforbrug og energiudgifter, når der anvendes en effektiv luft-vandvarmepumpe med en høj dækningsgrad.
- Der kan være mulighed for at få reduceret elafgift, hvis bygningen anvendes til beboelse, hvilket giver yderligere driftsbesparelser.
- Lavere CO₂-udledning.



| Kedel | Brutto Brændselsforbrug [kWh/år] | Besparelse [kWh/år] |
|------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Nyere, god | 600.000 | 284.300 |
| | 1.500.000 | 710.700 |
| | 3.000.000 | 1.421.400 |
| Kondenserende gaskedel | 600.000 | 270.600 |
| | 1.500.000 | 676.400 |
| | 3.000.000 | 1.352.900 |

Anbefaling

Anbefaling til dimensionering af luft-vandvarmepumpeanlæg til varmecentral skal fastsættes ud fra nedenstående kriterier:

- Ved delvis konvertering skal der ved dimensionering af varmepumperne tages højde for at den nye samlede varmeinstallation kan leve op til kravene i DS 469.
- Ved delvis konvertering, hvor en eller flere eksisterende gaskedler beholdes i varmecentralen skal varmepumpen dimensioneres til at kunne dække hele varmebehovet over en fastsat udetemperatur, kaldet "bivalenttemperaturen" f.eks. $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Når udetemperaturen falder under bivalenttemperaturen, suppleres der med varme fra gaskedlerne, hvor de enten dækker hele varmebehovet eller blot den del af varmebehovet, som overstiger varmepumpens kapacitet.
- Afkølingen i varmetaftagersystemet skal holdes så lille som muligt, for at kunne opnå en lav fremløbstemperatur. En lille afkøling sikres ved at skabe et stort flow.
- Ved delvis konvertering, hvor man beholder noget af gasinstallationen, kan det være fordelagtigt at have gaskedlerne til at dække varmtvandsbehovet. Det giver en mere enkel installation og mulighed for at vælge en varmepumpe, der ikke behøver at kunne levere den høje fremløbstemperatur, som varmt brugsvand kræver. Alternativt kan man lade gaskedlen levere det sidste temperaturløft til varmt brugsvand, således at varmepumpen kan dække noget af brugsvandsbehovet indenfor dens temperaturområde.
- Der skal undersøges, hvor meget strømkapacitet der er etableret til den elinstallation, hvor varmepumpen tilkøbes. Der er ekstra omkostninger forbundet med at forøge strømkapaciteten.

Krav til eksisterende varmeinstallation

Varmepumper har et angivet arbejdsområde for udetemperatur og fremløbstemperatur specificeret af producenten. Typisk vil luft-vandvarmepumper til boligvarmingsformål maksimalt kunne levere en fremløbstemperatur på ca. $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Der findes dog produkter, der kan levere højere temperaturer.

For at opnå effektiv varmepumpedrift skal varmepumpen levere så lav fremløbstemperatur som muligt til varmetaftageren.

- Der skal benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget, hvilket betyder, at radiatorernes samlede areal skal være stort nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det øges. Alternativt må fremløbstemperaturen hæves, hvilket medfører lavere effektivitet af varmepumpen og lavere årlig dækningsgrad af varmebehovet for varmepumpen.
- For 1-strengs anlæg skal ventilerne vælges med stor Kv-værdi (lille modstand og stor åbning). Vælg altid ventiler beregnet for 1-strengssystemer (følg ventilleverandørens anvisninger)
- Hvis varmepumpen skal levere varmt brugsvand, skal kapaciteten i varmtvandsbeholderens undersøges i forhold til varmepumpens fremløbstemperatur og maksimale temperatur.

Delkonvertering af ældre kedel til luft-vand-varmepumpeanlæg

For nyere kedelanlæg kan det være fornuftigt at konvertere til et moderne luft-vandvarmepumpeanlæg, helt eller delvist. Varmepumpen udnytter energien betydeligt mere effektivt med en årdrifteffektfaktor (SPF) på mellem 2,65 og 3,40 afhængig af luft-vand-varmepumpeinstallation, energiforbrug og temperaturforhold i varmeanlægget.

Årdrifteffekt faktoren SPF (Seasonal Performance Factor) er den samlede årlige effektivitet for en varmepumpe. Altså den samlede årlige varmemængde produceret af varmepumpen divideret med varmepumpens årlige elforbrug.

| Kedel | Karakteristika for forskellige kedeltyper |
|------------------------|--|
| Nyere, god | Ikke-kondenserende kedel fra efter 2000 |
| Kondenserende gaskedel | Alle kondenserende kedler. I 2009 trådte krav om kondenserende gaskedler i kraft i Bygningsreglementet, men også tidligere kondenserende kedler indgår i denne kategori. |

Udførelse

Dimensionering

Ved delkonvertering af varmforsyningen fra naturgas til luft-vand-varmepumpe, skal varmepumpen passe til varme- og varmtvandsbehovet.

Varmepumper vil i nogle tilfælde ikke kunne levere den nødvendige fremløbstemperatur ved -12°C , og det vil derfor være gunstigt at dimensionere varmepumperne til at kunne dække hele rumvarmebehovet ned til en given udetemperatur, kaldet varmesystemets bivalenttemperatur.

Resten af rumvarmebehovet under bivalenttemperatur og varmtvandsbehovet vil typisk være dækket af gaskedlerne.

Den valgte bivalenttemperatur vil afgøre, hvor stor en del af det årlige rumvarmebehov, som varmepumpen dækker, og hvad årsdriftseffekt faktoren for varmepumperne bliver.

Typisk vil valget af bivalenttemperatur være begrænset af hvor høj fremløbstemperatur varmepumperne kan levere og vil være en afvejning mellem:

- Årsdriftseffekt faktor
- Dækningsgrad af årligt rumvarmebehov
- Besparelse vs. investeringsomkostning pr. ekstra varmepumpe
- Bygningens strømkapacitet og omkostningerne for yderligere kapacitet

Derfor er dimensionering af varmepumpe anlæg og valg af bivalenttemperatur en gentagende beregningsproces, hvor man prøver sig frem med at fastlægge bivalenttemperatur, og hvor punkterne ovenfor vil afgøre, hvilken størrelse varmepumpe anlæg der bør vælges.

I dette bilag til denne energiløsning om delkonvertering til varmepumpe ses et regneeksempel på dimensionering af varmepumpe anlæg ved delvis konvertering af varmforsyning.

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Forudsætninger</p> | <p>I en etageejendom på 4.300 m² med et forbrug på 52.135 m³ gas pr. år suppleres en nyere god kedel med en luft-vand-varmepumpe. Den nyere gode kedel dækker fortsat det varme brugsvandsforbrug.</p> <p>Den samlede årsnyttevirkning i det eksisterende kedelanlæg er 92 %, svarende til at husets faktiske totale varmebehov er 527.600 kWh. Heraf udgør det varme brugsvand 30%. Der forudsættes samme virkningsgrad ved rumvarme og varmt brugsvand.</p> <p>Rumvarmebehov og fremløbstemperatur er hhv. 240 kW og 75°C ved dimensionerende udetemperatur på -12°C.</p> <p>Den supplerende varmepumpe dækker rumvarmebehovet ned til en udetemperatur på -2°C, det såkaldte bivalentpunkt. Resten dækkes af den eksisterende kedel. Dækningsgraden af varmepumpen er beregnet til 95 % af rumvarmebehovet.</p> <p>Årsdriftseffekt faktoren for varmepumpen er beregnet til 3,2.</p> <p>I eksemplet er der beregnet udgifter til el med reduceret elafgift. Reduktion af elafgift kan opnås ,når bygningen er registreret som el-opvarmet i BBR, og der er separat aftagemåler til fælles-el.</p> <p>Gaspris: 13,80 kr./m³ Elpris ved fuld elafgift: 2,70 kr./kWh Elpris ved reduceret elafgift for elforbrug over 4.000 kWh/år: 1,60 kr./kWh</p> | | |
| <p>Årlig energibesparelse i kWh</p> | <p>Gasforbrug omregnet til kWh</p> <p>Husets rumvarmebehov</p> <p>Husets brugsvandsbehov</p> <p>Elforbrug supplerende varmepumpe</p> <p>Gasforbrug resterende</p> <p>Gasforbrug besparelse</p> | <p>$52.135 \text{ m}^3 \times 11 \text{ kWh/m}^3 =$</p> <p>$0,92 \times 0,7 \times 573.485 \text{ kWh} =$</p> <p>$0,92 \times 0,3 \times 573.485 \text{ kWh} =$</p> <p>$0,95 \times 369.320 \text{ kWh}/3,2 =$</p> <p>$(0,05 \times 369.320 + 158.280) \text{ kWh}/0,92 =$</p> <p>$573.485 \text{ kWh} - 192.115 \text{ kWh} =$</p> | <p>573.485 kWh</p> <p>369.320 kWh</p> <p>158.280 kWh</p> <p>109.642 kWh</p> <p>192.115 kWh</p> <p>381.370 kWh</p> |

Eksempel på energibesparelse (fortsat)

| | | | |
|--|--|--|-------------|
| Årlig økonomisk besparelse kr. | Omkostninger gas, gammel kedel | $52.135 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$ | 719.463 kr. |
| | Omkostninger el, supplerende varmepumpe | $4.000 \text{ kWh} \times 2,70 \text{ kr./kWh} + (109.642 - 4.000) \text{ kWh} \times 1,60 \text{ kr./kWh} = 192.115 \text{ kWh}/11 \text{ kWh/m}^3 =$ | 179.827 kr. |
| | Omkostninger resterende gasforbrug | $17.465 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$ | 241.017 kr. |
| | Besparelse | $719.463 \text{ kr.} - 179.827 \text{ kr.} - 241.017 \text{ kr.} =$ | 298.619 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse i kg | CO ₂ udledning (gas gammel kedel) | $573.485 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ | 117.564 kg |
| | CO ₂ udledning (varmepumpe og resterende gas) | $109.642 \text{ kWh} \times 0,211 \text{ kg/kWh} =$ | 62.518 kg |
| | Besparelse i kg | $192.115 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ | 55.046 kg |
| | Besparelse i tons | $117.564 \text{ kg} - 62.518 \text{ kg} =$ | 55,0 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Montage

For den eksisterende gaskedelinstallation

Den del af gaskedelinstallationen der i samspil med varmepumpen kan dække det dimensionerende varmebehov og varmtvandsbeholderen bevares.

For den nye varmepumpeinstallation

Indedel: Varmepumpens indedel placeres i umiddelbar nærhed af gaskedlen. Indedelen forbindes ligeledes til varmeanlægget et hybridmodul. Varmepumper kan have forskelle opbygninger, hvor hele kølekredsen er samlet i samme installation udenfor bygningen (kaldet "Monoblok-anlæg") og varmerørene er koblet til varmepumpen udenfor bygningen. Den anden mulighed er en installation med kølerørene trukket ind i fyrrummet (kaldet "Split-anlæg"), hvor varmen afgives til varmeanlægget eller en varm buffertank.

Udedel: I forhold til installation skal man være særligt opmærksom på, at varmepumpens udedel ikke må placeres, hvor den giver støjgener (støjkravet er maksimalt 35 dB(A) i naboskel).

Udedelen placeres så tæt på indedelen som muligt, dvs. med kortest mulig afstand til den ydervæg, som indedelen står op ad. Udedelen kan have en svag hvislen, der kan virke generende på nogle mennesker. Derfor bør den ikke monteres for tæt på en terrasse eller vinduer i opholdsrum.

Udedelen skal placeres på et fast underlag i de afstande til ydervæg/tagudhæng, som producenten har foreskrevet. Evt. støbes et betondæk med isolering under. Husk at sikre, at udedelen er hævet over terræn, så sne og blade ikke forhindrer optimal drift. Kontrollér, at udedelen dræner tilfredsstillende for tøvand fra afrimning, da varmeveksleren ellers med tiden bliver blokeret af is, når udetemperaturen falder.

Der skal etableres afløb fra udedelen.

Rør til og fra varmepumpens udedel skal føres igennem klimaskærmen uden utilsigtede kuldebroer, og der skal være plads til varmepumpens indedel i opstillingsrummet.

Der bores huller i ydervæggen for at føre rør fra udedel til indedel. To rør med enten kølemiddel eller vand opvarmet af varmepumpen/returvand fra varmeafgivere forbindes mellem udedel og indedel. Hullerne tætnes, og rørene isoleres. Hvis der skal cirkulere kølemiddel mellem indedel og udedel, fyldes dette på rørene.

Strøm til varmepumpen: Varmepumpen skal forsynes med bimåler, hvis elforbruget overstiger 3.000 kWh/år. Det skal sikres, at der er etableret tilstrækkelig strømkapacitet til varmepumpen i bygningens elinstallation.

Installationsvejledningen for den aktuelle varmepumpe skal altid følges.

Eftersyn

Vær opmærksom på, at kombinerede anlæg er teknisk mere komplekse end traditionelle opvarmningssystemer. Der er både tale om en varmepumpe og en gaskedel, hvor begge dele skal serviceres af fagpersoner.

For varmepumpedelens vedkommende skal serviceteknikeren have et kategori I- eller II-certifikat for arbejde, der indbefatter servicering af varmepumpedelens kølekreds.

Hvis varmepumpen indeholder mere end 1 kg kølemiddel, skal den efterses mindst én gang årligt af en montør, som har den fornødne uddannelse. Er der mere end 2,5 kg kølemiddel i varmepumpen, skal det årlige eftersyn udføres af en certificeret montør fra et køle

Hele gashybridvarmepumpe-installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer. Bemærk endvidere, at der skal være plads til betjening, rensning og besigtigelse af anlægget, jf. AT-Vejledning B-4-8. Gas- og vandinstallationen skal udføres af en autoriseret vvs-installatør.

firma (jf. AT-bekendtgørelse nr. 100 om anvendelse af trykbærende udstyr). Kun personer med det fornødne autorisationscertifikat må foretage indgreb i kølemiddelsystemet.

Serviceteknikeren han skal have A-certifikat for at servicere gaskeddelen. For kondenserende gaskedler med balanceret aftræk eller splitaftræk anbefales normalt et 2-årigt serviceinterval.

Behovet for vedligeholdelse varierer dog fra installation til installation. Det er oftest gaskedlen og dens placering, der er udslagsgivende for, hvilke serviceintervaller der skal vælges.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------|--|----------------|----------------|
| Varmeanlæg | Er huset omfattet af en lokalplan, som har tilslutningsspligt til kollektiv varmeforsyning? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 1 |
| Støjkrav til udedel | Er der tegn på, at husets klimaskærm kan isoleres og tætnes yderligere, eller isolering af varmerør kan forbedres markant? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 2 |
| Rørisolering | Udfører dit firma selv rørisoleringen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Elektrisk tilslutning | Kan varmepumpen inkl. styring og cirkulationspumpe tilsluttes eksisterende installation/afbryder? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 4 |
| Elkapacitet | Er der fremført nok strømkapacitet til varmepumpen i den eksisterende elinstallation? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 5 |
| Indregulering af gasbrænder | Er gasbrænderen indreguleret og tilpasset de nye driftsforhold? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 6 |
| Isolering af gaskedel | Er kedlens overfladetemperatur over 35 °C? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 7 |

1. Varmeanlæg

For at drifte varmepumpen energieffektivt og ved driftssupplement med naturgaskedel skal der benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget. Det betyder, at radiatorernes samlede hedeblade skal være stor nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt kan det dimensionerende varmetab reduceres ved at foretage energibesparende foranstaltninger som fx efterisolering af ydervægge og lofter samt udskiftning af vinduer.

Hvis hedeblade er store nok til at dække varmebehov med lav fremløbstemperatur ved lave udetemperaturer, bør man overveje at lave en fuld konvertering til varmepumpe.

2. Støjforhold

Luft-vandvarmepumper er ret støjsvage, men man bør alligevel ikke sætte varmepumpens udedel lige uden for soveværelsevinduet eller tæt på naboens skel. Hvis naboen klager til kommunen over larm fra varmepumpen, vil de fleste kommuner henholde sig til paragraf 42 i Miljøbeskyttelsesloven, hvor støjgrænsen i boligområder er fastsat til 35 dB(A) ved skellet. Hvis denne grænse overskrides, vil man kunne blive påbudt at flytte varmepumpens udedel.

3. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter vedrørende vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

4. El-tilslutning af kedel, cirkulationspumpe og automatik
Vvs-installatører må gerne tilslutte kedel og pumper mm. til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye eltavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af en autoriseret el-installatør.

Varmepumpens elinstallation må kun udføres af en autoriseret installatør. Allerede i forbindelse med planlægningen og dimensioneringen af varmepumpen er det vigtigt at tage højde for anlæggets samlede mærkeeffekt, da det kan blive nødvendigt at supplere den eksisterende elinstallation med endnu en gruppe til varmepumpen. Elforbruget i varmepumper, der årligt bruger over 3.000 kWh, skal måles, jf. Bygningsreglementet.

5. Elkapacitet

Ved dimensionering af varmepumpeinstallationen skal der undersøges, hvor meget elkapacitet der er til rådighed til varmepumpeinstallationen i ejendommens eksisterende elinstallation.

Der skal beregnes et Ampere-behov for varmepumpeinstallationen, og hvis der mangler kapacitet i ejendommens elinstallation, skal der fremføres mere kapacitet ved at få opgraderet eltilslutning til ejendommen. Det lokale elforsyningselskab skal kontaktes for at få opgraderet eltilslutningen til ejendommen.

Der er væsentlige ekstraomkostninger forbundet med at forøge elkapaciteten, så det bør overvejes, hvor stor en varmepumpeinstallation der er behov for, da der ligger et økonomisk optimum mellem de samlede investeringsomkostninger og den samlede besparelse.

6. Indregulering af brænder

Ved installation af centralvarmekedler med gasblæseluftbrænder skal brænderen indreguleres. Med hensyn til indregulering af gasblæseluftbrændere henvises til gasreglementet.

7. Isolering af kedel

Store gasfyrede centralvarmekedler skal varmeisoleres. Overfladetemperaturen på kedlernes udvendige flader bortset fra luger og lignende bør ikke overstige 35°C ved en rumtemperatur på 20°C.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

- Varmepumpen skal opfylde Ecodesign komponentkravene med hensyn til energieffektivitet:
- Gulvvarmeanlæg: Årsvirkningsgraden ved rumopvarmning (SCOP) må ikke være under 3,20.
- Radiatoranlæg: Årsvirkningsgraden ved rumopvarmning (SCOP) må ikke være under 2,83.
- Hvis varmepumpens el-forbrug overstiger 3.000 kWh/år, skal det måles.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning, inden luft-vandvarmepumperne tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Krav til funktionsafprøvning

Der skal udføres en funktionsafprøvning af varmepumpeanlæg før ibrugtagning. Varmepumper er indeholdt og defineret i DS 469. Funktionsafprøvningen skal påvise om varmepumpeanlægget overholder bygningsreglementets krav til:

- Indregulering af vand- eller luftstrømme
- Styring

Relevante standarder for funktionsafprøvning af luft-vand-varmepumpeanlæg omfatter:

- DS 469

For vejledninger til udførelse af funktionsafprøvning henvises til Videncentrets vejledning om funktionsafprøvning af gashybridvarmeanlæg.

For regler vedrørende funktionsafprøvning henvises til Bygningsreglementets tekniske bestemmelser.

Yderligere information

Energistyrelsens produktliste luft-luftvarmepumper
[www.spareenergi.dk/forbruger/vaerktoejer/
varmepumpelisten](http://www.spareenergi.dk/forbruger/vaerktoejer/varmepumpelisten)

Energistyrelsens støjberegner
[www.ens.dk/ansvarsomraader/varme/stoejberegner-
varmepumper](http://www.ens.dk/ansvarsomraader/varme/stoejberegner-varmepumper)

VarmePumpeOrdningen (VPO)
www.vp-ordning.dk

Varmepumpeguiden (online guide)
www.ByggeriOgEnergi.dk

Kontakt Videncenter for Energibesparelser
i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
hvis du har spørgsmål.
Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. Videncenter for Energibesparelser i Bygninger forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Renovering af fjernvarme- forsynet varmecentral

Det anbefales at renovere en fjernvarmeforsynet varmecentral, hvis der er:

- Et højt varmeforbrug
- Dårlig afkøling
- Hyppige driftsproblemer, som fx manglende centralvarme i dele af anlægget eller manglende varmt brugsvand
- Hyppige reparationer og/eller udskiftninger af komponenter kedelcentral eller i centralvarmeanlægget, typisk på grund af tæring
- Foretaget energibesparende foranstaltninger på klimaskærm, så forbruget til rumopvarmning er reduceret

Fordele

- Udskiftning af en ældre veksler til en ny vil minere vedligeholdelsesudgifterne samt forbedre afkølingen.
- Ved direkte fjernvarme opnås en god energieffektivitet i form af lavere elforbrug til cirkulationspumpning af varmt vand samt mulighed for en bedre afkøling.

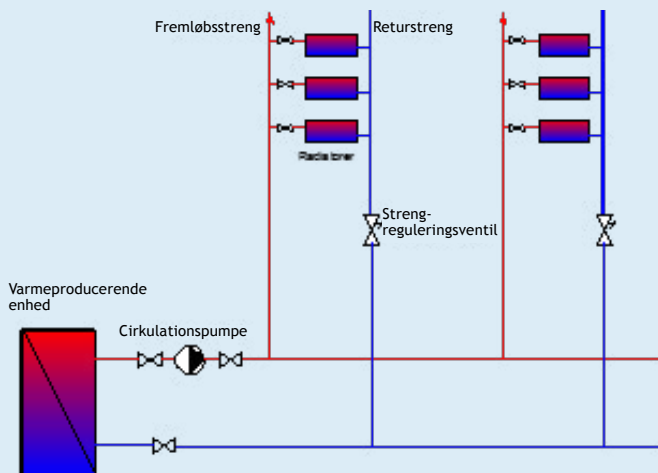
- Ved udskiftning af en varmtvandsbeholder til en gennemstrømningsvandvarmer opnås en varmebesparelse og mulighed for en bedre afkøling.

Anbefaling

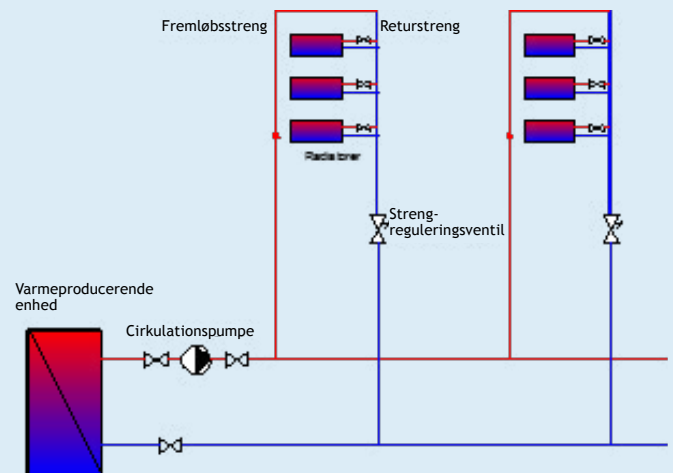
- Det bør overvejes at ændre et indirekte anlæg til et direkte. Det kræver dog, at fjernvarmeværket tillader det, og at varmeanlægget (radiatorer, ventiler m.m.) kan klare det høje tryk fra fjernvarmenettet.
- Ligeledes bør varmtvandsbeholderen udskiftes med en gennemstrømningsvandvarmer, hvis der er hyppige driftsproblemer og reparationer. Det kræver også, at fjernvarmeværket tillader det.
- Fjernvarmeanlægget bør monteres med trykdifferensregulatorer for at sikre, at reguleringsventilerne har stabile driftsbetingelser.

Fjernvarmeværkets tilslutningsbestemmelser skal altid følges. Ud over bestemmelser om, hvorvidt værket tillader indirekte anlæg og gennemstrømvandvarmer, er der normalt også krav til dimensionerende temperatursæt for vandvarmer og varmeanlæg.





To-strengsanlæg



En-strengsanlæg

Krav til eksisterende varmeinstallation

Varmeværket leverer varme til forbrugerne med fremløbstemperaturer på ca. 60-85 °C afhængig af årstiden, udetemperaturen og fjernvarmeforsyningen.

For at opnå en effektiv fjernvarmeforsyning ønsker varmemærket en så lav temperatur som mulig retur fra forbrugernes varmeanlæg. Typisk en returtemperatur mellem 30 °C og 40 °C.

Forskellen mellem fremløbs- og returtemperatur hos forbrugeren kaldes afkølingen, og den skal være så stor som mulig. Mange fjernvarmeverker stiller krav til dette. Er kravet opfyldt, er der tale om "god afkøling".

For at opnå god afkøling skal følgende kunne opfyldes:

2-strengsanlæg

- Radiatorventiltypen bør have mulighed for forindstilling. Alternativt bør der monteres mængdebe-grænsende ventiler i returstrengen, så mængden på den enkelte radiator kan indreguleres.
- Radiatorventilerne i det enkelte rum bør indstilles på samme niveau, så alle radiatorerne bidrager til afkølingen.

1-strengsanlæg

- Er varmeanlægget opbygget som en-strengt anlæg, er det sværere at opnå god afkøling, men ikke umuligt. Der skal opsættes en blandesøjfe med vejrkompenseringsenhed.
- Hvis der er en vejrkompenseret styring på installationen, skal den indstilles korrekt.

- For en-strengs anlæg skal ventilerne vælges med stor Kv-værdi, det vil sige lille modstand og stor åbning. Vælg altid ventiler beregnet til en-strengs-systemer. Følg ventilleverandørens anvisninger.
- Radiatorventilerne i det enkelte rum bør indstilles på samme niveau, så alle radiatorerne bidrager til afkølingen.

Gennemstrømningsvandvarmer

- Ikke alle fjernvarmeleverandørers ledningsnet er dimensioneret med henblik på anvendelse af gennemstrømningsvandvarmere.
- Gennemstrømningsvandvarmerens ydelse er afhængig af fjernvarmens tryk og temperatur og bør ikke installeres, før disse ting er undersøgt og kontrolleret. Dette kan ske ved henvendelse til fjernvarmeleverandøren.

Andet

- Det er vigtigt at sikre, at ejendommens varmeanlæg trykmæssigt vil kunne klare tilslutningen. En direkte tilslutning til fjernvarmenettet kræver, at varmeanlægget skal trykprøves til mindst 1,5 gange det højest forekommende tryk i fjernvarmeforsyningens ledninger. Dette skal ske i overensstemmelse med Arbejdstilsynets til enhver tid gældende forskrifter herom. Hvis varmeanlægget ikke kan klare trykket, må tilslutningen fortsat ske via varmeveksler.
- Vandkvaliteten på fjernvarmevandet kan være afgørende for tilslutningsmåden. Nærmere oplysninger kan fås hos fjernvarmeleverandøren.

Udskiftning af ældre vekslere til ny - eller ændring fra indirekte til direkte anlæg

Når en ældre vekslere har hyppige driftsproblemer og reparationer på grund af tæring, er det ofte fornuftigt at erstatte den med nye vekslere eller helt at ændre fjernvarmeanlægget fra et indirekte til et direkte anlæg. I en ældre vekslere vil afkølingen ofte være for lav på grund af tilsmudsning og tilkalkning.

En ændring fra indirekte til direkte anlæg vil forbedre afkølingen med skønsmæssigt 5 °C.

Forskellen mellem indirekte og direkte anlæg beskrives på de følgende sider.

Udførelse

Dimensionering

Centralvarme

Centralvarmeanlæg skal dimensioneres efter DS 469 "Norm for varme- og køleanlæg i bygninger". Centralvarmeanlæg dimensioneres for en fremløbstemperatur på højst 60 °C og en returløbstemperatur på højst 40 °C ved den dimensionerende udetemperatur. Disse dimensionerende temperaturer gælder ved ændring af varmeforsyning, renovering og installation af varmeanlæg i eksisterende bygninger. Det kan være hensigtsmæssigt at efterisolere bygningen eller installere større eller ekstra radiatorer for at kunne dække varmebehovet ved de angivne fremløbs- og returløbstemperaturer.

Fjernvarmeforsyningen kan have regler, der kræver en lavere returløbstemperatur eller større afkøling af fjernvarmevandet, som anlægget så må dimensioneres til.

Indirekte anlæg

Indirekte anlæg er egnet til alle centralvarmeanlæg. Her adskilles fjernvarmevandet fysisk fra centralvarmeanlægget ved hjælp af en varmeveksler. Indirekte fjernvarme er at foretrække i gamle ejendomme

med ældre radiatorer og rør, da fjernvarmenettets højere tryk kan forårsage sprængning af radiatorer med skader på ejendom og inventar til følge.

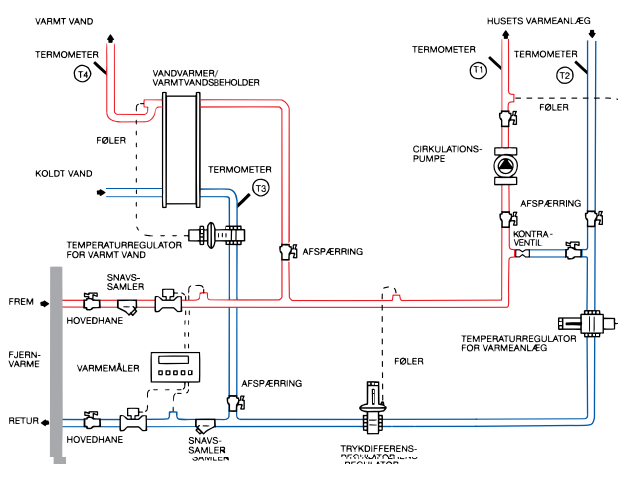
Ved indirekte anlæg med varmeveksler opnås dog i praksis en 3-5 °C dårligere afkøling end ved direkte anlæg på grund af vekslingen.

En-strengede radiatoranlæg skal tilpasses store vandstrømme i varmeanlægget, og derfor skal veksleren have et lavere tryktab end ved to-strengede anlæg. Spørg leverandøren, om veksleren i anlægget er egnet til en-strengede anlæg.

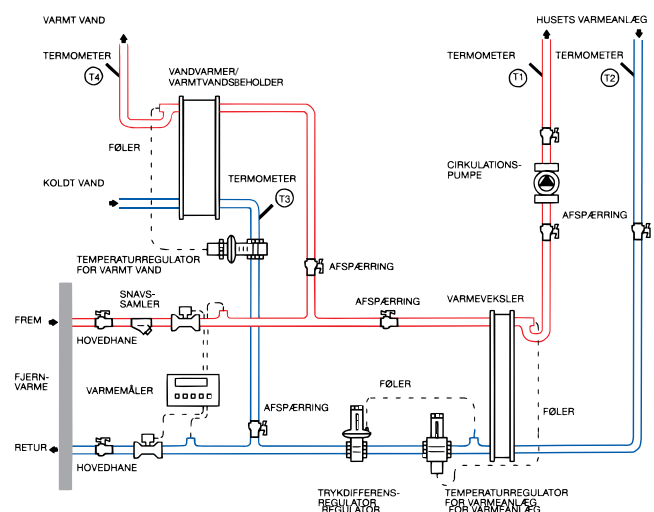
Direkte anlæg med opblanding - blandesløjfe

Direkte anlæg med opblanding er egnet til alle anlæg og giver god mulighed for central regulering via et udetemperaturkompenseringsanlæg med motorstyring. Det er vigtigt, at reguleringsventilerne er dimensioneret korrekt i forhold til belastning og differenstryk, fordi der ellers kan opstå problemer med pendling og dårlig regulering.

Ved direkte anlæg med blandesløjfe kan man opnå en bedre årsafkøling end for indirekte anlæg, svarende til ca. 5 °C.



Direkte anlæg med blandesløjfe



Indirekte anlæg

Varmt brugsvand

Anlæg til produktion af varmt brugsvand dimensioneres efter DS 439, Norm for vandinstallationer.

Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal under hensyntagen til varmtvandsstedernes antal og brug kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet. Se kapitel 2 i DS 439.

Anlæg til produktion af varmt vand skal dimensioneres til en maksimal fremløbstemperatur på 60 °C og en maksimal returtemperatur på 30 °C. Ved disse temperaturer skal vandet kunne varmes op fra 10 °C til 55 °C.

De væsentligste data for et anlæg til varmtvandsproduktion er for det første antallet af "normallejligheder", for det andet den effekt, som varmefladen kan tilføre vandet, og for det tredje beholderens volumen. I den forbindelse anvendes:

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning

Der benyttes følgende formel til at finde antallet af normallejligheder:

$$N = \frac{\sum (n \cdot p \cdot v \cdot E)}{3,5 \cdot 4,36}$$

hvor

N er antallet af "normallejligheder"

n er antallet af lejligheder

p er antallet af beboere pr. lejlighed

v er varmtvandsenheder i lejligheden. Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse

E er det beregningsmæssige energibehov pr. varmtvandsenhed. Sættes til 4,36 kWh i boliger med ét badeværelse. Se endvidere DS 439.

En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 person. Se endvidere DS 439

Man kan anvende en opbygning med varmtvandsbeholder eller gennemstrømningsveksler.

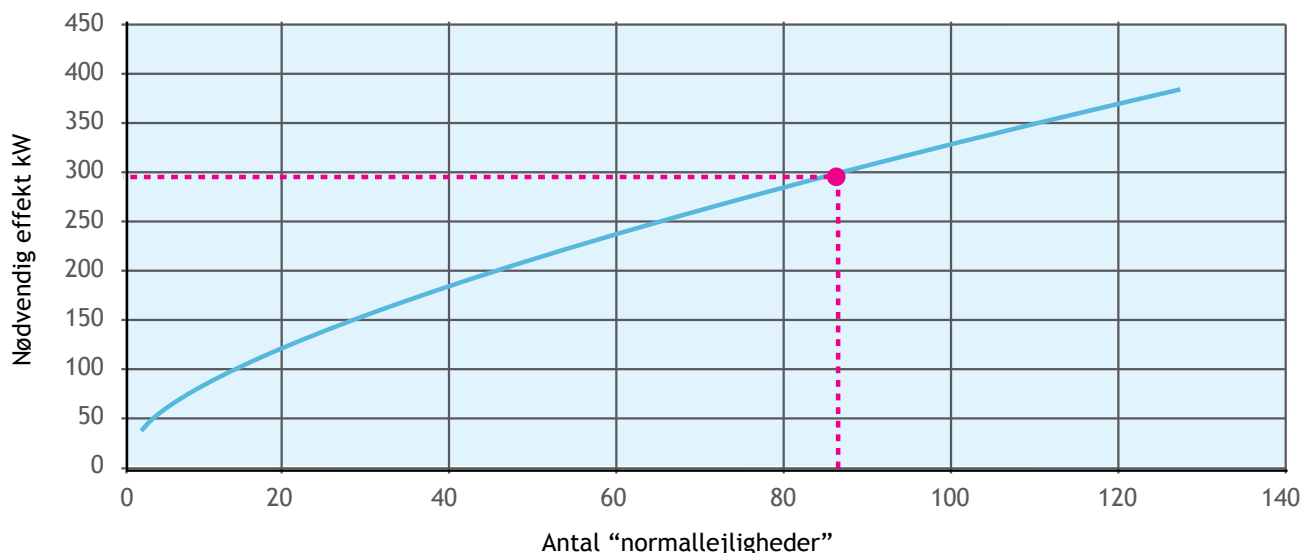
Varmtvandsbeholder

Med hensyn til dimensionering af varmtvandsbeholdere henvises til Videncentrets energiløsning "Udskiftning af varmtvandsbeholder".

Gennemstrømningsvandvarmer

Nedenstående figur kan anvendes direkte til dimensionering af gennemstrømningsvandvarmere.

Figuren viser den dimensionerende effekt til varmt brugsvand (maksimal 1-minutværdi, opvarmning 45-10 = 35 °C) som funktion af antallet af normallejligheder.



Eksempel

I en ejendom er der 100 lejligheder med gennemsnitligt tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normalejligheder N beregnes til:

$$N = \frac{\Sigma (100 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4,36)}{3,5 \cdot 4,36} = 86$$

Der vælges en gennemstrømningsvandvarmer med en effekt på ca. 300 kW.

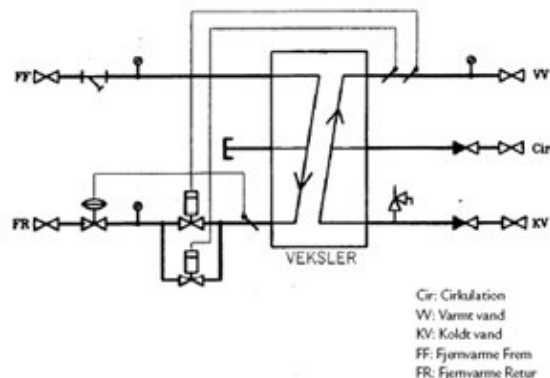
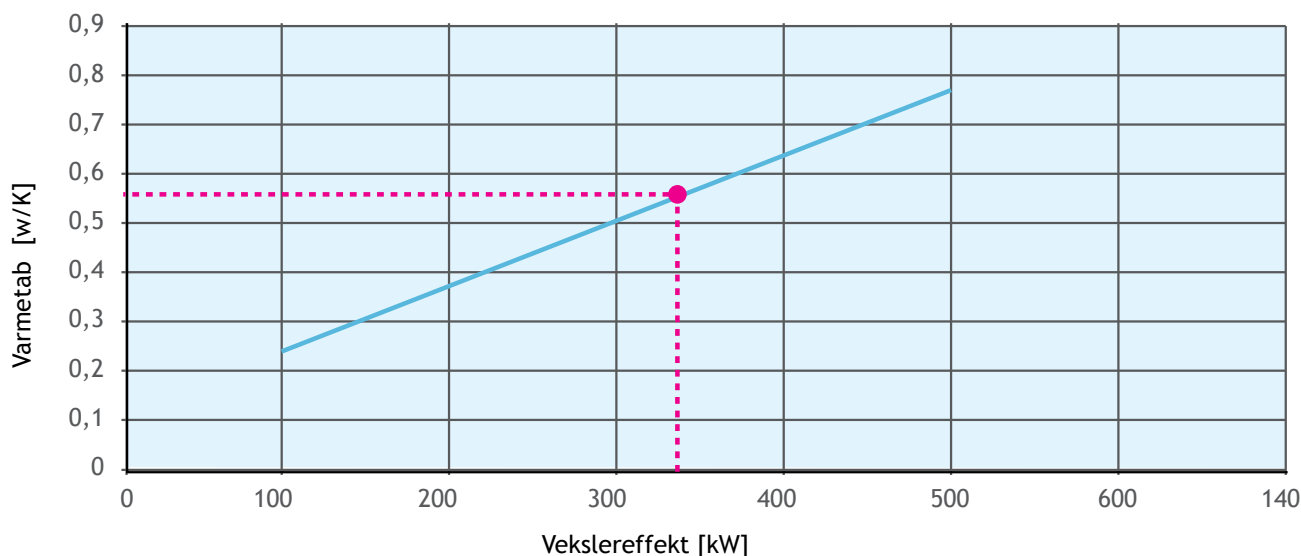
Varmespiralens effekt inkl. 15 % stentillæg kan derfor beregnes til ca. 345 kW.

Vælges der en løsning med gennemstrømningsvandvarmer anbefales normalt, at der anvendes en 5-benet veksler på anlæg, hvor der er etableret cirkulation på det varme brugsvand, jævnfør figuren herunder.

Hvis der anvendes 4-benet veksler, anbefales det, at anlægget sikres med en termostatstyring på "returen" fra cirkulationen til veksleren, idet det ellers kan være vanskeligt at opnå tilstrækkelig afkøling og deraf følgende økonomisk drift.

Varmetab fra gennemstrømningsvandvarmer

I nedenstående figur ses varmetab i W/K fra gennemstrømningsvandvarmere som funktion af vekslereffekten i kW. Figuren kan anvendes til at beregne besparelsen ved udskiftning af en varmtvandsbeholder.



Eksempel

I en ejendom er der 100 lejligheder med gennemsnitligt tre personer pr. lejlighed. Antallet af normallejligheder kan beregnes til 86 (se foregående eksempel). I ejendommen er der installeret en 2.000 liters beholder med en varmespiral på 175 kW. Beholderen er isoleret med 75 mm. Beholderen udskiftes med en gennemstrømningsvandvarmer med en effekt på 345 kW (se foregående eksempel). Besparelsen kan herefter beregnes til:

Besparelse =

$$((7,3 \text{ W/K} - 0,55 \text{ W/K}) \cdot (55 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 8.760 \text{ h/år})/1000 = 2.400 \text{ kWh/år}$$

Varmetabet fra beholderen er fundet i nedenstående tabel. I tabellen ses varmetab i W/K fra varmtvandsbeholdere som funktion af beholderstørrelsen og isoleringstykkelsen.

| Beholderstørrelse | Varmetab [W/K] | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| | 50 mm isolering | 75 mm isolering |
| 500 liter | 4,0 | 3,3 |
| 1.000 liter | 6,1 | 4,9 |
| 2.000 liter | 9,2 | 7,3 |

Montage

Den eksisterende veksler kobles fra varmeanlægget (sekundærsiden) og fjernvarmeforsyningen (primærsiden), hvorefter den demonteres.

Varmtvandsbeholderen kobles fra fjernvarmeforsyningen, hvis denne skal udskiftes til enten en ny beholder eller en gennemstrømningsvandvarmer.

Varmeanlægget påbygges en blandesøjfe, det vil sige en rørforbindelse mellem fremløbs- og returledningen. Der indbygges en kontraventil i rørforbindelsen. På varmeanlæggets returledning monteres en reguleringsventil, der styres af vejrkompenseringsanlægget. Varmeanlægget tilsluttes afslutningsvis til fjernvarmeforsyningen. Der monteres afspærringsventiler mellem de to anlægsdele.

Rør til varmt brugsvand tilsluttes enten gennemstrømningsvandvarmer eller varmvandsbeholder.

Det lokale fjernvarmeverks bestemmelser for montage skal altid følges. Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Fjernvarmeanlæggets bruger skal modtage den fyldestgørende driftsvejledning, som skal følge med

anlægget fra installatøren. Vejledningen skal være i overensstemmelse med leverandørens forskrifter for komponenternes drift og vedligehold.

Indregulering

Varmtvandstemperatur

Indstillingen af varmtvandstemperaturen skal være mellem 50 og 55 °C. Såfremt temperaturen kommer over 60 °C, vil der ske en kraftig udfældning af kalk, både i systemet og på varmtvandsbeholderen eller gennemstrømningsvandvarmerens varmeveksler. Øget kalklag på overfladerne giver en dårlig afkøling. På gennemstrømningsvekslere er der ikke umiddelbart risiko for bakterievækst på grund af det lille vandindhold, så varmtvandstemperaturen kan typisk stilles til 50 °C afhængig af driftsforholdene.

Radiatorventiler med forindstilling

Indstillingen af radiatorventilerne kan sædvanligvis foretages efter rummets varmebehov. Vær dog opmærksom på, at ventiler i rum med for små radiatorer bør indstilles efter radiatorydelsen.

Der kan enten anvendes termostater med integreret forindstilling eller mængdebegrænsende ventiler i radiatorens returstrøg.

Brugeren bør instrueres i, at alle radiatorer så vidt muligt skal være i drift, og at radiatorer i samme rum skal indstilles til den samme temperatur.

Eftersyn

Vedligeholdelse af fjernvarmeinstallationen ved regelmæssige eftersyn er særdeles vigtigt både energi- og driftsmæssigt. Der bør foretages følgende:

- Et hovedeftersyn
- Et vedligeholdelsestjek typisk hvert andet år

Hovedeftersyn

Ved hovedeftersynet tjekkes både fjernvarmeinstallationen, boligerne og beboernes forbrugsvaner.

Alle fjernvarmeinstallationer i ejendommen efterses, testes og justeres. Lige fra hovedinstallationens forskellige dele til radiatortermostaterne.

Der foretages en gennemgang af boligerne for at vurdere energiforbruget. Fx tjekkes isolering, vinduer og radiatorstørrelser.

Endelig får beboerne en grundig vejledning i, hvordan gode vaner kan holde på varmen - og samtidig holde varmeforbruget nede.

Vedligeholdelsestjek

Hvert andet år foretages et vedligeholdelsestjek af fjernvarmeanlægget, hvor alt bliver justeret så det virker, som det skal.



Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-------------------------|--|----------------|----------------|
| Varmeanlægget | Er afkølingen i varmeanlægget tilfredsstillende? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 1 |
| Gennemstrømningsveksler | Er det muligt at ændre fjernvarmeanlægget fra et indirekte til et direkte anlæg? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |
| Gennemføring røggasrør | Kan og må der opsættes gennemstrømningsveksler? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Vejrkompensering | Er der installeret vejrkompensering? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 4 |
| Olietanken | Er der indeholdt rørisolering i tilbuddet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 5 |

1. Afkøling

Hvis afkølingen er for lav, kan det skyldes flere forhold, hvilket bør undersøges nærmere:

- Defekte ventiler eller følere
- Manglende eller forkert indregulering
- Tilsmodset varmeveksler
- Tilkalket varmespiral i varmtvandsbeholder
- Manglende indregulering af brugsvandscirkulation

Defekte ventiler /følere eller manglende indregulering

En defekt ventil eller føler eller manglende indregulering medfører, at der ikke opnås den ønskede temperatur.

Eksempler på defekt fremløbstemperaturføler:

- For lav fremløbstemperatur medfører, at radiatorerne er varme i bunden, og det er svært at holde varmen
- For høj fremløbstemperatur medfører et stort varmetab fra rør, og at fjernvarme-returtemperaturen er forholdsvis høj
- Eksempler på defekt varmtvandsstyring:
- Det varme vand føles skoldende, hvilket medfører et stort energiforbrug og dårlig afkøling samt øget kalkudfældning
- Det varme vand er ikke varmt nok, hvilket medfører en forringet komfort, mindre energiforbrug og god afkøling

Tilsmodset varmeveksler eller tilkalket varmespiral i varmtvandsbeholder

En tilsmodset varmeveksler og tilkalket varmespiral medfører begge en forringet afkøling. Normalt bør temperaturforskellen på primær og sekundær retur ikke være mere end 4 °C. I tilfælde af tilkalket og tilsmodset varmeveksler eller varmtvandsbeholder vil det være svært at opnå de ønskede temperaturer.

Brugsvandscirkulation

Der bør være foretaget en indregulering af brugsvandscirkulationen. En cirkulationsledning, der ikke er reguleret, medfører ofte manglende lagdeling i varmtvandsbeholderen og en dårlig afkøling.

Nedenstående forhold har også indvirkning på afkølingen:

Temperatur og vandmængder på en-strengede anlæg

- Fremløbstemperaturen bør indstilles så lavt som muligt
- Pumpen skal give en forholdsvis stor vandmængde

Temperatur og vandmængder på to-strengede anlæg

- Fremløbstemperaturen stilles så lavt som muligt, dog således at der sker en afkøling igennem radiatorerne
- Radiatorventiler med forindstillinger eller returbe-grænser
- Trykstyret pumpe

2. Anlægsprincip

Undersøg om det er muligt og tilladt at ændre fjernvarmeanlægget fra et indirekte til et direkte anlæg. En ændring fra indirekte til direkte anlæg vil forbedre afkølingen med skønsmæssigt 5 °C.

3. Gennemstrømningsvarmeveksler

Undersøg med det lokale varmeværk, om der kan opsættes gennemstrømningsveksler. Alternativet er en varmtvandsbeholder. En evt. varmtvandsbeholder skal have stor overflade på spiralen og være en såkaldt fjernvarmemodel.

4. Vejrkompensering

Ved renovering og installation af varmeanlæg med en-strengede radiatoranlæg i eksisterende bygninger, skal der ifølge DS 469, Varme- og køleanlæg i bygninger, installeres vejrkompensering. I det hele taget er vejrkompensering en god ide, også på eksisterende anlæg. Herved opnås god afkøling, hvilket sikrer, at der tilføres den korrekte fremløbstemperatur til varmeanlægget. Vejrkompensering kan også give en varmebesparelse. Hvor stor varmebesparelsen bliver, afhænger af varmeanlæg og bygning.

5. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter vedrørende vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning inden varmecentralen tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Yderligere information

**Kontakt Videncenter for Energibesparelser
i Bygninger**

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har
spørgsmål. Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



**Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger**

Renovering af naturgasfyret varmecentral

Det anbefales at renovere en naturgasfyret varmecentral, hvis der i ejendommen er:

- Et højt varmeforbrug
- Hyppige driftsproblemer, som fx manglende centralvarme i dele af anlægget eller manglende varmt brugsvand
- Hyppige reparationer eller udskiftninger af komponenter i kedelcentral eller i centralvarmeanlægget - typisk på grund af tæring
- Foretaget energibesparende foranstaltninger på klimaskærm, så energiforbruget til rumopvarmning er reduceret

Fordele

- Moderne kondenserende gaskedler giver en væsentlig bedre udnyttelse af brændslets energiindhold end ældre gaskedler og dermed en besparelse på varmeregningen
- Lavere CO₂-udledning
- Sikrere drift

Energibesparelse

I nedenstående tabel ses energibesparelsen ved at udskifte forskellige typer ældre og nye gaskedler til kondenserende gaskedler. Som det ses, kan der opnås en væsentlig energibesparelse ved udskiftningen.

| Kedel | Brutto brændselsforbrug [kWh/år] | Besparelse [kWh/år] |
|---------------|----------------------------------|---------------------|
| Ældre, middel | 600.000 | 88.500 |
| | 1.500.000 | 221.300 |
| | 3.000.000 | 442.700 |
| Ældre, god | 600.000 | 77.300 |
| | 1.500.000 | 193.200 |
| | 3.000.000 | 386.200 |
| Nyere, god | 600.000 | 68.000 |
| | 1.500.000 | 161.100 |
| | 3.000.000 | 316.200 |



Anbefaling

- Ifølge Bygningsreglementet skal nye gaskedler med en nominel effekt på op til 400 kW have en nyttevirkning ved CE-mærkning på mindst 86,5 % ved fuldlast og 92 % ved 30 % delload. Dette indebærer anvendelse af kondenserende gaskedler.
- Store gasfyrede centralvarmekedler med en nominel ydelse på over 400 kW, må ifølge Bygningsreglementet højst have et røggastab på 7 % ved fuldlast og skal være forsynet med røggaskøler, hvis temperaturforholdene i det tilsluttede varmeanlæg er egnet til dette.
- Det er meget vigtigt, at kedlen vælges med en fuldt modulerende brænder med lufttilpasning, hvor iltprocenten er passende lav. Hvis iltprocenten bliver for høj, skærpes kravet til en lav returtemperatur for at opnå kondensgevinsten.
- Den modulerende egenskab, hvor kedelydelsen kan tilpasses ejendommens aktuelle varmebehov, sikrer også anlægget mod overtemperatur (det vil sige driftsbetingelser, hvor kedlen ikke kan komme af med den producerede varme), og antallet af start/stop er mærkbart lavere end for 1- eller 2-trinskedler.

Udskiftning af ældre kedel

Når en gaskedel er over 10-15 år gammel, er det ofte fornuftigt at udskifte den med en moderne kondenserende gaskedel. Denne udnytter energien betydeligt mere effektivt med en årvirkningsgrad på mellem 100-105 % afhængig af kedeltype, energiforbrug og temperaturforhold i varmeanlægget.

Udskiftning af en ældre gaskedel til ny kondenserende naturgaskedel giver typisk en besparelse på ca. 10-15 %.

Ved udskiftning af en eksisterende kedel kan der enten vælges en solokedel eller flere mindre kaskadekoblede kedler, som typisk er kedler med lille vandindhold, svarende til de typer, der installeres i enfamiliehuse.

Krav til eksisterende varmeinstallation

Følgende skal kunne opfyldes for at kunne anvende en kondenserende gaskedel:

- Der skal benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget. Det betyder, at radiatorernes samlede areal skal være stort nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt kan det dimensionerende varmetab reduceres ved at foretage energibesparende foranstaltninger som fx at efterisolere ydervægge og lofter samt udskifte vinduer.
- For en-strengs anlæg skal der vælges ventiler med stor Kv-værdi (lille modstand og stor åbning). Vælg altid ventiler beregnet til en-strengssystemer, og følg ventilleverandørens anvisninger.
- Radiatorventilerne i det enkelte rum bør indstilles på samme niveau, så alle radiatorerne bidrager til afkølingen.
- Er der monteret radiatortermostater med forindstilling, kan den optimale fordeling af vandet findes ved at justere disse.
- Varmtvandsbeholderen bør have en stor varmeeffekt, så returvandstemperaturen fra beholderen kun ligger meget lidt over brugsvandstemperaturen. Det bør overvejes at vælge et beholdervolumen, der er lidt større end ellers og gerne med udnyttelse af temperaturlagdeling

Vejledende årvirkningsgrader for gasfyrede kedler

Hvis den eksisterende kedels virkningsgrad ikke kendes, så kan nedenstående årvirkningsgrader anvendes. Årvirkningsgraderne gælder for kedler mellem 200 og 1.000 kW.

| Kedel | Årvirkningsgrad [%] |
|---------------|---------------------|
| Ældre, middel | 88 |
| Ældre, god | 90 |
| Nyere, god | 92 |
| Kondenserende | 103 |

Hvordan kategoriseres kedlerne?

I nedenstående tabel ses kendetegn for de forskellige kedeltyper.

| Kedel | Karakteristika |
|---------------|---|
| Ældre, middel | <ul style="list-style-type: none"> • 50 mm isolering på de væsentligste overflader • Ingen eksplosionsklapper • Indvendigt isolerede rensklapper i begrænset mængde • Tætning mellem elementer udført med asbestsnor eller tilsvarende helt tæt metode • Effektiv pakning ved forplade og tæt brændermontering <p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gamle TASSO VH, F og T kedler ældre end ca. 25 år • Ældre PARCA kedler • Ældre Danstoker og HETO kedler med isolerede kedelgavle |
| Ældre, god | <p>Eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nyere Danstoker kedler med 75 til 100 mm isolering på alle vandkølede dele og minimum 100 mm indvendig isolering af vendekasser • TASSO, PARCA, Viessmann m.fl., 15 til 20 år gamle med typisk 100 mm isolering og helt tætte på røggassiden • Alle nyere kedler beregnet til overtryk i fyrboksen |
| Nyere, god | Alle øvrige typer kedler, som er ca. 10-15 år gamle |

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|---|---|---|-----------------------|
| Forudsætninger | <p>I en etageejendom på 4.300 m² med et forbrug på 54.500 m³ gas pr. år konverteres en ældre middelgod gaskedel til en ny kondenserende kedel.</p> <p>Den samlede årsnyttevirkning i det eksisterende kedelanlæg er 88 %, svarende til at ejendommens faktiske varmebehov er 527.600 kWh.</p> <p>Den nye kondenserende gaskedel har en årsvirkningsgrad på 103 %.</p> <p>Gaspris: 13,80 kr./m³</p> | | |
| Årlig energibesparelse kWh | Gasforbrug omregnet til kWh | $54.500 \text{ m}^3 \times 11 \text{ kWh/m}^3 =$ | 599.500 kWh |
| | Husets faktiske varmebehov | $0,88 \times 599.500 \text{ kWh} =$ | 527.560 kWh |
| | Energiforbrug ny kedel | $527.600 \text{ kWh}/1,03 =$ | 512.194 kWh |
| | Besparelse | $599.500 \text{ kWh} - 512.194 \text{ kWh} =$ | 87.306 kWh |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | Omkostninger gas gl. kedel | $54.500 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$ | 752.100 kr. |
| | Gasforbrug ny kedel | $512.194 \text{ m}^3/11 \text{ kWh/m}^3 =$ | 46.563 m ³ |
| | Omkostninger gas ny kedel | $46.563 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$ | 642.571 kr. |
| | Besparelse | $752.100 \text{ kr.} - 642.571 \text{ kr.} =$ | 109.529 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | CO ₂ udledning gas gl. kedel | $599.500 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ | 122.898 kg |
| | CO ₂ udledning gas gl. kedel | $512.194 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ | 105.000 kg |
| | Besparelse i kg. | | 17.898 kg |
| | Besparelse i tons | | 17,9 tons |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse**Dimensionering**

Kedlen skal passe til varmebehovet og til varme-anlægget. For at anlægget er velegnet til kondenserende drift, skal det være dimensioneret til lave fremløbs- og returtemperaturer. Den dimensionerende fremløbstemperatur er 55 °C ved en udetemperatur på -12 °C. Der er ikke krav til den dimensionerende returløbstemperatur, men den vil typisk være 45 °C. Det vil sige, returtemperaturen ved 0 °C udetemperatur skal være lavere end ca. 40 °C og fremløbstemperaturen lavere end ca. 50 °C.

Lette kedler med lille vandindhold (i kaskade) dimensioneres til en lille afkøling på 10-15 °C.

Samspelet mellem kedel, bygning og varmeanlæg spiller en vigtig rolle, og overdimensionering kan have u hensigtsmæssige konsekvenser, herunder pendling, støj mm.

Ved lette kedler opstår pendlende drift, hvis vandstrømmen i anlægget ikke er stor nok. Nye gaskedler er normalt forsynet med modulerende brændere, men man skal alligevel være opmærksom på, om der er mulighed for tilstrækkelig vandstrøm i anlægget.

Montage

Den eksisterende gaskedel kobles fra aftrækket (skorstenen), varmeanlægget og varmtvandsbeholderen. Gaskedlen demonteres. Det samme gælder varmtvandsbeholderen, hvis den skal udskiftes.

Gaskedlen må ikke placeres i rum med meget støj, frostrisiko, fugt og brandfarlige væsker, eller rum, der fungerer som fælles adgangsvej til flere boliger.

Hvis den eksisterende skorsten skal anvendes sammen med den nye kedel, skal den forsynes med en foring, der hindrer fugten i at nå murværket i skorstenen. I forbindelse med kondenserende drift skal skorstenes og aftrækssystemers bund være forsynet med afløb, som er i stand til at bortlede kondensatet fra skorstene og aftrækssystemer.

Den nye gaskedel og eventuelt den nye varmtvandsbeholder monteres, hvorefter gaskedlen tilsluttes el og sættes i gang.

Kedlens bruger skal modtage den fyldestgørende installationsvejledning, som skal følge med kedlen fra producenten. Vejledningen skal følges nøje. Desuden skal installationen leve op til Gasreglementet afsnit A og Bygningsreglementet.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.

Bemærk, at der skal være plads til betjening, rensning og besigtigelse, jf. AT-vejledning B-4-8. Gas- og vandinstallationen skal udføres af en autoriseret vvs-installatør.

Eftersyn

For kondenserende kedler anbefales et eftersyn hver andet eller tredje år. Behovet for vedligeholdelse varierer dog fra installation til installation. Det er oftest typen af gaskedel og dens placering, der er udslagsgivende for, hvilke serviceintervaller der skal vælges.

| | Kedel med lille vandindhold |
|--|---|
| Styring og regulering af to-strengs varmeanlæg | Glidende kedeltemperatur efter udeføler, lille afkøling <15 °C |
| Styring og regulering af en-strengs varmeanlæg | Glidende kedeltemperatur efter udeføler, lille afkøling <15 °C eller helst lavere |
| Energiforhold | Højere dellastvirkningsgrad på grund af glidende kedeltemperatur |
| Krav til hedeplade i radiatoranlæg | Kritisk. Både fremløbs- og returtemperatur skal være lave. For kondenserende kedler gælder: <ul style="list-style-type: none"> • Ved nyanlæg dimensioneres til 55/45 °C eller lavere. • Returtemperaturen skal ved 0 °C udetemperatur være lavere end ca. 40 °C og fremløbet lavere end ca. 50 °C. |
| Krav til flow i radiatoranlæg | Kritisk. Der skal være et relativt stort flow i varmeanlægget for at undgå temperaturvariationer på det varme radiatorvand og dermed hyppig start/stop af kedel. |

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|---|---|----------------|----------------|
| Varmeanlæg | Er anlægget egnet til kondenserende drift? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 1 |
| Afløb | Er der afløb for sikkerhedsventilen og for kondens? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |
| Aftrækssystem | Benyttes der en muret skorsten? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Styring | Er der installeret vejrkompensering? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 4 |
| Varmeanlæg | Kan radiatoranlægget spille godt sammen med kedlen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 5 |
| Rørisolering | Udfører dit firma selv rørisoleringen? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 6 |
| El-tilslutning af kedel, cirkulationspumpe og automatik | Udfører dit firma selv el-tilslutning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 7 |
| Indregulering af brænder | Er brænderen indreguleret? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 8 |
| Isolering af kedel | Er kedlens overfladetemperatur over 35 °C? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 9 |

1. Varmeanlæg

For at udnytte kondensgevinsten i røggassen skal der benyttes lave fremløbs- og returtemperaturer i varmeanlægget. Det betyder, at radiatorernes samlede hedeplade skal være stor nok til at kunne dække det dimensionerende varmetab ved de lave temperaturer. Hvis en beregning viser, at radiatorarealet ikke er stort nok, må det forøges. Alternativt kan det dimensionerende varmetab reduceres ved at foretage energibesparende foranstaltninger som fx efterisolering af ydervægge og lofter samt udskiftning af vinduer.

2. Afløb

Der etableres et brugbart gulvafløb for overløb fra sikkerhedsventilen og for kondensafløb, hvis dette ikke forefindes.

3. Aftrækssystem

Fugten i aftræksluften fra en kondenserende kedel vil kondensere inde i skorstenen, når denne er kold. Denne fugt suges op i skorstenens murværk. Hvis den eksisterende skorsten skal anvendes sammen med den nye kedel, skal den forsynes med en foring, der hindrer fugten i at nå murværket i skorstenen.

4. Styring

Vejrkompenisering sikrer bedst mulig fyringsøkonomi og driftsbetingelser. Ved renovering og installation af varmeanlæg i eksisterende bygninger skal der installeres vejrkompenisering.

5. Varmeanlæg

Ved kedler med lille vandindhold (lette kedler) er det helt nødvendigt at sikre en passende vandgennemstrømning i varmeanlægget. Som tommelfingerregel skal afkølingen over varmeanlægget være højst 15 °C ved kedlens minimumseffekt. For kondenserende kedler gælder desuden, at retur-temperaturen helst altid skal være 5-10 °C under røggassens dugpunkt på ca. 58 °C. Ved montage om vinteren kan varmeanlæggets egenskaber ofte bedømmes ved at måle returtemperaturen ved normal drift (se afsnittet om dimensionering).

6. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres, så den lever op til gældende regler i forskrifter vedrørende vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

7. El-tilslutning af kedel, cirkulationspumpe og automatik

Vvs-installatører må gerne tilslutte kedel og pumper mm. til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye el-tavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af en autoriseret el-installatør.

8. Indregulering af brænder

Ved installation af centralvarmekedler med gasblæseluftbrænder skal brænderen indreguleres. Med hensyn til indregulering af gasblæseluftbrændere henvises til gasreglementet.

9. Isolering af kedel

Store gasfyrede centralvarmekedler skal varmeisoleres. Overfladetemperaturen på kedlernes udvendige flader bortset fra luger og lignende bør ikke overstige 35 °C ved en rumtemperatur på 20 °C.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Fyringsanlæg skal projekteres, udføres og installeres, så der opnås god forbrænding, og der skal sikres tilstrækkelig tilførsel af luft til forbrændingen.

Gasinstallationen skal leve op til Gasreglementet afsnit A, og installationen skal udføres, så den lever op til gældende regler, som er beskrevet i afsnittet om "Udførelse".

Kedler til fyring med gas skal opfylde Ecodesign-kravene (EU-forordning nr. 813/2013/EU). Det betyder, at brændselsfyrede kedelanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med en nominel nytteeffekt ≤ 70 kW ikke må have en årsvirkningsgrad ved rumopvarmning under 86 % (målt ved øvre brændværdi). For kedler med en nominel nytteeffekt mellem 70 kW og 400 kW må virkningsgraden ved 100 % af den nominelle nytteeffekt ikke være under 86 %, og virkningsgraden ved 30 % af den nominelle nytteeffekt ikke være under 94 %.

Gasfyrede centralvarmekedler med en nominel ydelse på mere end 400 kW må højst have et røggastab på 7 pct. ved fuldlast og skal være forsynet med røggaskøler, hvis temperaturforholdene i det tilsluttede varmeanlæg er egnet til dette.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning, inden varmecentralen tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Yderligere information

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Danske Standarder:
 DS 439 Vandinstallationer
 DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
 DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udskiftning af varmtvandsbeholder

En varmtvandsbeholder, der er utæt på grund af tæringer, bør udskiftes med en ny og velisoleret beholder, svarende til nedenstående minimumsanbefaling eller til et mere fremtidssikret lavenerginiveau. Isolering på lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.

Når der skal vælges en ny varmtvandsbeholder, er det vigtigt at finde en, der både kan dække ejendommens behov for varmt vand og give den bedste udnyttelse af brændslet eller fjernvarmen.

Hvis der er et stort behov for varmt vand, fordi mange beboere går i bad på nogenlunde samme tidspunkter, er det naturligt at fokusere på størrelsen af varmtvandsbeholderen.

Forholdet mellem kedlens eller fjernvarmeanlæggets ydelse og størrelsen på den varmespiral, der findes inde i varmtvandsbeholderen, skal være passende. Ellers vil beholderen ikke levere den mængde varmt vand, der er behov for.

Det er vigtigt ikke at vælge en beholder, der er større end nødvendigt, da det kan betyde et unødvendig stort varmetab.

Fordele

- Bedre udnyttelse af varmen fra beholderen
- Bedre afkøling (ved fjernvarme)
- Bedre sikring mod bakterier
- Mindre kalkudfældning

Anbefaling

| | Tab [W/K] | | |
|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | 500 liter | 1.000 liter | 2.000 liter |
| Minimum | 2,6 | 3,3 | 4,2 |
| Lavenergi | 1,8 | 2,4 | 3,0 |



Energibesparelse

| Eksisterende varmtvandsbeholder | Ny varmtvandsbeholder | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | Energibesparelse i kWh pr. år | | | | | |
| | 500 liter | | 1.000 liter | | 2.000 liter | |
| | Minimum | Lavenergi | Minimum | Lavenergi | Minimum | Lavenergi |
| 500 l med 50 mm isolering | 491 | 771 | - | - | - | - |
| 500 l med 75 mm isolering | 245 | 526 | - | - | - | - |
| 1.000 l med 50 mm isolering | 1.226 | 1.507 | 981 | 1.296 | - | - |
| 1.000 l med 75 mm isolering | 806 | 1.086 | 561 | 876 | - | - |
| 2.000 l med 50 mm isolering | 2.313 | 2.593 | 2.067 | 2.383 | 1.752 | 2.172 |
| 2.000 l med 75 mm isolering | 1.647 | 1.927 | 1.402 | 1.717 | 1.086 | 1.507 |

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|--|--|--|---------------------------------|
| Forudsætninger | I en ejendom på 4.300 m ² udskiftes en 1.000 liter beholder med 50 mm isolering til en 1.000 liter lavenergi beholder. Ejendommen opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende | | |
| Årlig energibesparelse kWh | Besparelse i kWh | | 1.296 kWh |
| Årlig økonomisk besparelse | Besparelse omregnet til m ³ Besparelse i kr. | $1.296 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 =$ $118 \text{ m}^3 \times 13,80 \text{ kr./m}^3 =$ | 118 m ³ 1.626 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse | Besparelse i kg | $1.296 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ = | 266 kg 0,3 tons |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering

Anlæg til produktion af varmt brugsvand dimensioneres efter DS 439, Norm for vandinstallationer.

Anlæg til produktion af varmt brugsvand skal - under hensyntagen til varmtvandsstedernes antal og brug - kunne yde en tilstrækkelig vandmængde og vandstrøm med en temperatur, der passer til formålet (se kapitel 2 i DS 439).

Det er vigtigt, at der er en god lagdeling i beholderen, så beholderens buffer-kapacitet udnyttes. Lagdelingen ødelægges, hvis cirkulationsstrømmen ledes ind i beholderen med stor hastighed. Et indvendigt T-stykke, der leder vandet vandret ind langs beholder væggen, giver en bedre lagdeling end et direkte indløb.

De væsentligste data for et anlæg til varmtvandsproduktion er for det første antallet af "normallejligheder", for det andet den effekt, som varmebladen kan tilføre vandet, og for det tredje beholderens volumen. I den forbindelse anvendes:

- Antallet af bygningens normallejligheder findes som bygningens energibehov pr. døgn divideret med en normallejligheds energiforbrug pr. døgn.
- Antallet af normallejligheder beregnes ud fra det faktiske antal lejligheder, antal beboere pr. lejlighed samt antal badeværelser og effekter pr. tapning
- Den nødvendige effekt pr. normallejlighed
- Det effektive beholdervolumen pr. normallejlighed

Der benyttes følgende formel til at finde antallet af normallejligheder:

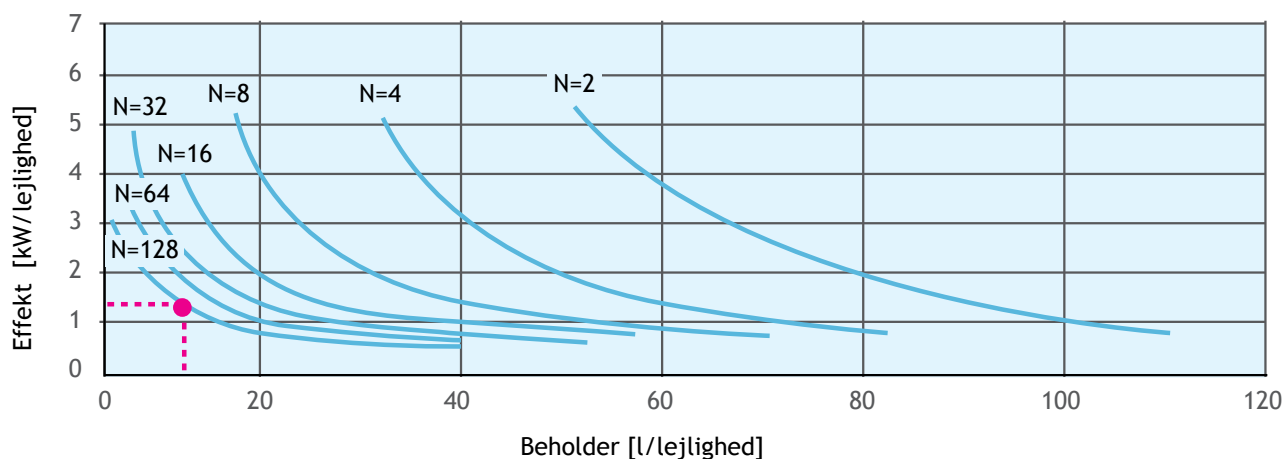
| | |
|---|--|
| $N = \frac{\Sigma(n \cdot p \cdot v \cdot E)}{3,5 \cdot 4,36}$ | |
| N | antallet af "normallejligheder" |
| n | antallet af lejligheder |
| p | antallet af beboere pr. lejlighed |
| v | varmtvandsenheder i lejligheden. Sættes til 1 i boliger med ét badeværelse. |
| E | det beregningsmæssige energibehov pr. varmtvandsenhed. Sættes til 4,36 i boliger med ét badeværelse. |
| En normallejlighed forudsættes beboet af 3,5 personer. Se endvidere DS 439. | |

Beholdere med indbygget veksler (varmespiral) forsynet fra kedler kan dimensioneres ved hjælp af nedenstående figur. Effekt og beholdervolumen i diagrammet er angivet ved 45 °C. Ved beholdere med temperaturer højere end 45 °C kan beholderstørrelsen beregnes til:

$$V_{eff} = \frac{35}{T-10} \cdot V_{45}$$

hvor V_{45} er det aflæste volumen på nedenstående figur.

PV-kurver for ladekreds anlæg eller beholdere med indbygget veksler forsynet fra kedler



For et givet antal normalejligheder kan der - som det ses i figuren på side 3 - vælges mange forskellige kombinationer af nødvendig effekt pr. normalejlighed og beholdervolumen pr. normalejlighed. Hvis der vælges et stort beholdervolumen, er der ikke brug for så stor effekt, som hvis der vælges et lille beholdervolumen. Typisk er det prisen på beholder og varmespiral der afgør, hvilken kombination der skal vælges. Tendensen går imod mindre beholdere og større effekter/vekslere. Der tillægges en effekt svarende til cirkulationsledningens varmetab samt et stentillæg på 15 %.

Der vælges en beholder på 1.000 liter, svarende til ca. 12 liter pr. normalejlighed. I figuren på side 3 ses, at den nødvendige effekt pr. normalejlighed er ca. 1,3 kW. Det vil sige, at den samlede effekt er ca. 112 kW. Cirkulationsledningens varmetab er beregnet til 2 kW.

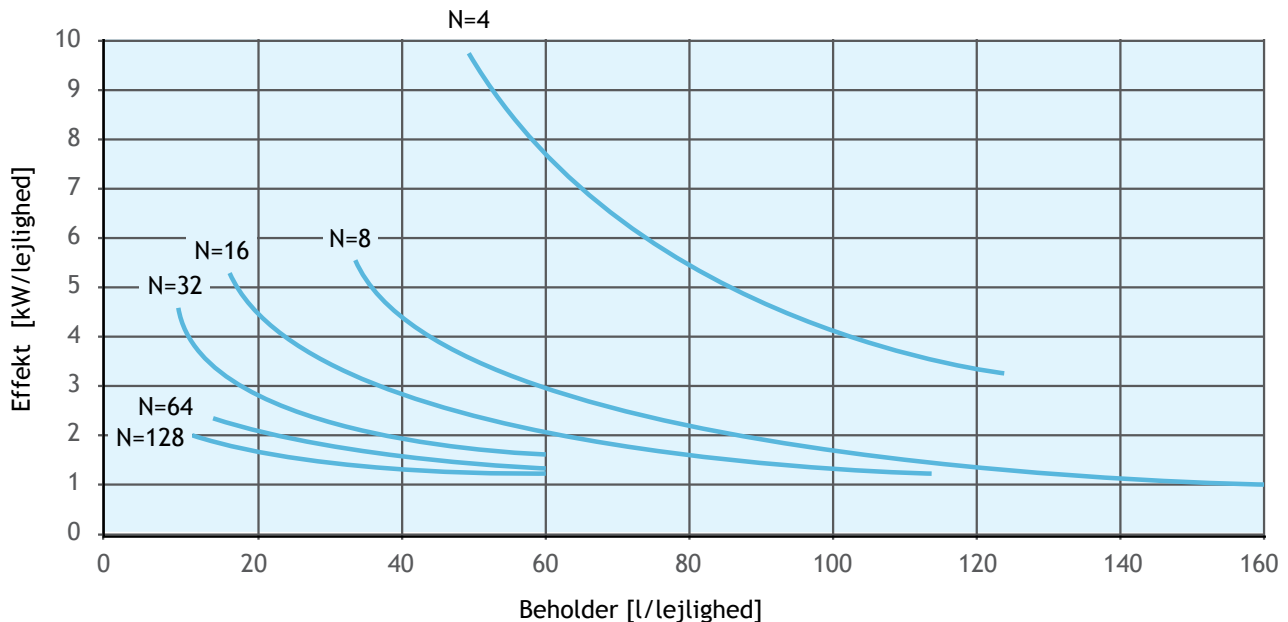
Varmespiralens effekt inkl. 15 % stentillæg kan derfor beregnes til ca. 131 kW.

Eksempel

I en ejendom er der 100 lejligheder med i gennemsnit tre personer pr. lejlighed. Der er en varmtvandsenhed pr. lejlighed. På baggrund af dette kan antallet af normalejlighed N beregnes til:

$$N = \frac{\sum (100 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4,36)}{3,5 \cdot 4,36} = 86$$

PV-kurver for varmtvandsbeholdere med indbygget spiral til fjernvarme



Beholdere med indbygget spiral forsynet med fjernvarme kan dimensioneres ved hjælp af ovenstående figur. Effekt og beholdervolumen i diagrammet er angivet ved 45 °C. Der tages ikke hensyn til, at

beholderen i daglig drift er indstillet til at arbejde ved højere temperaturer end de 45 °C. Cirkulationsledningens varmetab fratrukket 0,15 kW pr. lejlighed tillægges den nødvendige effekt.

Montage

Ifølge vandnormen skal en varmtvandsbeholder altid opstilles i et frostsikret rum. Varmtvandsbeholderen bør placeres i rum nær tappesteder - gerne i fyrrum - og så tæt på den varmeproducerende enhed (fx naturgaskedlen) som muligt for at reducere varmetabet.

Montage af tilslutningsrør til den varmeproducerende enhed og brugsvandssystemet samt elinstallation foretages som angivet i installationsvejledningen.

Efter installationen idriftsættes anlægget.

Indregulering

Indstillingen af varmtvandstemperaturen skal være mellem 50 og 55 °C. Såfremt temperaturen kommer over 60 °C, vil der ske en kraftig udfældning af kalk, både i systemet og på varmtvandsbeholderens varmeveksler. Øget kalklag på overfladerne giver en dårlig afkøling.

Af hensyn til risikoen for bakterievækst bør vandet i varmtvandsbeholdere kunne opvarmes til mindst 60 °C.

Aflevering

Når arbejdet er udført, afleveres en brugermanual til kunden. Brugermanualen skal indeholde en beskrivelse af beholderen (inkl. tekniske data), sikkerhedsforskrifter og en betjeningsvejledning.

Eftersyn

Vedligeholdelse af en varmtvandsbeholderen og dens varmespiral ved jævnlige rensninger overalt indvendigt er særdeles vigtigt af flere grunde:

- En kalkbelagt varmespiral nedsætter beholderens kapacitet, fordi kalken virker isolerende og forringer spiralens varmeoverføringsevne.
- Tilkalkning forringer spiralens evne til at afkøle fjernvarmen, hvilket medvirker til, at den samlede afkøling af fjernvarmen i ejendommen bliver dårlig.
- Ophobning af slam og snavs kan medvirke til en farlig opformering af forskellige bakteriekim som fx legionella.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--------------------|---|----------------|---------------|
| Isoleringstykkelse | Er beholderen isoleret med mindre end 50 mm isolering? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 1 |
| Afkøling | Er returtemperaturen ved almindelig drift højere end 45 °C? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 2 |
| Størrelse | Er beholderen større end 2.000 liter? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| Alder | Er beholderen mere end 10 år gammel? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 4 |

1. Isoleringstykkelse

Hvis beholderen er isoleret med mindre end 50 mm isolering, bør den efterisoleres eller udskiftes til en ny beholder.

2. Afkøling

Hvis returtemperaturen ved almindelig drift er højere end 45 °C, kan det indikere, at beholderen er tilkalket. Beholderen bør afkalkes. Hvis det ikke er muligt, bør den udskiftes.

3. Størrelse

En beholder, der er større end 2.000 liter, har typisk en for lille varmeplade. Den har samtidig et stort tomgangstab. En så stor beholder bør udskiftes til en mindre beholder.

4. Alder

Hvis beholderen er mere end 10 år gammel, forøges risikoen for tæring. En så gammel beholder bør udskiftes.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Varmtvandsbeholderen skal dimensioneres efter DS 439 Norm for vandinstallationer og installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg og DS 452 for isolering af tekniske installationer.

Brugsvandsanlæg skal dimensioneres og udføres, så risikoen for vækst af legionellabakterier i det varme vand minimeres.

I forbindelse med udskiftning af varmtvandsbeholderen stiller bygningsreglementet også krav til de rørstrækninger og komponenter der samtidig udskiftes.

Yderligere information

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Danske Standarder:
 DS 439 Vandinstallationer
 DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
 DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



Solvarmeanlæg til store bygninger

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger anbefaler at etablere solvarmeanlæg i store bygninger. Det er især oplagt i bygninger med store varmtvandsforbrug om sommeren, og med gode placeringsmuligheder for solfangere og varmelager. Især kan de økonomiske fordele ved solvarmeanlæg være store, når installationen af solvarmeanlæg finder sted i forbindelse med nybyggeri eller i forbindelse med renovering af tag og/eller af bygningens energianlæg.

Anbefaling til anlæggets størrelse

Solfangerarealet bør være ca. $V/50 \text{ m}^2$, hvor V er bygningens daglige varmtvandsforbrug i liter. Varmelagerets volumen bør være ca. V liter.

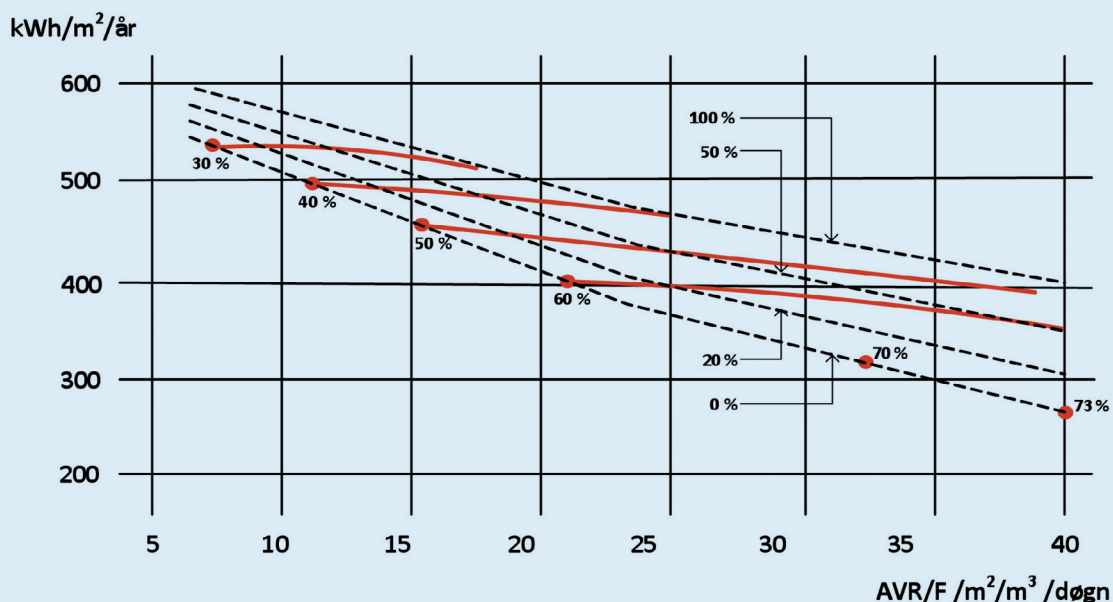
Fordele

- Om sommeren kan solvarmen dække bygningens varmtvandsforbrug og cirkulationsledningens varmetab

- Det supplerende energianlæg kan slukkes om sommeren
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Solen er ren og vedvarende energi
- Solvarme sender et miljøvenligt signal til omgivelserne
- Solvarme øger bygningens værdi
- Lavere CO_2 udledning

Energibesparelse

Figuren nedenfor viser typiske solfangerydelser i kWh pr. m^2 solfanger for solvarmeanlæg til brugsvandsopvarmning. Der er regnet med en koldt vandtemperatur på 10°C og en varmt vandtemperatur på 45°C . De sorte kurver i diagrammet viser ydelsen for solvarmeanlæg med cirkulationsledningstab, der udgør, 0 %, 20 %, 50 % og 100 % af varmtvandsforbruget. De røde kurver viser dækningsgraden.



X – akse: $\frac{\text{valgt solfangerareal, regningsmæssig (AVR)} (\text{m}^2)}{\text{døgnforbrug af varmt brugsvand, F} (\text{m}^3 / \text{døgn})}$

Y – akse: årlig anlægsydelse (kWh) pr. m^2 solfanger (AVR)

Eksempelvis vil et anlæg med et solfangerareal på 60 m², et forbrug på 3 m³/døgn samt et cirkulationsledningstab der udgør 100 % af varmtvandsforbruget, iflg. ovenstående figur (angivet med blå), have en forventet ydelse på ca. 500 kWh/m² samt en dækningsgrad på ca. 35 %.

Hvis tagfladen vender i en anden retning eller har en anden hældning, bruges skemaet under afsnittet udførelse, punkt 3, til at finde den mindre ydelse eller til at gøre arealet af solfangerne tilsvarende større.

Energibesparelsen for solvarmeanlæg findes for hvert enkelt anlæg, idet besparelsen er baseret på effektiviteten af det supplerende energianlæg. Hvis den energimængde, solvarmeanlægget producerer, skal dækkes af det supplerende energianlæg, skal dette producere en større energimængde, nemlig den ønskede energimængde/effektiviteten af kedlen. Den årlige effektivitet af supplerende energianlæg ligger typisk mellem 80 % og

90 % for gode supplerende energianlæg og lidt lavere for mindre gode af slagsen. Dertil kommer evt. sparet tomgangstab og elforbrug fra den supplerende energikilde, hvis den kan slukkes i dele af året samt øgede energiomkostninger til drift af cirkulationspumpe og styresystem.

Den samlede energibesparelse består således af:

- energi produceret af solvarmeanlægget/kedel-effektivitet
- sparet tomgangstab/kedeleffektivitet
- sparet elforbrug af supplerende energianlæg om sommeren - elforbrug til cirkulationspumpe og styresystem.

Energiforbruget til drift af et solvarmeanlæg udgør 3-10 kWh pr. m² solfanger pr. år.

For forskellige opvarmningsformer forudsættes CO₂ udledninger som vist i tabellen nedenfor.

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|---|--|---------------------------------------|--------------------|
| Forudsætninger | I en bygning etableres der et 60 m ² solvarmeanlæg på et sydvendt tag med 45° hældning og et 3.000 liter varmelager. Varmtvandsforbruget er 3.000 liter pr. dag, og cirkulationsledningens varmetab er lige så stort som varmtvandsforbruget. Bygningen opvarmes af et moderne oliefyur med en årlig nyttevirkning på 85 %. Oliepris: 17,80 kr. pr. liter Elpris: 2,70 kr. pr. kWh | | |
| Årlig energibesparelse kWh | Olieforbrug til opvarmning af brugsvand, se figuren på side 1 (angivet med blå) | 60 m ² x 500 kWh/år/0,85 = | 35.294 kWh |
| | Elforbrug til drift af pumpe | 60 m ² x 3 kWh/år = | 180 kWh |
| | Besparelse | 35.294 kWh - 180 kWh = | 35.114 kWh |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | Energiforbrug omregnet til liter olie | 35.294 kWh/10 kWh/liter = | 3529 liter |
| | Besparelse olie | 17,80 kr./liter x 3.529 liter = | 62.824 kr. |
| | Omkostninger el til drift af pumpe | 2,70 kr./kWh x 180 kWh | 486 kr. |
| | Besparelse | 62.824 kr. - 486 kr. = | 62.338 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | CO ₂ -besparelse olie | 0,266 kg/kWh x 35.294 kWh = | 9.388 kg |
| | CO ₂ -tillæg el | 0,211 kg/kWh x 180 kWh = | 38 kg |
| | CO ₂ -besparelse | 9.388 kg - 38 kg = | 9.350 kg/ 9,4 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højst for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Forskellige principskitser er vist på næste side.

Solfangerne monteres på tagfladen, så der ikke er væsentlige skygger på solfangerne i sommerperioden. Hvis det er overdimensioneret, skal solvarmeanlægget sikres mod skader (kogning og overophedning) ved at anvende en ekstra stor ekspansionsbeholder, hvori solfangervæsken kan udvide sig.

Installationen udføres efter gældende regler og forskrifter vedr. vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer og DS 439 for vandinstallationer.



Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--|--|------------------------|-----------------|
| Solstråling | Er der skygge på taget om sommeren? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 1 |
| Tag | Er taghældningen mellem 0 og 15° | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Hældning og orientering | Er taghældningen mellem 15° og 60°? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 3 |
| Montering på eksisterende tag | Vender taget mod syd? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Nyt tag | Kan der monteres gængse tagbeslag og rørgennemføringer til monteringen af solfangerne? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 5 |
| Rørtræk og gennemføringer | Skal tagbelægningen alligevel skiftes? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 6 |
| Rørføring | Er der udnyttet loft, således at rørtrækkene skal foretages i skunk, og er der nem adgang til skunken? | Afklares med husejeren | |
| Eksisterende beholder | Der skal være så kort afstand som mulig mellem solfanger og beholder. Afklar mulighederne for at trække rør med husejeren. | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |
| Solvarmebeholder | Kan den eksisterende beholder genanvendes? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 8 |
| Varmeanlæg | Er der plads til beholderen? Hvordan er adgangsforholdene for udskiftningen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 9 |
| Rørisolering | Er der lavtemperaturvarme, for eksempel gulvvarme? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 10 |
| El-tilslutning af cirkulationspumpe og styring | Udfører dit firma selv rørisoleringen? Kan styring og pumpe tilsluttes eksisterende eltavle? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 11 |
| Samspil med kedelstyring | Er varmeanlæg allerede forberedt for solvarme (via kedelstyring)? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 12 |

Tjekliste (fortsat)

1. Skygger på taget

Hvis der er væsentlige skygger på taget om sommeren, kan det ikke anbefales at installere solvarmeanlæg.

2. Fladt tag

Hvis der er fladt tag, monteres solfangerne på et stativ, gerne, så de vender stik syd med en hældning på 45 grader.

3. Hældning

En solfanger virker optimalt ved en placering på en sydvendt 45 grader tagflade. Er der ikke mulighed for dette, vil samme ydeevne kunne opnås ved at øge solfangerens størrelse i m² afhængig af retning og taghældning. På nedenstående tabel kan du se, hvordan placering og ydeevne hænger sammen.

4. Beslag

Solfangerne monteres på skinner på taget eller på et stativ. Anlægget leveres med beslag til forskellige tagtyper. Tjek derfor altid, før du går i gang, at beslag til montering af solfangerne passer til det aktuelle tag.

5. Husk solvarme ved tagudskiftning

Hvis tagbelægningen skal skiftes, er der mulighed for at indbygge solfangerne i taget.

6. Plads til rørene

Du skal sikre dig, at du kan komme ind i skunken, eller overvej eventuelt en anden løsning for rørføringen.

7. Eksisterende beholdere












Hvis den eksisterende beholder er i god stand, kan den benyttes til eftervarmning med den supplerende energikilde.

8. Plads til varmelageret

Undersøg den nøjagtige størrelse og afklar adgangs- og placeringsmuligheder med kunden. Eventuelt kan beholderen svejses op på stedet.

9. Varmeanlæg

Hvis der er lavtemperaturvarme bør det overvejes at opføre solvarmeanlægget til kombineret brugsvands- og rumopvarmning.

| Hældning fra vandret | Afvigelse fra syd |  0° |  30° |  45° |  75° |  90° |
|---|-------------------|---|--|---|--|--|
|  15° | | 89 | 88 | 87 | 81 | 78 |
|  30° | | 97 | 95 | 92 | 83 | 78 |
|  45° | | 100 | 98 | 94 | 83 | 76 |
|  60° | | 99 | 96 | 92 | 80 | 73 |
|  75° | | 91 | 89 | 86 | 75 | 67 |
|  90° | | 77 | 77 | 74 | 65 | 58 |

Eksempel på anvendelse af tabellen:

Et solvarmeanlæg på en bygning kan være 200 m², hvis taget vender mod syd og hælder 45° fra vandret. Det svarer til 100 % i tabellen. Hvis bygningens hældning er 60° fra vandret, og taget vender mod sydøst, altså 45° fra syd, yder anlægget kun 92 %. For at få samme ydelse skal der benyttes et solfangerareal på $200 \text{ m}^2 / 0,92 = \text{ca. } 217 \text{ m}^2$.

10. Rørisolering

Rørisoleringen skal udføres efter gældende forskrifter vedr. vand- og varmeinstallationer, herunder DS 452 for tekniske installationer.

11. Elforsyning til pumpen

VVS-montører må gerne tilslutte pumper til eksisterende stikkontakt. Hvis der skal etableres en ny stikkontakt i forbindelse med solvarmeinstallationen, skal det foretages af en autoriseret el-installatør.

12. Samspil med kedelstyring

Det er vigtigt at styresystemet sikrer, at kedlen ikke opvarmer toppen af varmelageret til unødvendigt høje temperaturer.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Der er ingen specifikke krav til anlæggets ydeevne. Installationen skal udføres, så temperaturen i anlægget ikke giver anledning til skader på personer eller bygninger. Solvarmerør kan blive over 85-100° C varme og bør derfor ikke placeres i kontakt med brændbart materiale, herunder trækonstruktioner. Desuden skal der træffes foranstaltninger mod skoldningsfare fra varmt brugsvand.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

Cirkulationspumpen skal være CE-mærket og have et EnergiEffektivitetsIndex (EEI), der er mindre end 0,23.

Yderligere information

www.altomsolvarme.dk

www.ens.dk

www.dansksolvarmeforening.dk

Kontakt Videntcenter
for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videntcenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Udskiftning af større cirkulationspumper

I mange ejendomme cirkuleres varmen stadig med en cirkulationspumpe af en ældre type, der typisk er manuelt trinregulerbar i trin. I langt de fleste tilfælde kan der spares meget energi ved at udskifte til en trinløs regulerbar pumpe.

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger anbefaler udskiftning af cirkulationspumpen, hvis den ikke er en trinløs regulerbar. Denne energiløsning gælder for ejendomme over 500 m². Der henvises til de tilsvarende energiløsninger for mindre ejendomme.

Anbefaling til cirkulationspumpe

Cirkulationspumper skal overholde Europa-Kommissionens forordning (EU) nr. 641/2009 af 22. juli 2009. Dette betyder, at cirkulationspumper skal være mærket med et EnergiEffektivitetsIndeks (EEI) og at man fra 1. august 2015 skal overholde et EEI lavere end 0,23.

Fordele

- Elbesparelse
- Lavere CO₂-udledning
- God økonomi
- Ingen merpris ved udskiftning
- Mindre støj i rør og radiatorventiler samt fra pumpen

Gennemgang af varmeanlæg

Inden eksisterende cirkulationspumper udskiftes, er det en god ide at gennemgå varmeanlægget for at sikre, at den nye pumpe kommer til at passe til behovet. Følgende bør om muligt gennemgås:

- Indreguleringen af fordelingskredsene samt radiatorerne
- Tryktab i fordelingskredsene
- Type af fordelingskredse - enkelt- eller dobbeltshuntede kredse
- Behovsvariationer over tid for de enkelte fordelingskredse



Dimensionering

Cirkulationspumpens flow og tryk vil som regel være:

| | | |
|--------------|-------------------------------|---|
| Flow: | 1-2,5 liter/m ² /h | Den mindste værdi er for en velisoleret bygning og den højeste værdi er for en dårligt isoleret bygning |
| Tryk: | 3-5 mVs | Bygning på op til 2.000 m ² - størst tryk ved anlæg med fjernvarmeveksler |
| | 5-7 mVs | Bygning på 2-10.000 m ² - størst tryk ved anlæg med fjernvarmeveksler |

Man bør dog også beregne den nye pumpe dimensionerende flow Q_{MAX} og tryk H_{MAX} mere præcist, og derfor skal du vide:

- om pumpen slukkes i sommerperioden
- den dimensionerende temperaturredifferens ΔT_{DIM} , dvs. forskellen på temperaturen i frem- og returløbet på den koldeste vinterdag
- hvad det årlige varmeforbrug

På baggrund af det årlige varmeforbrug kan man beregne det dimensionerende flow, Q_{MAX} , og det dimensionerende differenstryk, H_{MAX} , på følgende måde, hvis man ikke har målinger.

$$Q_{MAX} = \frac{3,6 \cdot (1 - GUF) \cdot \text{varmeforbrug}}{2,6 \cdot 4,2 \cdot \Delta T_{DIM}} \quad [m^3/h]$$

$$H_{MAX} = \frac{0,0082 \cdot (1 - GUF) \cdot \text{varmeforbrug}}{2,6} + 2,0 [mVs]$$

| | |
|-------------------------------------|--|
| GUF: | Graddageafhængigt forbrug [-] |
| Varmeforbrug: | Årligt varmeforbrug [MWh] |
| ΔT_{dim}: | Forskellen mellem temperaturen i frem- og returløbet den koldeste vinterdag [°C] |

Hvis GUF ikke kendes kan nedenstående værdier anvendes:

| | |
|-------------------------|------|
| Beboelsesejendom: | 25 % |
| Daginstitution/skole: | 10 % |
| Administrationsbygning: | 10 % |

Hvis du har beregnet Q_{MAX} og H_{MAX} med den nævnte tommelfingerregel eller ovenstående formler, og den eksisterende pumpe giver langt højere tryk og/eller flow, bør du kontrollere, om der er særlige forhold, der nødvendiggør en større pumpe end beregnet.



Energibesparelse

På omdrejningsregulerbare pumper er det muligt at vælge mellem følgende reguleringsformer:

- **Fast trin (omdrejningstal)**
Bruges kun, hvis et varierende tryk fra pumpen giver problemer for styringen af varmeanlæggets blandede kredse
- **Konstantrykregulering**
Differenstrykket over pumpen holdes konstant uafhængig af pumpens flow

- **Proportionaltryksregulering**
Ved denne form for regulering sker en gradvis reduktion eller forøgelse af pumpens differenstryk afhængigt af flowet. Denne regulering kan give den største energibesparelse.

Ud fra de beregnede værdier for Q_{MAX} og H_{MAX} er det nu muligt at beregne energiforbruget for den eksisterende pumpe og en ny energieffektiv pumpe. Afhængigt af om det er et-strengsanlæg eller et to-strengsanlæg, og om pumpen slukkes i sommerperioden, skal der beregnes enten tre eller fire volumenstrømme ud fra nedenstående tabel (fire, hvis pumpen er i drift alle årets timer).

| En-strengsanlæg Flow pr. 1 m ³ /h Q_{MAX} [-] | To-strengsanlæg Flow pr. 1 m ³ /h Q_{MAX} [-] | Driftstimer [timer] |
|--|--|------------------------|
| 0,957 | 0,893 | 2.904 |
| 0,941 | 0,852 | 1.440 |
| 0,921 | 0,802 | 2.208 |
| 0,904 | 0,760 | 2.208 |

Hvis cirkulationspumpen anvendes om sommeren bruges alle værdierne i tabellen, således at der regnes med fire volumenstrømme og driftstider. Hvis pumpen standses om sommeren, bruger man ikke værdierne i den nederste linje ikke (tre volumenstrømme og driftstider).

Der skal nu findes sammenhængende værdier for flow samt effektoptag før og efter udskiftningen af pumpen. Effektoptaget for den eksisterende og den nye regulerbare pumpe aflæses eksempelvis på pumpekurver eller findes med pumpevalgsprogrammer på nettet. Fremgangsmåden illustreres med nedenstående eksempel.

Der er tale om en etageejendom med et årligt varme-forbrug på 2.000 MWh. Ejendommens cirkulationspumpe kører hele året, den dimensionerende temperaturdifferens er ΔT_{dim} : 25 °C, GUF er opgjort til 28% og det er et to strengs varmeanlæg.

Først beregnes de dimensionerende forhold Q_{MAX} og H_{MAX} :

$$Q_{MAX} = \frac{3,6 \cdot (1 - 0,28) \cdot 2000}{2,6 \cdot 4,2 \cdot 25} = 19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H_{MAX} = \frac{0,0082 \cdot (1 - 0,28) \cdot 2000}{2,6} + 2,0 = 6,6 \text{ mV}$$

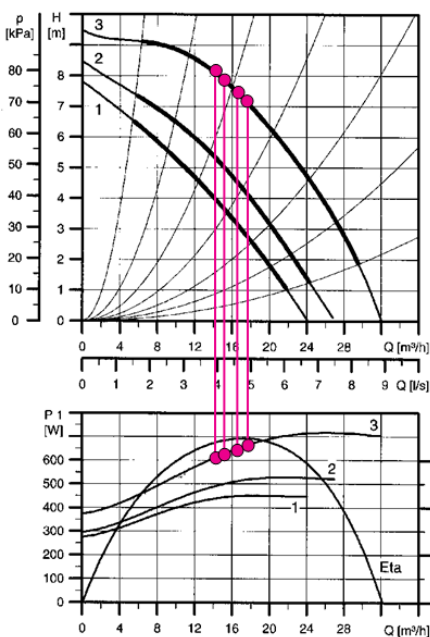
| To-strengsanlæg Flow pr. 1 m ³ /h Q_{MAX} [-] | Volumenstrøm [m ³ /h] | Driftstimer [timer] |
|--|-------------------------------------|------------------------|
| 0,893 | 17,0 | 2.904 |
| 0,852 | 16,2 | 1.440 |
| 0,802 | 15,2 | 2.208 |
| 0,760 | 14,4 | 2.208 |

Energibesparelse (fortsat)

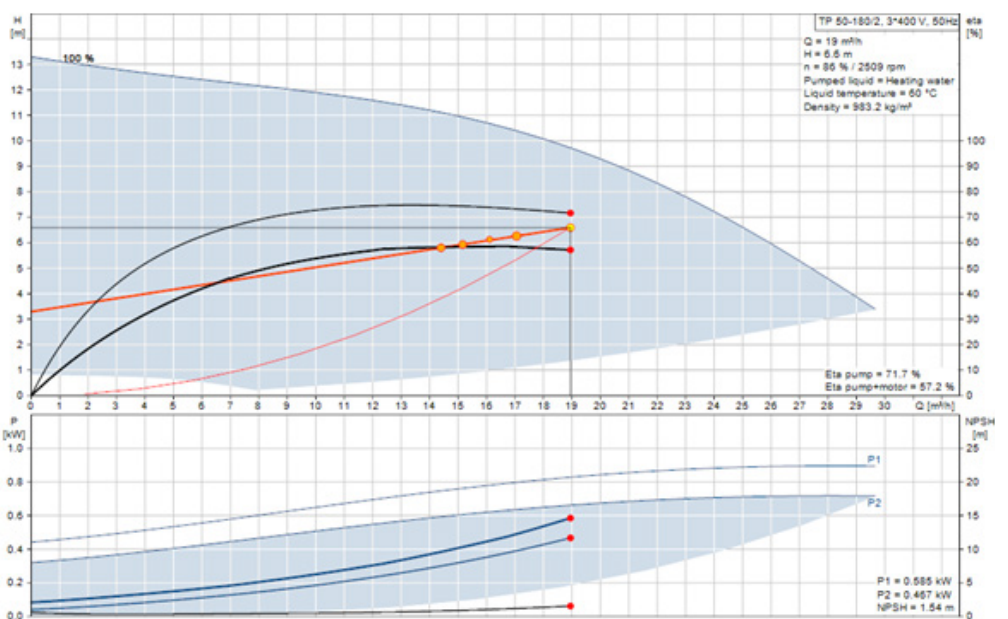
Til sidst findes pumpekurven for den eksisterende pumpe frem. Med et katalog eller et pumpevalgsprogram findes kurver for en energieffektiv pumpe i den rigtige størrelse, idet der nedenfor er valgt en pumpe, som kører med proportionaltryksregulering.



Kurve med driftspunkter for nuværende pumpe



Kurve med driftspunkter for ny pumpe



Energibesparelse (fortsat)

Effekttaget for fire volumenstrømme er aflæst for begge pumper og anført i nedenstående tabel.

| Volumenstrøm [m ³ /h] | Effekttag, gammel pumpe [kW] 1 | Effekttag, ny pumpe [kW] 2 | Driftstimer [timer] 3 | Energibesparelse [kW/år] (1-2) x 3 |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| 17,0 | 0,65 | 0,49 | 2.904 | 465 |
| 16,2 | 0,63 | 0,45 | 1.440 | 259 |
| 15,2 | 0,62 | 0,41 | 2.208 | 464 |
| 14,2 | 0,60 | 0,38 | 2.208 | 486 |
| Årlig elbesparelse | | | | 1.674 |

Eksempel på energibesparelse

| Forudsætninger | Elpris: 2,70 kr. pr. kWh |
|-----------------------------------|--|
| Årlig elbesparelse | 1.674 kWh |
| Årlig økonomisk besparelse | 2,70 kr./kWh x 1.674 kWh = 4.520 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse | 0,211 kg/kWh x 1.674 kWh = 353 kg/0,4 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering

Pumpefabrikanterne har online dimensioneringsprogrammer, som kan anvendes til at finde den mest energioptimale cirkulationspumpe:

- On-line pumpevalgsværktøj fra Grundfos (www.grundfos.com)
- Online pumpevalsprogram fra Smedegaard (www.smedegaard.dk)
- Wilo-Select 4 online fra Wilo (www.wilo.dk)

Montage

Pumpen monteres mekanisk og elektrisk efter fabrikantens anvisninger, dvs. bl.a. med motorakslen i vandret position.

Eftersyn

Cirkulationspumper er normalt vedligeholdelsesfri, og der er derfor ikke krav om eftersyn.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|---------------------------------|--|----------------|---------------|
| Cirkulationspumpens alder | Er cirkulationspumpen ældre end 15 år? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 1 |
| Cirkulationspumpens indstilling | Er cirkulationspumpen trinreguleret, og er den indstillet på det højeste trin? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Cirkulationspumpens driftstid | Er cirkulationspumpen i drift året rundt? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |

1. Cirkulationspumpens alder

Den eksisterende cirkulationspumpes alder har stor betydning for pumpens energiforbrug, idet ældre pumper normalt har en effektivitet, der er langt dårligere end moderne pumper. Det gælder, uanset om pumperne er trinregulerbare.

2. Cirkulationspumpens indstilling

Ældre trinregulerbare cirkulationspumper vil i mange tilfælde være konstant indstillet på det højeste trin - typisk trin 3. Ved denne pumpeindstilling udnytter man ikke pumpens mulighed for reduceret pumpetryk i overgangsperioderne om foråret og efteråret.

3. Cirkulationspumpens driftstid

Cirkulationspumpens driftstid har stor betydning for energiforbruget. Pumpen bør slukkes udenfor fyringssæsonen eller som minimum i sommermånederne.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Cirkulationspumpen skal være CE-mærket og have et EnergiEffektivitetsIndex (EEI), der er mindre end 0,23.

Installationen skal udføres, så den lever op til gældende standarder for vand- og varmeinstallationer, herunder DS 469 for varmeanlæg, DS 452 for isolering af tekniske installationer og DS 439 for dimensionering af vandinstallationer.

Yderligere information

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Automatik i varmecentraler

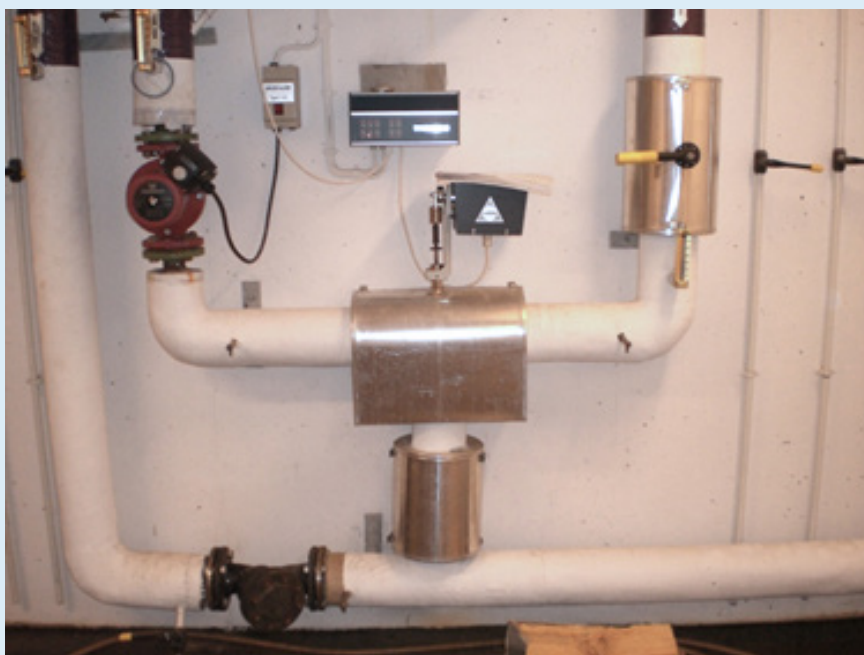
Videncenter for energibesparelser i bygninger anbefaler, at der installeres den nødvendige automatik i varmecentraler. Herved kan den ønskede komfort opnås, og energiforbruget minimeres. Automatikken omfatter reguleringsventiler og styringsenheder. Denne energiløsning dækker både installation, udskiftning og justering af automatik i varmecentraler.

Fordele

- Ved en indregulering opnås, at anlægget kommer i balance. Herved tilføres radiatorerne den ønskede vandmængde
- Udekompensering medfører mindre varmetab fra rør, ventiler mm.
- Bedre økonomi pga. lavere varmeregning
- Øget komfort og bedre indeklima, hvis ejendommen er velisoleret og tæt
- Lavere CO₂-udledning

Anbefaling

- Det anbefales, at centralvarmeanlægget indreguleres. Hvis der ikke er installeret strengreguleringsventiler til indregulering, bør det gøres. Formålet er at få vandet i varmeanlægget fordelt, så de enkelte forbrugssteder - det vil sige radiatorer og/eller gulvvarmekredse - tilføres tilstrækkelig vandmængde til, at der kan opnås den ønskede rumtemperatur.
- Det anbefales, at der installeres et vejrkompen-seringsanlæg. Dette anlæg bør indeholde en funktion, der stopper varmeanlægget inkl. cirkulationspumpen, når udetemperaturen kommer over en indstillet grænse. Hvis der allerede er installeret et vejrkompen-seringsanlæg, anbefales det, at set-punkterne kontrolleres og eventuelt justeres, så fremløbstemperaturen ikke er højere end nødvendigt.



Energibesparelse

Indregulering

En indregulering af varmesystemet giver ikke i sig selv en varmebesparelse. En indregulering medfører, at varmesystemet kommer i balance, og at der tilføres de vandmængder til de enkelte radiatorer, som er nødvendige for at opretholde de ønskede rumtemperaturer. Men når anlægget kommer i balance som følge af indreguleringen, medfører det ofte, at fremløbstemperaturen til varmesystemet kan reduceres. Det resulterer i et lavere varmetab fra cirkulationsledningerne og dermed en energibesparelse.

Reduktionen af fremløbstemperaturen har i nogle tilfælde også den fordel, at der ikke opstår for høje rumtemperaturer, selv ved maksimal temperaturindstilling af termostatventilerne. Indregulering skal derfor hænge nøje sammen med udetemperaturkompensering, hvor fremløbstemperaturen reguleres efter udetemperaturen.

Udetemperaturkompensering

For større bygninger beregnes varmebesparelsen ved indregulering og udetemperaturkompensering ud fra et årligt varmeforbrug.

Desuden er det nødvendigt at kende det graddageafhængige forbrug (GUF). En bygnings graddageafhængige forbrug defineres som den mængde varme, der bruges i bygningen uafhængigt af udetemperaturen. Dette er typisk energiforbruget til opvarmning af varmt brugsvand og de varmetab, der er forbundet hermed i rørinstallationer, varmtvandsbeholdere, cirkulationsledninger, tomgangstab på kedlen mv.

GUF kendes normalt ikke. Der kan i disse situationen anvendes en standardværdi på 28-30 % af det årlige varmeforbrug.

Det forudsættes, at der kan opnås en besparelse på minimum 5 % af det graddageafhængige forbrug (GAF), dvs. forbruget til rumopvarmning. Større besparelser ses imidlertid ofte.

Varmebesparelsen beregnes således:

$$\epsilon_{\text{besparelse}} = 0,05 \cdot \left(1 - \left(\frac{GUF}{100}\right)\right) \cdot \epsilon_{\text{varme, årligt}}$$

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|---|---|---|----------------------|
| Forudsætninger | I en ejendom på 4.300 m ² foretages indregulering af varmeanlægget, og der etableres vejrkompensering. Ejendommen opvarmes med naturgas. Det årlige gasforbrug er 54.500 m ³ svarende 599.500 kWh. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende | | |
| Årlig energibesparelse kWh | Besparelse i kWh | $0,05 \cdot \left(1 - \left(\frac{30\%}{100}\right)\right) \cdot 599.500 \text{ kWh} =$ | 20.983 kWh |
| Årlig energibesparelse m³ | | $20.983 \text{ kWh} / 11 \text{ kWh/m}^3 =$ | 1.908 m ³ |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | | $13,80 \text{ kr.} \times 1.908 \text{ m}^3 =$ | 26.324 kr. |
| Årlig CO₂-besparelse kg | Besparelse i kg | $20.983 \text{ kWh} \times 0,205 \text{ kg/kWh} =$ $=$ | 4.302 kg 4,3 tons |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(Højest for nye kedler).

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsyningstilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering af automatik

Gas og oliefyrede kedler

Kedler med stort vandindhold

I anlæg med gas- og oliefyrede kedler med stort vandindhold påbygges en shunt og en motorstyret trevejsventil, som styres af vejrkompenseringsanlægget. På de fleste anlæg er shunt, trevejsventil og vejrkompenseringsanlægget dog allerede installeret, og disse komponenter vil ofte kunne genanvendes i forbindelse med udskiftning til en kondenserende kedel.

Kaskadekoblede gaskedler med lille vandindhold:

I anlæg med kaskadekoblede gaskedler med lille vandindhold må der ikke påbygges en shunt og en motorstyret trevejsventil. I denne type kedel kan der benyttes en glidende kedeltemperatur efter udetemperaturen. Det vil sige, at kedelfremløbstemperaturen er lig med anlæggets fremløbstemperatur, og at den varierer efter udetemperaturen. Kedelleverandørerne kan levere denne type reguleringsudstyr sammen med deres kedler.

Fjernvarmeanlæg

I både direkte og indirekte fjernvarmeanlæg påbygges en motorstyret tovejsventil i fjernvarmereturledningen, som styres af vejrkompenseringsanlægget.

Ved svingende differenstryk kan det være nødvendigt at montere en trykdifferensregulator over reguleringsventilen.

I fjernvarmeanlæg med direkte tilslutning anvendes som regel en kontraventil, så anlægget ikke kortslutter, fx hvis pumpen stoppes. Det er vigtigt, at kontraventilen er dimensioneret til den maksimale vandstrøm i varmeanlægget

Montage af automatik

Vejrkompenseringsanlægget (regulatoren) placeres i nærheden af varmeanlægget. Udførelsen skal monteres på bygningens nordside og placeres så højt, at den ikke påvirkes af solstråler.

Andre temperaturfølere samt el-tilslutninger monteres som beskrevet i vejledningen til vejrkompenseringsanlægget. Det er vigtigt, at fremløbsføleren anbringes tæt på blandepunktet eller veksleren efter leverandørens anvisninger.

Eftersyn af automatik

I forbindelse med service/eftersyn på kedlen bør der foretages et tjek af vejrkompenseringsanlægget. Tjekket skal vise, om der er den ønskede og indstillede sammenhæng mellem ude-, fremløbs- og rumtemperatur. Eventuelle defekte følere udskiftes i forbindelse med eftersynet.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|---|---|----------------|----------------|
| Styring af radiatorsystem | Er der installeret udetemperaturkompenseringsanlæg? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 1 |
| Vedligeholdelse | Vedligeholdes automatikken? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |
| Kedeltype | Er det en kedel med lille vandindhold? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 3 |
| El-tilslutning af vejrkom-penseringsanlæg | Udfører dit firma selv el-tilslutning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: Se 4 |

1. Styling af radiatorssystem

Til styling af radiatorssystemer benyttes en regulator til at vælge forskellige kurver for sammenhængen mellem fremløbstemperaturen og udetemperaturen (udetemperaturkompenseringsanlæg). Kurverne har forskellige hældninger, og de kan endvidere parallelforskydes. Kurvens hældning vælges ud fra bygningens beskaffenhed, fx om det er en let eller tung bygning.

Der vælges en kurve, der går gennem to punkter. Det ene punkt er fremløbstemperaturen ved den dimensionerede maksimumbegrænsning for driftstilstanden, eksempelvis er fremløbstemperaturen 65-70 °C ved en udetemperatur på minus 12 °C. Det andet punkt er fremløbstemperaturen ved ophør af fyringssæsonen. Det vil sige, når udetemperaturen er på 17 °C, vælger man at sætte fremløbstemperaturen til 25-30 °C.

Hvis det viser sig, at den valgte kurve ikke giver den ønskede komfort i opholdsrummene/lokalerne, kan man benytte regulatoren enten til at forskyde kurven eller til at vælge en kurve med en anden hældning. Udetemperaturkompenseringen kan med fordel kombineres med vindkompensering.

2. Vedligeholdelse

Tekniske anlæg samt bygningsautomatik og styresystemer skal vedligeholdes for at fungere korrekt. Når denne type anlæg ikke vedligeholdes efter forskrifterne fra leverandøren, medfører det ofte ringe komfort for bygningens brugere og et væsentligt højere energiforbrug end nødvendigt.

3. Kedeltype

En kedel med lille vandindhold indeholder typisk 50-100 l vand. Kedel- eller automatikleverandøren bør altid kontaktes, hvis der er den mindste tvivl om dette. Et traditionelt system med trevejsventil virker ikke på kedler med lille vandindhold.

4. El-tilslutning af vejrkompenseringsanlæg

VVS-montører må godt tilslutte vejrkompenseringsanlægget til eksisterende installation/afbryder, men hvis der skal etableres nye el-tavler eller faste elinstallationer, skal dette foretages af person med el-autorisation.

Bemærk

Denne energiløsning beskæftiger sig udelukkende med automatikken. Yderligere informationer vedrørende dimensionering, indregulering og eftersyn af varmeanlæg behandles i en række energiløsninger om renovering af varmecentraler for gas, olie og fjernvarme samt i guiden 'Renovering af varmecentraler' fra Videncenter for energibesparelser i bygninger.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Bygningsreglementet stiller ikke direkte krav til ny automatik, der installeres på en eksisterende varmecentral, men generelt skal installationer projekteres, installeres og vedligeholdes så unødvendigt energiforbrug undgås.

Yderligere information

Bygningsreglementet
www.bygningsreglementet.dk

Danske Standarder:
 DS 439 Vandinstallationer
 DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
 DS 469 Varme- og køleanlæg i bygninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
 Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
 Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

Isolering af rørinstallation til centralvarme og varmt brugsvand

Det bør overvejes at efterisolere rør til radiatorer, konvektorer og gulvvarme, hvis de kun er isoleret med 30 mm isolering eller mindre. Det bør være til nedenstående minimumsanbefaling eller til et mere fremtids-sikkert lavenerginiveau. Efterisolering til lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.

Hvis varmtvandsbeholderen er isoleret med mindre end 50 mm isolering, bør også den efterisoleres, svarende til nedenstående minimumsanbefaling eller til et mere fremtidssikkert lavenerginiveau. Isolering svarende til lavenerginiveau giver den bedste økonomi på lang sigt.

Anbefaling til isoleringstykkelse efter efterisolering

- Minimum: 45 mm isolering
- Lavenergi: 55 mm isolering

Fordele

- Efterisolering resulterer i mindre varmetab fra rør og ventiler
- Lavere CO₂-udledning



Energibesparelse

Centralvarme - kælder

| Eksisterende forhold Rørdimension og isolering | Ny samlet isoleringstykkelse | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| | Op til 45 mm isolering | Op til 55 mm isolering |
| | Energibesparelse i kWh/m pr. år | |
| 35 mm rør med 0 mm isolering | 217 | 220 |
| 35 mm rør med 20 mm isolering | 18 | 21 |
| 35 mm rør med 30 mm isolering | 8 | 11 |
| 48 mm rør med 0 mm isolering | 290 | 293 |
| 48 mm rør med 20 mm isolering | 23 | 27 |
| 48 mm rør med 30 mm isolering | 10 | 14 |
| 60 mm rør med 0 mm isolering | 355 | 360 |
| 60 mm rør med 20 mm isolering | 29 | 34 |
| 60 mm rør med 30 mm isolering | 13 | 17 |
| 89 mm rør med 0 mm isolering | 509 | 515 |
| 89 mm rør med 20 mm isolering | 42 | 49 |
| 89 mm rør med 30 mm isolering | 18 | 25 |

Halvdelen af varmetabet før efterisolering, vurderes at blive udnyttet til opvarmning af ejendommen og betragtes derfor ikke som tab. Den samme varmemængde skal derfor tilføres efter efterisolering. Dette kan begrænse den mulige besparelse, da temperaturen i det pågældende rum ikke må falde til en uønsket temperatur, fordi det kan give fugtproblemer. Der er forudsat en temperatur på det varme vand på 45 °C. Omgivelsestemperaturen er sat til 15 °C. Driftstiden er 6.000 timer pr. år.

Centralvarme - loft

| Eksisterende forhold Rørdimension og isolering | Ny samlet isoleringstykkelse | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| | Op til 45 mm isolering | Op til 55 mm isolering |
| | Energibesparelse i kWh/m pr. år | |
| 35 mm rør med 0 mm isolering | 307 | 311 |
| 35 mm rør med 20 mm isolering | 23 | 28 |
| 35 mm rør med 30 mm isolering | 10 | 14 |
| 48 mm rør med 0 mm isolering | 409 | 415 |
| 48 mm rør med 20 mm isolering | 32 | 38 |
| 48 mm rør med 30 mm isolering | 13 | 19 |
| 60 mm rør med 0 mm isolering | 501 | 508 |
| 60 mm rør med 20 mm isolering | 39 | 46 |
| 60 mm rør med 30 mm isolering | 17 | 23 |
| 89 mm rør med 0 mm isolering | 715 | 725 |
| 89 mm rør med 20 mm isolering | 57 | 67 |
| 89 mm rør med 30 mm isolering | 25 | 34 |

Der er forudsat en temperatur på det varme vand på 45 °C. Omgivelsestemperaturen er sat til 4 °C. Driftstiden er 6.000 timer pr. år.

Varmt brugsvand - kælder

| Eksisterende forhold Rørdimension og isolering | Ny samlet isoleringstykkelse | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| | Op til 45 mm isolering | Op til 55 mm isolering |
| | Energibesparelse i kWh/m pr. år | |
| 35 mm rør med 0 mm isolering | 455 | 461 |
| 35 mm rør med 20 mm isolering | 35 | 41 |
| 35 mm rør med 30 mm isolering | 15 | 21 |
| 48 mm rør med 0 mm isolering | 607 | 615 |
| 48 mm rør med 20 mm isolering | 46 | 53 |
| 48 mm rør med 30 mm isolering | 19 | 27 |
| 60 mm rør med 0 mm isolering | 745 | 754 |
| 60 mm rør med 20 mm isolering | 56 | 66 |
| 60 mm rør med 30 mm isolering | 25 | 34 |
| 89 mm rør med 0 mm isolering | 1065 | 1079 |
| 89 mm rør med 20 mm isolering | 81 | 95 |
| 89 mm rør med 30 mm isolering | 35 | 49 |

Halvdelen af varmetabet før efterisolering vurderes at blive udnyttet til opvarmning af ejendommen og betragtes derfor ikke som tab. Den samme varmemængde skal derfor tilføres efter efterisolering. Dette kan begrænse den mulige besparelse, da temperaturen i det pågældende rum ikke må falde til en uønsket temperatur, da det kan give fugtproblemer. Der er forudsat en temperatur på det varme vand på 55 °C. Omgivelsestemperaturen er sat til 15 °C. Driftstiden er 8.760 timer pr. år.

Varmt brugsvand - loft

| Eksisterende forhold Rørdimension og isolering | Ny samlet isoleringstykkelse | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| | Op til 45 mm isolering | Op til 55 mm isolering |
| | Energibesparelse i kWh/m pr. år | |
| 35 mm rør med 0 mm isolering | 596 | 604 |
| 35 mm rør med 20 mm isolering | 44 | 52 |
| 35 mm rør med 30 mm isolering | 19 | 27 |
| 48 mm rør med 0 mm isolering | 793 | 803 |
| 48 mm rør med 20 mm isolering | 58 | 68 |
| 48 mm rør med 30 mm isolering | 25 | 35 |
| 60 mm rør med 0 mm isolering | 971 | 982 |
| 60 mm rør med 20 mm isolering | 72 | 83 |
| 60 mm rør med 30 mm isolering | 32 | 43 |
| 89 mm rør med 0 mm isolering | 1.382 | 1.400 |
| 89 mm rør med 20 mm isolering | 103 | 121 |
| 89 mm rør med 30 mm isolering | 44 | 61 |

Der er forudsat en temperatur på det varme vand på 55 °C. Omgivelsestemperaturen er sat til 4 °C. Driftstiden er 8.760 timer pr. år.

Eksempel på energibesparelse

| | | | |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Forudsætninger | I en ejendom på 4.300 m ² foretages efterisolering af hovedledningerne til cirkulation af centralvarme (frem og retur). Rørene har en gennemsnitlig yderdiameter på 60 mm og er isoleret med 20 mm lamelmåtter. Der er 100 m fremløbsledning og 100 m returledning. Hovedledningerne efterisoleres til 55 mm. Ejendommen opvarmes med naturgas. Naturgaspris: 13,80 kr. pr. m ³ . Gaskedlen er ny og kondenserende. | | |
| Årlig energibesparelse kWh | Besparelse i kWh | 200 m rør x 34 kWh/m = | 6.800 kWh |
| Årlig energibesparelse | Besparelse omregnet til m ³ Besparelse i kr. | 6.800 kWh/11 kWh/m ³ = 618 m ³ x 13,80 kr./m ³ = | 618 m ³ 8.531 kr. |
| Årlig CO ₂ -besparelse | Besparelse i kg | 6.800 kWh x 0,205 kg/kWh = = | 1.394 kg 1,4 tons |

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Dimensionering

Ifølge Bygningsreglementet skal installationer udføres, så unødvendigt energiforbrug undgås. De skal isoleres mod varmetab og kondens i overensstemmelse med DS 452, Termisk isolering af tekniske installationer.

Montage

Rørføringerne skal muligvis flyttes lidt for at give plads til efterisoleringen.

Rørføring i etageejendomme er som oftest isoleret med lamelmåtter afsluttet med pap og lærred (kløtzellærred). Rørisoleringen efterses, og evt. manglende eller beskadiget isolering udbedres.

Rørføringerne efterisoleres med lamelmåtter afsluttet med pap og lærred. De nye lamelmåtter skal ligge så tæt som muligt mod den eksisterende isolering, pap og lærred.

Alternativt kan rørføringerne efterisoleres med rørsåle. De nye rørsåle skal ligge tæt mod den

eksisterende isolering. Det vil sige, at det indvendige mål på de nye rørsåle skal svare til det udvendige mål på den eksisterende isolering.

De nye rørsåle placeres uden på den eksisterende isolering. Rørsåle stødes tæt sammen. Alle samlinger lukkes, så de er tætte.

Rørsåle skal være forsvarligt fastholdt. Det kan fx gøres med galvaniseret jertråd eller med kobbertråd, som bindes rundt om rørsåle. Rørsåle kan stå uden beklædning eller afsluttes med en plast- eller metalkappe.

Hvis det ikke er muligt at flytte rørene, må man efterisolere en del af røroverfladen med den ønskede isoleringstykkelse, mens resten må isoleres med en mindre isoleringstykkelse.

Eftersyn

Der er ikke behov for regelmæssig eftersyn af rørisolering.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|---------------------------|--|----------------|----------------|
| Pladsforhold | Er der plads til efterisoleringen uden at flytte rørene? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 1 |
| Eksisterende rørisolering | Er den eksisterende rørisolering i rimelig god tilstand? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: Se 2 |

1. Pladsforhold

Hvis det er muligt, flyttes rørene lidt for at give plads til efterisoleringen. Rørene kan evt. isoleres sammen, hvis de ligger tæt.

2. Eksisterende rørisolering

Manglende eller beskadiget isolering udbedres, inden rørene isoleres yderligere.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Installationer skal isoleres mod varmetab og kondens i overensstemmelse med DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer.

Yderligere information

Dansk Standard:
DS 452 Termisk isolering af
tekniske installationer

Kontakt Videncenter for Energibesparelser
i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255,
hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



VENTILATION

Energirenovering af klimaskærmen er afgørende for at sikre et godt indeklima uden træk og energispild i etageejendomme. Men samtidig kræver en god, sund bygning en velfungerende ventilation. Derfor er det vigtigt at øge ventilationen, når klimaskærmen efterisoleres og tættes. Her er der desuden yderligere energibesparelser at hente ved at vælge et ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Læs på de næste sider om, hvilke krav der skal stilles til ventilationsanlæg, for at det er energieffektivt, samt hvordan installationen foretages korrekt.

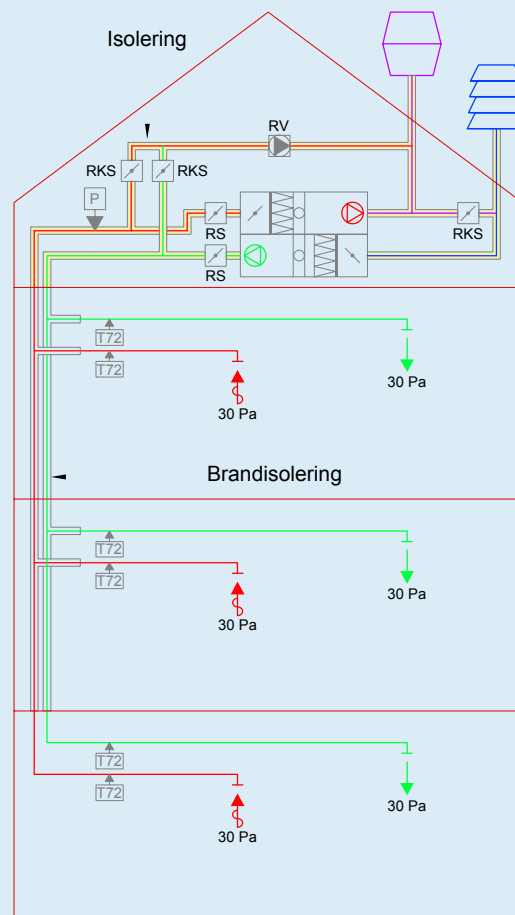
Central ventilation med varmegenvinding

Det anbefales at installere et ventilationsanlæg med varmegenvinding i en eksisterende etageejendom, hvis klimaskærmen er blevet energirenoveret og tætnet i forbindelse med fx vinduesudskiftning, facade-renovering og loftisolering eller i forbindelse med modernisering af køkken og bad.

Kun ved en relativt tæt klimaskærm sikres det, at beboerne får fuldt udbytte af ventilationen og opnår besparelser på energiforbruget til opvarmning. Enten opsættes et ventilationsanlæg centralt i ejendommen eller decentrale ventilationsanlæg i hver lejlighed. Anbefalinger og råd til det endelige valg af enten decentral eller central ventilation kan findes i Videncentrets Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme, som der henvises til i denne Energi-løsning.

Anbefaling

| | Varmegenvindingskrav | SFP krav |
|-----------|----------------------|------------------------|
| Minimum | 73 % | 1.500 J/m ³ |
| Lavenergi | 85 % | 1.200 J/m ³ |



Anbefaling (fortsat)

Den tørre virkningsgrad skal være dokumenteret iht. EN 308 og målt med ens massestrømme, uden kondensering af fugt og med en maksimal lækage på 3 %.

Vær opmærksom på, at aggregatleverandører i deres brochurermateriale kan angive en virkningsgrad helt op til 90 %, selvom dette ikke gælder i det aktuelle driftsområde og uden kondensation samt uden ventilatorvarmetilskud.

Det specifikke elforbrug skal være inkl. evt. energi ti ro-tormotorer og målt ved de armaturtryktab, som brandnormen kræver (30 Pa), og den luftstrøm der kræves til den enkelte lejlighed (typisk 126 m³/h).

Ved valg af anlæg med roterende varmevekslere bør man være opmærksom på en mindre lækage/lugtoverføring til indblæsningsluften i forbindelse med varmgenvindingen.

Ligeledes bør det sikres, at leverandøren har en afisningsstrategi til varmeveksleren, da de højeffektive vekslere kan ise til. Afisningen bør ikke bero på et reduceret luftskifte eller elvarmevlade.

Energibesparelse

Ved montage af et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding opnås der en energibesparelse i de enkelte lejligheder, idet 67-85 % af den udsugede varme kan genvindes.

Bemærk, at der ved konvertering fra naturlig ventilation kommer et mindre tillæg på elforbruget, idet der bruges el til at drive ventilationsanlægget.

Fordele

- Bedre økonomi pga. varmegenvinding og dermed lavere varmeregning
- Øget komfort og bedre indeklima
- Fugt i luften reduceres, og derved minimeres risikoen for fugt i husets konstruktioner og dermed for kondensdannelse og skimmelsvamp på kolde overflader
- Altid frisk luft filtreret for bl.a. pollen og sodpartikler
- Friskluftsvanter i ydervægge undgås

Nedenstående skema viser størrelsesordenen af den energibesparelse, der opnås, når henholdsvis et mekanisk udsugningsanlæg (uden varmegenvinding (VGV)) eller naturlig ventilation udskiftes med et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding.

| Eksisterende ventilationssystem | Nyt <u>centralt</u> ventilationsanlæg med varmegenvinding (VGV) | | |
|--|---|---------------------------------------|---|
| | Energibesparelse kWh/år | | |
| Naturlig ventilation eller mekanisk udsugning | Lejlighedens størrelse m ² | Minimum VGV = 67 % | Lavenergi VGV = 85 |
| | 60 | 3.049 | 3.870 |
| | 85 | 3.049 | 3.870 |
| | 100 | 3.049 | 3.870 |
| | 120 | 3.285 | 3.990 |
| Naturlig ventilation, dvs. udskiftning af luften 12 gange i døgnet | El energitillæg kWh/år | | |
| | Lejlighedens størrelse m ² | Minimum SFP = 1.500 J/ m ³ | Lavenergi SFP = 1.200 J/ m ³ |
| | 60 | 460 | 368 |
| | 80 | 460 | 368 |
| | 100 | 460 | 368 |
| | 120 | 475 | 379 |

Energibesparelse (fortsat)

| | El energitillæg kWh/år | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Lejlighedens størrelse m ² | SFP = 1.800 ift. SFP 1.000 | SFP = 1.500 ift. SFP 1.000 |
| Mekanisk udsugning (SFP =1000) | 60 | 245 | 153 |
| | 80 | 245 | 153 |
| | 100 | 245 | 153 |
| | 120 | 253 | 158 |

Hvis lejligheden ikke ventileres svarende til Bygningsreglementets krav, dvs. 12 gange i døgnet, bliver besparelsen mindre.

Eksempel på energibesparelse

| | | |
|---|---|---|
| Forudsætninger | <p>En tætnet og efterisoleret etageejendom med naturlig ventilation forsynes med et mekanisk ventilationsanlæg med varmegenvinding. Ventilationsanlægget har en varmegenvinding på 85 % og en SFP på 1.500 J/m³. Der er 12 lejligheder i ejendommen.</p> <p>Lejlighederne er på 60 m² med et køkken og et badeværelse.</p> <p>Elprisen er 2,70 kr./kWh Fjernvarmeprisen er 0,50 kr./kWh</p> | |
| Årlig energibesparelse kWh | <p>Opvarmning af frisk luft ved naturlig ventilation 12 x 3.870 kWh =</p> <p>Elforbrug til drift af central ventilation 12 x 460 kWh =</p> <p>Besparelse 46.440 kWh - 5.520 kWh =</p> | <p>46.440 kWh</p> <p>5.520 kWh</p> <p>40.920 kWh</p> |
| Årlig økonomisk besparelse kr. | <p>Besparelse fjernvarme 46.440 kWh/år x 0,50 kr./kWh =</p> <p>Omkostninger el til drift af ventilationsanlæg 2,70 kr./kWh x 5.520 kWh =</p> <p>Besparelse 23.220 kr. - 14.904 kr. =</p> | <p>23.220 kr.</p> <p>14.904 kr.</p> <p>8.316 kr.</p> |
| Årlig CO₂-besparelse kg | <p>CO₂-besparelse fjernvarme 0,072 kg/kWh x 46.440 kWh =</p> <p>CO₂-tillæg el 0,211 kg/kWh x 5.520 kWh =</p> <p>CO₂-besparelse 3.244 kg - 1.165 kg =</p> | <p>3.344 kg</p> <p>1.165 kg</p> <p>2.179 kg</p> <p>2,2 tons</p> |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Ved en central løsning placeres aggregatet typisk i loft- eller kælderrum med ventilationskanaler, der forsyner én eller flere opgange.

Anlægget kan opbygges som:

- Røgventileret system
- Brand- og røgafspærret system med lodret hovedkanal ført i EI 60 A2-s1,d0 (BS 60) skakt

- Brand- og røgafspærret system med lodret hovedkanal ført som almindelig kanal gennem etageadsillelser.

Nedenstående tabel sammenligner energiforbrug, tryktab og anlægsomkostninger ved ovennævnte anlægsudformninger.

| Anlægsudformning | Totalt energiforbrug | Standby forbrug | Tryktab over spjæld | Tryktab over armaturer | Anlægsomkostning |
|---|----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|------------------|
| Røgventileret | Lavt | Lavt | Lavt | Mellem | Højt |
| Brand- og røgafspærret med spjæld til lejlighed | Mellem | Mellem | Mellem | Lavt | Højt |
| Brand- og røgafspærret med spjæld i etageadskillelserne | Højt | Højt | Meget højt | Lavt | Højt |

Fælles for alle systemerne er, at ventilationen tilvejebringes ved udsugning i køkken, bad/WC og evt. bryggers samt indblæsning i stuer og værelser. Afkast og indtag sker over tag.

Afhængigt af systemets opbygning er der forskellige krav til brandsikkerhed og forskellige løsninger til, hvordan ventilationen energimæssigt og økonomisk bedst tilvejebringes. Se i Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme.

Dimensionering

Ventilationsanlæg med separat emhætte (egen ventilator)

Ventilationsanlægget skal dimensioneres til et luftskifte på minimum 0,30 l/s pr. kvadratmeter opvarmet etageareal.

Såfremt ventilationssystemet ved måling er i stand til at regulere udelufttilførslen efter tilfredsstillende luftkvalitet og fugtforhold i boligen, er det dog tilfaldt at reducere udelufttilførslen til 0,15 l/s pr. m² i en længere periode over døgnnet, hvis boligen ikke er i anvendelse.

Derudover skal der, evt. på anden vis, være mulighed for et øget luftskifte fra køkken, bad, toilet bryggers og kælder på:

Køkken: 20 l/s (72 m³/h)
 Bad og toilet: 15 l/s (54 m³/h)
 Toilet/bryggers: 10 l/s (36 m³/h)

Er den arealmæssige udelufttilførsel lavere end hvad udsugningen fra køkken, bad, toilet og bryggers kanforøges til, kan det tillades, at anlægget kører behovs- styret (variabelt VAV-anlæg).

Mindre areal og flere fugtige zoner giver større mulighed for at anvende VAV.

Ved etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding vil emhætten typisk blive udskiftet som led i arbejdet. Emhætten skal jf. BR18 have en emopfangsevne på 75 % eller højere. Ofte vil den udsugede luftmængde fra emhætten være væsentligt højere end de krævede 72 m³/h.

Ventilationsanlæg med emhætte tilkoblet anlægget

Ventilationsanlægget skal i princippet dimensioneres som et anlæg med separat emhætte (egen ventilator). Forskellen er dog, at hvis den maksimalt udsugede luftmængde fra emhætten er større end de krævede 72 m³/h, så skal anlægget dimensioneres efter den større luftmængde.

Montage

Friskluft skal indblæses i opholdsrum, og der skal suges ud fra køkken og bad. Det skal sikres, at der sker en god overførsel af luften fra opholdsrum til køkken og bad. Der er krav om 100 cm² mod adgangsrum og oplukkeligt vindue/dør eller lem i rum, som der suges fra.

Ventilationsaggregatet placeres typisk på loft eller i kælder. Placering af aggregat på anden etage er muligt, men stiller yderligere krav til ventilationsrum m.m.

Aggregatet bør placeres i centrum af det område, det skal betjene. Det er en god ide, hvis aggregatet ikke placeres lige oven på et sove- eller opholdsrum for at minimere risikoen for eventuelle støjgener. Desuden skal aggregatet placeres med plads omkring det til at forbinde kanaler, tilslutte strøm og afløb.

Hvis aggregatet er placeret i et lille rum med hårde overflader, vil støjniveauet omkring dette stige i forhold til en fri placering i et større rum. Der bør være plads til opsætning af tykt lydabsorberende materiale på rummets indvendige sider (væg og loft). Dette kan reducere lydniveauet væsentligt.

Hvis ventilationsaggregatet placeres på loftet, skal det stå på et fast underlag. Underlaget skal være vibrationsdæmpet for at undgå bygningslyd fra aggregatet. Dette kan fx opnås ved at opbygge en sandwichkonstruktion af en finerplade nederst, herover 100 mm trædefast mineraluld afsluttet med betonflise og med svingningsdæmpere, som aggregatet stilles på.

Placeres anlægget på loftet, bør der monteres et styrepanel med relevante driftsalarmer placeret synligt for driftspersonalet i stueetage eller kontor.

Ved behovsstyring anbefales det, at der reguleres, så vandindholdet i luften indendørs ikke er større end det aktuelle vandindhold udendørs + 3 gram.

For at tilføre de sidste 10-20 % varme til indblæsningsluften om vinteren kan ventilationsaggregatet have en vandbaseret eftervarmeplade, hvis dets varmegenvindingsgrad er under ca. 85 %. Tilslutning af

varmerør til vandeftervarmepladen skal udføres af en autoriseret vvs-installatør. Varmerørene skal isoleres, og der skal etableres frostsikring.

En autoriseret el-installatør skal slutte strøm til aggregatet og bør samtidig etablere en udligningsforbindelse til ventilationskanalerne.

Ventilationsanlæg med et elforbrug til ventilatorerne over 3.000 kWh pr. år skal forsynes med elmålere. Ventilationsanlæg med et varmeforbrug til varmeplader over 10.000 kWh pr. år skal forsynes med varmeenergimålere.

Elforbruget i elvarmeplader, hvor det samlede forbrug overstiger 3.000 kWh pr. år, skal også forsynes med målere.

Ventilationskanaler

Kanalsystemet bør som grundregel udføres så enkelt og ensartet som muligt i alle lejlighederne, da det gør indreguleringen lettere. Kanalsystemet kan udføres på flere forskellige måder afhængig af opførelsestidspunkt af den respektive ejendom. Se mere om det i Guiden Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme.

En central røgventileret løsning anbefales ofte til byggeri opført i perioden 1850 - 1900.

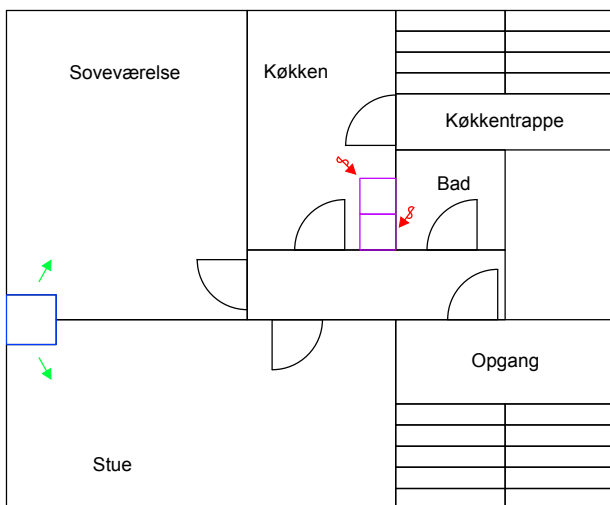


Fig 1: Løsning 1 - med anvendelse af eksisterende skorsten i stue til indblæsning + eksisterende aftræk i køkken/bad til udsugning.

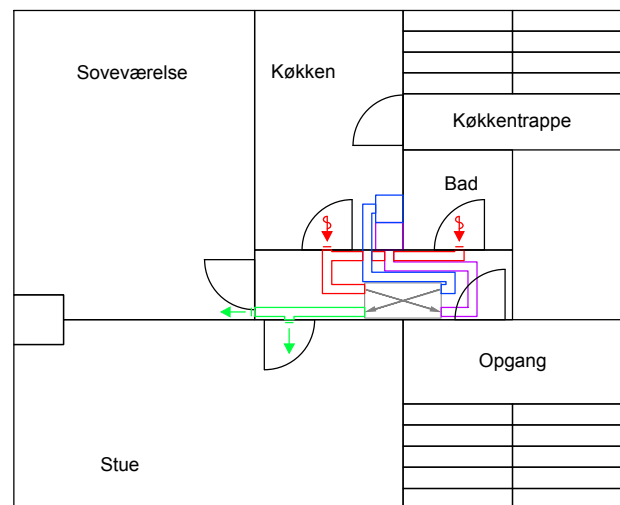


Fig 2: Løsning 2 - med anvendelse af eksisterende skorsten i køkken til udsugning og eksisterende skorsten i stue til indblæsning.

Udsugningarmaturer placeres så tæt på fugtafgiver som muligt. Indblæsningsarmaturer placeres længst væk fra døren/overstrømningsventilen. Hvis dette ikke er muligt, bruges armaturer, der blæser luften langt ind i rummet.

Luftlyd fra kanaler og ventiler i lejligheden samt støj fra aggregatet må ikke overstige 30 dB(A).

Er der rene toner, reduceres kravet til 25 dB(A). Støjgener fra ventiler og kanaler kan opstå som følge af underdimensionerede kanaler og ventiler. Her ved øges lufthastigheden og dermed trykfaldet over ventiler, hvilket forårsager "susulyde". Det er altså vigtigt, at hele ventilationssystemet er veldimensioneret, hvis risikoen for støjgener skal minimeres.

Indregulering og aflevering

Når ventilationsanlægget og ventilationskanalerne er monterede, skal det samlede ventilationsanlæg indreguleres og afleveres.

Ventilationsanlægget skal være udført, indreguleret og afleveret som anvist i DS 447, Norm for mekaniske ventilationsanlæg. Anvisningerne mht. aflevering og dokumentation SKAL overholdes.

Relevante punkter med hensyn til, hvad en aflevering skal indeholde, er gengivet nedenfor:

- Drifts- og vedligeholdsinstruktion
- Anlægsbeskrivelse indeholdende:
 - Beskrivelse: Fx kontroludsugningsanlæg der består af ...
 - Funktion: Fx ½ gang luftskifte i timen
 - Beskrivelse af brand- + røgsikring
 - Opbygning (tegninger)
- Komponentoversigt + data (datablade)
- Styringsbeskrivelse + funktionsdiagram
- Vedligeholdsanvisninger. Rengøring herunder bl.a.:
 - Bruger: Rengøring af ventiler mv. - hvordan og tidsinterval
 - Bruger/varmemester: Rengøring og vedligehold af hele systemet - hvordan og tidsinterval
- Anlægstegninger
- Indreguleringsrapport
- Kræv yderligere et maksimalt trykfald på 300 Pa i etageejendomme/40 Pa ved decentrale aggregater

Tjekliste

Der skal foretages forundersøgelse af ejendommen, hvor der ønskes etableret balanceret ventilation med varmegenvinding. Tjeklisten nedenfor er baseret på, at det forventes, at et centralt anlæg kan etableres.

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|--|--|--------------------|-----------------|
| Bygningens alder | Opførelsesår for bygning | Årstal [] | Se 1 |
| Renovering af bygning | Årstal for større renoveringer | Årstal [] | Se 2 |
| Fredning | Er ejendommen omfattet af facadeklausuler eller anden fredning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Systemopbygning | Anvendes et røgventileret system? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Tætning af klimaskærm | Er klimaskærmen blevet tætnet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Antal opholds- og soverum | Er der flere end to opholdsrum pr. lejlighed? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 6 |
| Kanalføring (1) | Kan der skaffes adgang til to eksisterende skorstene/aftrækskanaler pr. lejlighed? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 7 |
| Kanalføring (2) | Er skorstene benyttet til røgaftræk? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 8 |
| Kanalføring (3) | Er skorstene fyldt med byggeaffald m.m.? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 9 |
| Placering af aggregat | Findes der et tilstrækkeligt frirum (højde og areal) i tagrum til at etablere et aggregat (til en eller flere opgange)? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 10 |
| Kanalføring fra aggregat | Er det muligt at føre vandrette kanaler i tagrum fra aggregat til lodrette kanaler (skorstene/eksisterende aftrækskanaler og nye kanaler)? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 11 |
| Adgangsforhold til loft | Er det muligt at bære et modulopbygget centralt aggregat op til tagrum? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 12 |
| Frostfri placering af aggregat | Kan aggregatet placeres frostfrit? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 13 |
| Afløb for kondensvand | Er det muligt at føre afløb fra aggregat til faldstamme? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 14 |
| Underlag for aggregat | Er det muligt at etablere et fast og vibrationsfrit underlag, som aggregatet kan stå på? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 15 |
| Plads til servicering af aggregat | Er der god plads foran aggregatet, så man kan komme til at servicere det? | Ja [] Nej [] | Se 16 |
| Isolering af ventilationskanaler | Er det muligt at brand- og kondensisolere de nye kanaler fra aggregat til skorsten? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 17 |
| Isolering af indtags- og afkastkanaler | Er indtags- og afkastkanaler isolerede? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 18 |
| Fald på afkastkanal | Er det muligt at opføre kanal til afkast med fald? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 19 |
| Lydisolering mellem lejligheder | Benyttes fælles hovedkanal mellem etagerne? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 20 |

1. Bygningsalder

Alder er afgørende for fremføringsmuligheder. Se den nævnte guide.

2. Renovering af bygning

Større renovering kan betyde, at tagetagen udnyttes, hvilket umuliggør centralt anlæg på loft (alternativt placering kan være i kælder). Endvidere kan skorstenspipen være revet ned og byggeaffald nedkastet i skorstensrør.

3. Fredning

Hvis der er facadeklausuler eller anden fredning for ejendommen, vil det ofte betyde, at der er krav til den arkitektoniske udformning af henholdsvis indtag og afkast. Se Guide.

4. Systemopbygning

Hvis ikke et røgventileret system anvendes, som anbefalet, skal det sikres, at der er tilstrækkelig plads til brand- og røgspjæld fra eksisterende skorstene/aftrækskanaler til lejlighed. Ved opførelse af nye kanaler kan brand- og røgspjæld i etageadskillelsen anvendes. Herved mindskes pladsbehovet. Se Guide.

5. Tætning af klimaskærm

Hvis klimaskærmen ikke allerede er blevet tætnet, er der behov for dette, da infiltrationen ellers vil være for høj.

6. Antal opholds- og soverum

Er der flere end to opholds- og soverum, skal det kontrolleres, om alle rum støder direkte op til en skorsten. Én skorsten kan forsyne 5 etager med lejligheder op til 200 m².

7. Kanalføring (1)

Der er brug for enten to skorstene pr. lejlighed, en skorsten og en aftrækskanal pr. lejlighed eller to aftrækskanaler pr. lejlighed. Ellers skal der etableres nye lodrette kanaler/skakte som erstatning. Det er relativt pladskrævende og vil i mange tilfælde stille krav om brandisolering (se Guide). Vær opmærksom på, at placering af skorstene skal være i henholdsvis køkken og mellem lejlighedens opholdsrum. Skorstenene må kun betjene en lejlighed pr. etage. Se yderligere løsninger i Guide.

8. Kanalføring (2)

Hvis skorstenene er benyttet til røgaftræk, kan de ikke bruges til fremføring af ventilationskanaler.

9. Kanalføring (3)

Det bør undersøges, om byggeaffaldets top er højere end ½ m fra stueetagens loft. Hvis dette er tilfældet, kan skakten sandsynligvis ikke anvendes, medmindre nye oprensningstværværktøjer udvikles.

10. Placering af aggregat

Se Guide.

11. Kanalføring fra aggregat

Hvis ikke loftet kan anvendes, skal et alternativt sted til aggregatet findes fx kælder. Eller man kan vælge anden løsning fx decentral ventilation.

12. Adgangsforhold til loft

Hvis adgangsforholdene ikke er tilstrækkelige, skal taget åbnes og aggregat løftes ind med kran. Ellers kan andre placeringsmuligheder undersøges fx kælder. Vær opmærksom på, at der findes både modul- og ikke-modulopbyggede anlæg. Se Guide.

13. Frostfri placering af aggregat

Hvis ventilationsaggregatet placeres et sted, hvor der er risiko for frost - fx i tagrum - skal det være sikret mod frost. Dvs., at det skal efterisoleres med minimum 50 mm isolering, eller der skal vælges et præisolert aggregat. Evt. vandeftervarme skal være sikret mod frostsprængning, og kondens afløbet skal være isoleret. Ekstra sikring kan opnås ved at placere aggregat på en vandtæt bakke med 10 cm opsamlingskant og afløb med fald mod tagrende. Vandeftervarmebladen og dyr frostsikringsautomatik kan dermed undværes, hvis varmevekslerens effektivitet er mindst 85 % ved den maksimale luftstrøm. Desuden kan der spares energi.

14. Afløb for kondensvand

Hvis der ikke kan etableres et afløb, kan et aggregat med roterende veksler alternativt anvendes. Vær opmærksom på lugtgener ved anvendelse af roterende veksler. I visse tilfælde kan afløb alternativt ledes til tagrende (el-tracer).

15. Underlag for aggregat

En sandwichkonstruktion skal anvendes. Se Guide. Etableres der underlag på et elastisk bærelag, fx hanebånd er det vigtigt, at denne afstives under sandwichkonstruktionen.

16. Plads til servicering af aggregat

Aggregatet skal placeres med mindst 60 cm foran aggregatets front, så det er muligt at komme til at servicere det. Lågen skal desuden kunne åbnes 90° uden at støde på forhindringer.

17. Isolering af ventilationskanaler

Hvis ikke det er muligt at brand- og kondensisolere ventilationskanaler, skal et brand- og røgafspærret system anvendes (BRS og RS). Se DS 428-4 og DS 452.

18. Isolering af indtags- og afkastkanaler

Indtags- og afkastkanaler skal isoleres med mindst 50 mm isolering afsluttet med en beklædning af plast eller alufolie udvendigt.

19. Fald på afkastkanal

Der skal være et let fald på afkastkanalen mod ventilationsaggregatet, så evt. kondensvand ledes væk.

20. Lydisolering mellem lejligheder

Ved fælles kanalføring skal der monteres en lyddæmper enten lige før eller efter en etageadskillelse for at undgå, at lyd bevæger sig fra lejlighed til lejlighed.

Bemærk, at der kan forekomme lydoverførelser mellem rum i en lejlighed. Dette kan afhjælpes ved at installere lyddæmpere på kanalstrækningerne.

Indeklima

Et ventilationsanlæg hjælper med at udskifte luften i bygningen. Hermed sikres en bedre luftkvalitet, og risikoen for fugtproblemer reduceres kraftigt. Hvis filtret udskiftes med jævne mellemrum, reduceres koncentrationen af udefrakommende partikler og pollen i indeluften.

Det er vigtigt, at filtrene udskiftes i henhold til producentens anvisninger, da gamle tilsmudsede filtre kan være en væsentlig kilde til forurening af indeluften.

Når anlægget dimensioneres, er det vigtigt at reducere støjgener fra anlægget så meget som muligt. Overvej ligeledes risikoen for træk fra anlægget.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved nyinstallation i en eksisterende bygning eller en total udskiftning af et eksisterende mekanisk ventilationsanlæg stiller det gældende bygningsreglement krav.

Kravene er blandt andre, at ventilationssystemet skal projekteres og udføres, så det opfylder kravene i DS 447 Ventilation i bygninger, DS 428 Norm for brandtekniske foranstaltninger ved ventilationsanlæg og DS 452 for isolering af tekniske installationer.

For bygninger, der anvendes til bolig skal de konkrete ventilationskrav i gældende bygningsreglement opfyldes med hensyn til luftmængder.

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.

For den energimæssige ydeevne af et mekanisk ventilationsanlæg stilles der krav i bygningsreglementet om brug af varmegenvinding og til anlæggets elforbrug til lufttransport (SFP-krav). Energiløsningens minimumsanbefaling opfylder netop kravene.

I særlige tilfælde, hvor det for eksempel af bygnings-tekniske årsager ikke kan lade sig gøre at opfylde kravene i det gældende bygningsreglement fuldt ud, kan der søges om dispensation. Fx kan der af pladshensyn, være behov for at bruge mindre ventilationskanaler, og dermed øges tryktabet, som har betydning for SFP-kravet, hvorved kravet måske ikke kan opfyldes.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning inden ventilationsanlægget tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Yderligere information

Bygningsreglementet BR18

www.bygningsreglementet.dk

- Kapitel 22 "Ventilation" - Krav og vejledning
- Andre vejledninger - Vejledning om installationer i eksisterende bygninger - kapitel 3 "Eksempler på installationsarbejder - Balance-ret mekanisk ventilation"

EU-forordninger

- www.eur-lex.europa.eu
- 1253/2014 vedr. krav til miljøvenligt design for ventilationsaggregater
- 1254/2014 om energimærkning af ventilationsaggregater til boliger

Danske standarder:

- DS 428 Brandsikring af ventilationsanlæg
- DS 447 Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer
- DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
- DS/EN 308 Varmevekslere. Prøvningsmetoder til bestemmelse af ydeevne for luft til luft- og røggasvarmegenvindingsanordninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Decentral ventilation med varmegenvinding

Det anbefales at installere et ventilationsanlæg med varmegenvinding i en eksisterende etageejendom, hvis klimaskærmen er blevet energirenoveret og tætnet i forbindelse med fx vinduesudskiftning, facaderenovering og loftisolering eller i forbindelse med modernisering af køkken eller bad.

Kun ved en relativ tæt klimaskærm sikres det, at beboerne får fuldt udbytte af ventilationen og opnår besparelser på energiforbruget til opvarmning.

Enten opsættes et ventilationsanlæg centralt i ejendommen eller decentrale ventilationsanlæg i hver lejlighed. Anbefalinger og råd til det endelige valg af enten decentral eller central ventilation kan findes i "Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme", som der henvises til i denne energiløsning.

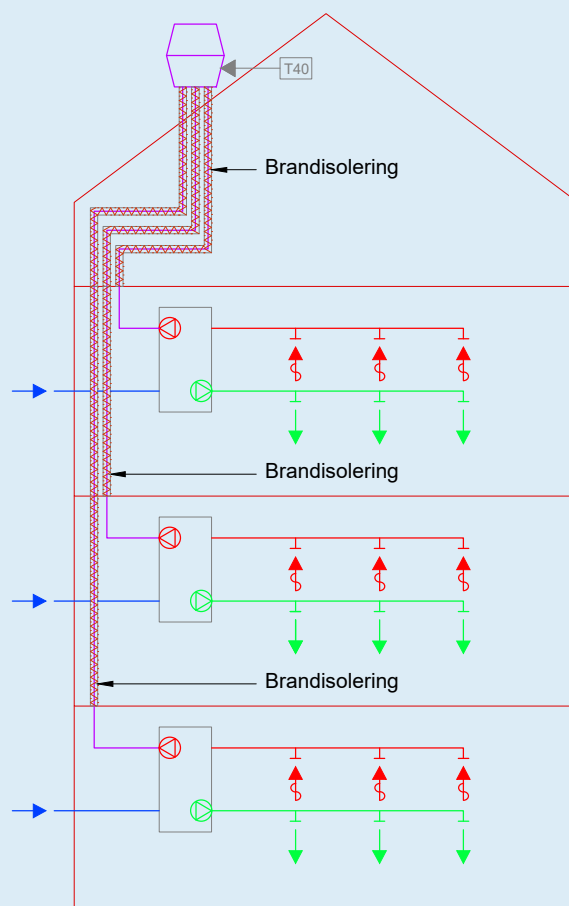
Anbefaling

Minimum:

| Varmegenvindingskrav | SFP krav |
|----------------------|-----------------------|
| 80 % | 1000 J/m ³ |

Lavenergi:

| Varmegenvindingskrav | SFP krav |
|----------------------|----------------------|
| 85 % | 800 J/m ³ |



Anbefaling (fortsat)

Den tørre virkningsgrad skal være dokumenteret iht. EN 308 og målt med ens massestrømme uden kondensering af fugt og med en maksimal lækage på 3 %.

Det specifikke elforbrug skal være inkl. evt. energi til ro-tormotorer og den luftstrøm, der kræves til den enkelte lejlighed (typisk 126 m³/h) Vær opmærksom på, at aggregatleverandører i deres brochuremateriale kan angive en virkningsgrad helt op til 90 %, selvom dette ikke gælder i det aktuelle driftsområde og uden kondensation og uden ventilatorvarmetilskud.

Energibesparelse

Nedenstående skema viser størrelsesordenen af den årlige energibesparelse ved udskiftning fra hhv. mekanisk ventilation uden varmegenvinding og naturlig ventilation til decentral ventilation. Bemærk, at der ved konvertering fra naturlig ventilation kommer et mindre tillæg på elforbruget, idet der bruges el til at drive ventilationsanlægget

| Eksisterende ventilationssystem | Nyt <u>decentralt</u> ventilationsanlæg med varmegenvinding (VGV) | | |
|--|---|---|--|
| | Lejlighedens størrelse m ² | Minimum VGV = 80 % Varmebesparelse kWh/år | Lavenergi VGV = 85 % Varmebesparelse kWh/år |
| Naturlig ventilation eller mekanisk udsugning | 60 | 3.640 | 3.870 |
| | 80 | 3.640 | 3.870 |
| | 100 | 3.640 | 3.870 |
| | 120 | 3.755 | 3.990 |
| | Lejlighedens størrelse m ² | SFP = 1000 J/ m ³ Mer elforbrug KWh/år | SFP = 800 J/ m ³ Mer elforbrug KWh/år |
| Naturlig ventilation | 60 | 307 | 245 |
| | 80 | 307 | 245 |
| | 100 | 307 | 245 |
| | 120 | 316 | 253 |
| Mekanisk udsugning (SFP = 1000 J/m ³) | 60 | 0 | -61 |
| | 80 | 0 | -61 |
| | 100 | 0 | -61 |
| | 120 | 0 | -63 |

Hvis lejligheden ikke ventileres svarende til Bygningsreglementets krav, dvs. 12 gange i døgnet, bliver besparelsen mindre.

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:

1 liter olie = 8-10 kWh. 1 m³ naturgas = 9-11 kWh.
(højest for nye kedler)

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Er lofthøjden ikke tilstrækkelig, kan aggregat i køkkenmodulstørrelse anvendes. Aggregatet placeres i køkkenet mod gang i et højskab, der også skjuler kanaler ført fra aggregat til lejlighedens gang. Ventilationsaggregatet placeres i køkkenmodul og skal stå på et fast underlag. Underlaget skal være vibrationsdæmpet. Dette kan fx opnås ved at opbygge en sandwichkonstruktion af en finerplade nederst, herover 100 mm trædefast mineraluld afsluttet med betonflise, som aggregatet med svingningsdæmpere stilles på.

Det anbefales at koble emhætten til ventilationsanlægget, fordi en emhætte med separat afkast til det fri uden om ventilationsanlægget ellers kan inducere en kuldebro og øge infiltrationen. Styrepanel med relevante driftsalarmer placeres synligt i øjenhøjde. Ved behovsstyring anbefales det, at regulere luftmængden, så vandindholdet i luften indendørs er maksimalt 3 gram større end det aktuelle vandindhold udendørs.

Udførelse (fortsat)

Ved brug af ventilationsaggregater med modstrømsvarmeveksler skal kondensafløb tilsluttes til afløb. En autoriseret el-installatør skal slutte strøm til aggregatet og bør samtidig etablere en udligningsforbindelse til ventilationskanalerne, såfremt de udføres i stål.

Ventilationskanaler

Det er stort set altid at foretrække både økonomisk og arkitektonisk i videst omfang at anvende de eventuelle eksisterende kanaler/skorstene til indtag og afkast. Det forudsætter, at de brandmæssigt (hvad angår tæthed og brandmodstand) samt lugtmæssigt (sod i skorstene) kan bringes i orden med en brand-sikker coating. Herved respekteres arkitekturen i den aktuelle ejendom og samtidigt reduceres omkostningerne til installationerne. Det er yderst vigtigt, at valg af løsning foretages på baggrund af de mulige fremførings- og installationsmuligheder, der er tilstede i ejendommen. Der henvises her til "Guide: Ventilation med varmegenvinding i etageejendomme".

Hvis den eksisterende skorsten anvendes som fælles indtag/afkast for en opgang, indmures en betonflise mellem skorstenens øvre og nedre del. Over flisen anvendes skorstenen som enten afkast eller indtag. Skorstenens nedre del anvendes ikke.

Hvis der skal etableres nye kanaler til indtag og afkastkanaler, skal disse udføres i spiralfædede rør/rektangulære metalkanaler med tætning af gummiringe. Hvis de eksisterende føringsveje for kanaler tillader større dimensioner end 100 x 100 mm, bør dette udnyttes. En dimension større (125 mm) vil reducere tryktabet til ca. 30 % af det ellers opnåede.

Kanaler i uopvarmede rum skal kondensisoleres med minimum 50 mm isolering. Vær opmærksom på, at der ud over kondensisolering kan kræves brandiso-

lering. Se mere herom i "Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme". Kanalerne inde i lejligheden kan udføres med plastkanaler. I så fald er der krav om, at afkast- og indtagskanaler til og fra lejligheden ikke må udføres i plast, og at disse føres separat til op over tagflade. Hvis der anvendes plastkanaler udgår disse oftest fra manifold til den enkelte udsugning/indblæsning. Typisk mellem $\varnothing 60$ - $\varnothing 80$ mm.

Luftlyd fra kanaler og ventiler i lejligheden samt støj fra aggregatet må ikke overstige 30 dB(A). Er der rene toner, reduceres kravet til 25 dB(A). Er trykfaldet eksempelvis for højt over en ventil, fordi kanalsystemet er udført med få små dimensioner, kan dette forårsage øget støj, hvorved kravet ikke kan overholdes. Det er derfor vigtigt, at hele anlægget er veldimensioneret. Indblæsnings- og udsugningsarmaturerne skal ved ønsket luftstrøm have et maksimalt tryktab på 10-15 Pa.

Udsugningarmaturer placeres så tæt på fugtafgiver som muligt. Indblæsningsarmaturer placeres længst væk fra døren/overstrømningsventilen. Hvis dette ikke er muligt bruges armaturer, der blæser luften langt ind i rummet. Hvis skorstenspipen over tagryg er revet ned, skal der etableres nyt afkast, som i mange tilfælde i ældre byggerier skal være arkitektonisk korrekt pga. facadeklausuler.

Da de eksisterende aftræk i en decentral løsning ofte fungerer som både indtag og afkast, kræver det udfletning fra de forskellige lejligheder på loft. Den ene side af betonkernen er en opgangsindtag, og den anden er afkast. Skal det undgås, at kanalerne føres separat og brandisoleret fra betonkernen til indtag/afkast, skal tryktabet i afkastet/indtaget være meget lille (under 20 Pa, og der må i så fald ikke anvendes plastikkanaler i lejligheden). Indtags- og afkasthætter bør som minimum overholde nedenstående punkter med hensyn til afstande:

- 1,0 meter målt vandret i ydervæg og på tag. Alternativt kan afkast hæves 1,0 meter målt lodret over overkant af luftindtag
- 2,5 meter målt lodret nedad i ydervæg, hvis den vandret er placeret indenfor 1,0 m
- 2,5 meter målt vandret på tag til luftafkast fra røgventilator for røgventilerede systemer eller for røgdudluftningsanlæg. Alternativt kan afkast hæves 1,0 meter målt lodret over overkant af luftindtag

Hvis dette ikke kan overholdes, skal luftindtag forsynes med røgspjæld og røgdetektor jf. DS 428. Indtagshætter skal føres over tagryggen.

Hvis der er tale om en indtagsrist, bør den placeres på en nordvendt væg for at opnå køleeffekt om sommeren.

Indtag kan også etableres i den enkelte lejlighed mod gårdside via eksisterende rist/åbning i klimaskærm fra tidligere fadebur, hvilke ofte kan være en billigere løsning. Se eksempler på indtag og afkast i "Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme".

Armaturerne skal ved ønsket luftstrøm have et maksimalt tryktab på 10-15 Pa.

Aflevering og indregulering

Ventilationsanlægget skal indreguleres og afleveres som anvist i DS 447, Norm for mekaniske ventilationsanlæg.

Relevante punkter mht., hvad en aflevering skal indeholde, er gengivet her.

- Drifts- og vedligeholdsinstruktion
- Anlægs beskrivelse indeholdende:
 - Beskrivelse: Fx kontroludsugningsanlæg der består af ...
 - Funktion: Fx ½ gang luftskifte i timen
 - Beskrivelse af brand- + røgsikring
 - Opbygning (tegninger)
- Komponent oversigt + data (datablade)
- Styringsbeskrivelse + funktionsdiagram
- Vedligeholdsanvisninger. Rengøring bl.a.:
 - Bruger: Rengøring af ventiler mv. - hvordan og tidsinterval
 - Bruger/varmemester: Rengøring og vedligehold af hele systemet - hvordan og tidsinterval
- Anlægstegninger
- Indreguleringsrapport

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-----------------------------------|--|--------------------|-----------------|
| Bygningsalder | Opførelsesår for bygning | Årstal [] | Se 1 |
| Skorsten | Kan eksisterende skorsten anvendes som kanal? | Ja [] Nej [] | Se 2 |
| Fredning | Er ejendommen omfattet af facadeklausuler eller anden fredning? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Tætning af klimaskærm | Er klimaskærmen tilstrækkelig tæt? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 4 |
| Kanalføring (1) | Findes der et eksisterende hul mod gård (fadebur) og en aftrækskanal? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 5 |
| Kanalføring (2) | Findes der to eksisterende aftrækskanaler dels fra køkken og bad? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 6 |
| Placering af aggregat | Er lofthøjden over 2,7 m? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 7 |
| Adgangsforhold til lejlighed | Kan der træffes aftale med lejerne om adgang til lejlighederne i forbindelse med udførelsen af service på anlæggene? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 8 |
| Afløb for kondensvand | Er det muligt at føre afløb fra aggregat til øvrige afløbsinstallationer? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 9 |
| Underlag for aggregat | Er det muligt at etablere et fast og vibrationsfrit underlag, hvis aggregatet placeres i køkkenet? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 10 |
| Ophæng for aggregat | Er det muligt at etablere et fast og vibrationsfrit ophæng, hvis aggregatet placeres i gangen? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 11 |
| Plads til servicering af aggregat | Er der med den valgte placering tilstrækkelig plads foran aggregatet, så man kan komme til at servicere det? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 12 |
| Fald på afkastkanal | Er det muligt at udføre afkastkanal fra aggregat til eksisterende aftrækskanal med svagt fald? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 13 |

1. Bygningsalder

Alder er afgørende for fremføringsmuligheder. Se ”Guide: Ventilation med varmegenvinding i eksisterende etageejendomme.”

2. Skorsten

Større renovering kan have medført, at skorstenspi-ben er blevet revet ned, og byggeaffald er nedkastet i skorstensrør. I så fald kan øvrig del af skorstenen ikke anvendes til samlet indtag/afkast. Se guide.

3. Fredning

Hvis der er facadeklausuler eller anden fredning for ejendommen, vil det ofte betyde, at der er krav om den arkitektoniske udformning af hhv. indtag og afkast. Se guide.

4. Tætning af klimaskærm

Hvis klimaskærmen ikke allerede er blevet tætnet, er der behov for dette, da infiltrationen ved etablering af ventilationsanlæg ellers vil være for høj.

5. Kanalføring (1)

Findes der én eksisterende aftrækskanal, men intet eksisterende hul mod gård (fadebur) etableres en ny indtagskanal i gangen langs væg. Findes der ingen eksisterende aftrækskanal, skal der fremføres ny separat afkastkanal til den enkelte lejlighed. Indtag som ovenstående. Se guide

6. Kanalføring (2)

Findes der to kanaler, anvendes disse hhv. til indtag og afkast. Hvis ikke, fremføres to nye separate kanaler til hhv. indtag og afkast i gangen. Se guide.

7. Placering af aggregat

Er lofthøjden 2,7 m eller derover placeres aggregatet i lejlighedens gang over nyt nedhængt loft (byggehøjde for aggregat 30 cm). Er loftshøjden under 2,7 m overvejes alternativ placering i køkken med aggregat i køkkenmodul mål placeret i nyt højskab, som skjuler kanalføringer. Se guide.

8. Adgangsforhold til lejlighed

Er det ikke muligt, bør en central løsning overvejes.

9. Afløb for kondensvand

Hvis der ikke kan etableres et afløb, kan et aggregat med roterende veksler alternativt anvendes.

10. Underlag for aggregat

En sandwichkonstruktion skal anvendes. Se guide.

11. Ophæng for aggregat

Anlægget skal om muligt ophænges i mere end fire punkter (større areal). Se guide. Om muligt vurderes yderligere støjdæmpende foranstaltninger (trædefast mineraluld fastgjort til væg og loft) over nyt nedhængt loft i gang

12. Plads til servicering af aggregat

Aggregatet skal placeres, så der er god mulighed for serviceadgang for at kunne skifte filtret.

13. Fald på afkastkanal

Der skal være et let fald på afkastkanal mod ventilationsaggregatet, så evt. kondensvand ledes væk fra ventilationsanlægget.

Indeklima

Et ventilationsanlæg hjælper til at udskifte luften i bygningen. Hermed sikres en bedre luftkvalitet, og risikoen for fugtproblemer reduceres kraftigt.

Hvis filtret udskiftes med jævne mellemrum, reduceres koncentrationen af udefrakommende partikler og pollen i indeluften.

Det er vigtigt, at beboerne instrueres i udskiftning af filtret, og hvor ofte dette skal gøres, da gamle tilsmudsede filtre kan være en væsentlig kilde til forurening af indeluften.

Når anlægget dimensioneres, er det vigtigt at reducere støjgener fra anlægget så meget som muligt. Overvej ligeledes risikoen for træk fra anlægget.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved nyinstallation i en eksisterende bygning eller en total udskiftning af et eksisterende mekanisk ventilationsanlæg stiller det gældende bygningsreglement krav.

Kravene er blandt andre, at ventilationssystemet skal projekteres og udføres i overensstemmelse med DS 447, DS 428 og DS 452.

For bygninger, der anvendes til bolig skal de konkrete ventilationskrav i gældende bygningsreglement opfyldes med hensyn til luftmængder. For den energimæssige ydeevne af et mekanisk ventilationsanlæg stilles der krav i bygningsreglementet om brug af varmegenvinding og til anlæggets elforbrug til lufttransport (SFP-krav). Energiløsningens minimumsanbefaling opfylder netop kravene.

I særlige tilfælde, hvor det for eksempel af bygningstekniske årsager ikke kan lade sig gøre at opfylde kravene i det gældende bygningsreglement fuldt ud, kan der søges om dispensation. Fx kan der af pladshensyn, være behov for at bruge mindre ventilationskanaler, og dermed øges tryktabet, som har betydning for SFP-kravet, hvorved kravet måske ikke kan opfyldes.

Der skal ifølge bygningsreglementet udføres en funktionsafprøvning, inden ventilationsanlægget tages i brug. Der skal også foreligge en drifts- og vedligeholdelsesmanual. Manualen skal indeholde tegninger med oplysning om placering af installationer, der skal vedligeholdes, samt hvordan og hvor ofte vedligeholdelsen skal ske.

Yderligere information

Bygningsreglementet BR18

www.bygningsreglementet.dk

- Kapitel 22 "Ventilation" - Krav og vejledning
- Andre vejledninger - Vejledning om installationer i eksisterende bygninger - kapitel 3 "Eksempler på installationsarbejder - Balance-ret mekanisk ventilation"

EU-forordninger

www.eur-lex.europa.eu

- 1253/2014 vedr. krav til miljøvenligt design for ventilationsaggregater
- 1254/2014 om energimærkning af ventilationsaggregater til boliger

Danske standarder

DS 428 Brandsikring af ventilationsanlæg

- DS 447 Ventilation i bygninger - Mekaniske, naturlige og hybride ventilationssystemer
- DS 452 Termisk isolering af tekniske installationer
- DS/EN 308 Varmevekslere. Prøvningsmetoder til bestemmelse af ydeevne for luft til luft- og røggasvarmegenvindingsanordninger

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.

Eller gå ind på hjemmesiden:

www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

VEB påtager sig intet ansvar for eventuelle fejl og mangler i hverken trykt eller digitalt informationsmateriale eller for tab, der måtte opstå som følge af dispositioner på baggrund af materialet. VEB forbeholder sig ret til uden forudgående varsel at foretage ændringer i materialet.



EL

LED-teknologien byder på lange levetider, lavt energiforbrug, tænder med det samme og tåler at blive tændt og slukket næsten i det uendelige. LED er derfor meget velegnet til belysning af trappeopgange og fælles gangarealer samt kælder- og loftområder.

Læs på de næste sider om, hvordan LED kan spare på fællesforbruget i etageejendomme, og hvordan arbejdet med udskiftning til LED udføres korrekt.

LED-belysning

og -styringer til gang- og fællesarealer

LED-teknologien byder på lange levetider, lavt energiforbrug, tænder med det samme og tåler at blive tændt og slukket næsten i det uendelige. LED er derfor meget velegnet til belysning af trappeopgange og fælles gangarealer samt kælder- og loftområder.

Der opnås en elbesparelse, fordi LED belysning med et mindre strømforbrug kan levere de samme lysmængder som traditionelle belysningsanlæg og ved at tabet fra forkoblinger (strømforsyninger) fjernes. Der spares desuden ekstra energi, hvis driftstiden kan reduceres ved at montere bevægelsesmeldere mv.

Ofte vil LED-lyskilden holde 2-3 gange længere end den gamle lyskilde. Her i energiløsningen beregnes alene de besparelser, der knytter sig til selve energiforbruget.

I denne energiløsning kan du regne på følgende faktorer, der har betydning for, hvilke forbedringer og besparelse, der kan opnås:

- Konvertering til LED-teknologien
- Tilføjelse af styring (akustik- og PIR-meldere)
- Kompensation for rumvarme-effekt

Anbefaling

| Vejledende lysniveau for almen belysning | Lux | Formål |
|---|--------------|--|
| Kravene til elektrisk belysning er skærpet i Bygningsreglementet, hvor pkt. 6.5.3 stk. 1 henviser til DS/EN 12464-1 | Minimumskrav | |
| Kontorlokaler | 300 | Lys til at læse og se detaljer |
| Undervisningslokaler | 200 | Lys afstemt til at følge præsentationer på tavle og lejlighedsvis læse selv |
| Trappeopgang | 100 | Lys til at orientere sig og se trin, gelænder og niveauforskelle samt til rengøring og til at se nøglehuller |
| Fælles gangarealer | 100 | |



Anbefaling fortsat

- Sørg for, at armatur, lyskilde og forkobling i LED-anlægget har samme lange levetid, så anlægget ikke kræver service og reparation i utide. Levetiderne ligger typisk på 30-50.000 timer, og LED-lyskilderne tåler et næsten ubegrænset antal tænd/sluk. Der er dog nogle typer lamper, som har kortere levetid ved hyppige tænd/sluk. Dette er angivet på indpakningen.
- Tag højde for eventuelle ekstraomkostninger til varme, når der konverteres til LED-teknologi i opvarmede rum, herunder også om der er behov for at etablere ekstra radiatorer.
- Tag stilling til, hvilke krav der bør stilles til lysets farve (Kelvin-værdi), lysets evne til at skabe farvegenkendelse (Ra-værdi) og det nødvendige lysniveau (Lux-værdi). Søg eventuel råd hos installatør eller producent.
- Indret korrespondance-kontakter og lysstyring i gennemgangsarealer, som fx kældre, så der kun kommer lys i det område, man benytter, når man aktivt beder om det ved at trykke på kontakten. En bevægelsessensor kan sørge for, at lyset holdes tændt, indtil området forlades. Der er som regel ingen grund til at tænde lyset, hvis man fx blot går et skridt ind i lokalet for at stille noget fra sig eller bare skal gå igennem.
- Anvend akustisk styring i trappeopgange eller kringledede kældergange, hvor det er vigtigt, at lyset tænder, så snart man går ind. LED-lyskilder tænder med det samme i modsætning til nogle af de tidligere generationer af lav-energiløsninger.

Fordele ved LED-løsninger

- El-besparelse: LED-teknologien udnytter energien meget effektivt, dvs. der bruges mindre strøm til at opnå samme lysniveau.
- Bedre lys: LED-løsninger kan optimere lysets egenskaber og tænder med det samme.
- Lang levetid: Der spares omkostninger til udskiftning og service.
- Ingen spild: Der er ikke tab til forkoblinger, og lysstyring sørger for, at lyset kun er tændt, når der er brug for det.
- Præventiv virkning mod indbrud og hærværk, når lyset tænder selv.
- Tryghed: Øget personlig sikkerhed ved ophold i og omkring belyste arealer.

Gennemgang af belysningsanlæg

Inden der skiftes til LED, er det en god idé at gennemgå det eksisterende belysningsanlæg for at sikre, at LED-løsningen kommer til at passe til behovet. Det kan være komplekst at vurdere et lys-anlæg, da der er mange parametre at forholde sig til. Følgende bør om muligt gennemgås:

- Armaturer: type, alder, slid, snavs, egnethed i forhold til LED-konvertering.
- Forkoblinger: jernkerne- eller HF-type, alder, tændingsmekanik (glimtænder).
- Parabol: er der en reflektor i armaturet, og er den ren og blank.
- Automatik: er der tænd/sluk-ur, bevægelsessensor eller dagslysstyring.
- Tænd/sluk: er der korrespondancekontakter eller anden manuel fjernstyring.
- Lyskilder: hvor lang tid tager det, før der er fuld lysstyrke, når lyset tændes første gang.
- Lysniveau og kvalitet: er der nok lys til de aktuelle gøremål og til rengøring.
- Omgivelser: er der behov for rengøring eller farveskift for at udnytte lyset bedre.
- Dagslys: er ovenlys og vinduer i stand til at give det forventede lysindfald.

Dimensionering og teknologivalg

I ældre bygninger kan belysninger være renoveret flere gange, og det vil være det bygningsreglement, der var gældende ved den seneste renovering, som har bestemt dimensionerne på det nuværende anlæg.

De gældende krav i Bygningsreglementet siger bl.a., at der til almen belysning af fælles adgangsveje skal benyttes lyskilder med en energieffektivitet på minimum 50 lm/W.

En LED-lyskilde til montering i et lysrørsarmatur har en energieffektivitet på mere end 90 lm/W.

Der kan være væsentlig forskel på det lysudbytte, man vil opleve i praksis. LED-lyskilder udsender lyset i en specifik retning og kan derfor monteres, så alt lyset rammer det fælles gangareal. De konventionelle lyskilder udsender lys i alle retninger. Det betyder i praksis, at den lysmængde, der når ned på det fælles gangareal, afhænger af, hvor godt armaturet er til at reflektere lyset i den ønskede retning.

| Eksempel på lyskilders energieffektivitet | Lysudbytte | Farvetemperatur | Ra-index |
|--|-------------|-----------------|----------|
| 150 cm 21-23 W LED-rør til erstatning af 150 cm 58 W T8-lystofrør | 90-120 lm/W | 3000 Kelvin | Ra > 80 |
| 150 cm 58 W T8-lystofrør | 80-95 lm/W | 3000 Kelvin | Ra > 80 |
| Kompaktlystofrør, 16W butterfly, 2-pin | 60-70 lm/W | 2700 Kelvin | Ra > 80 |
| Sparepære, 14 W, E27 | 50-60 lm/W | 2500 Kelvin | Ra = 80 |

Den bedste måde at vurdere lysudbyttet på i praksis er ved at måle lyset i gangarealet med et lux-meter.

Alle typer lysstofrør skal bruge forkobling til at begrænse strømmen gennem lampen. Tidligere benyttedes udelukkende induktive jernkernespole til dette. De er holdbare og modstandsdygtige overfor overspændinger, men de kan ikke lysdæmpes og har et stort energitab (15-25 % oven i lyskildens effekt). Tabet i de nyeste generationer af elektroniske forkoblinger er helt nede på 0 % eller ca. 6 %, hvis de er med lysdæmpning.

En del af de ældre armatur-typer kan konverteres direkte til LED, hvorved energitabet reduceres til næsten nul. Samme effekt opnås ved at udskifte det komplette armatur til LED.

En sparepære er teknisk set også et lysstofrør, men her er forkoblingen integreret i fatningen. Derfor skal der ikke regnes med tab i forhold til den Watt-angivelse, der står på sparepæren.



| Typiske tab i forkoblinger og transformatorer, opgivet i % af lyskildens eget effektoptag | Konventionel mekanisk forkobling (glimtænder) | Nyere mekanisk forkobling (glimtænder) | HF forkobling |
|---|---|--|-------------------------------|
| De typiske værdier ligger indenfor de anførte EEI-klasser (Energy-Efficient-Index) | EEI Class C eller D Armaturer før 2006 | EEI Class B | EEI Class A Uden/med dæmp* |
| Lysstofrør, fx 58W T8, 150 cm i et standardarmatur | 25 % | 15 % | 0 %/6 % |

*Dæmpningsfunktion er nødvendigt ved dagslysstyring.

Forskellige typer af styring

Trappeautomater

I trapperum er det almindeligt at benytte styring via ”trappeautomater”, som for hvert tryk lader lyset brænde i en kort periode, så man kan nå op på etagen og ind i sin lejlighed. I opgange hvor der ikke er dagslys-indfald, er lyset ofte tændt hele tiden.

Akustisk styring

Med akustisk aktivering af LED-belysning opleves det, som om at lyset er tændt hele tiden, fordi styringen

reagerer, så snart døren begynder at bevæge sig, og LED-lyskilden giver fuld lysstyrke med det samme.

Tilstedeværelsessensorer

En tilstedeværelsessensor sikrer, at lyset er tændt, så længe der er nogen i opgangen. Resten af tiden er der slukket. Besparelsen afhænger af benyttelsesfaktoren (hvor meget trafik der er i opgangen eller på gangarealet).

| Vejledende benyttelsesfaktorer Hvis benyttelsesfaktoren vurderes at være anderledes end vist i dette skema, fastsættes en faktor efter egen vurdering. | Faktor | Driftstimer pr. år |
|---|--------|--------------------|
| Konstant lys | 1,0 | 8.760 |
| Fællesgang, etage med kontorer, værelser eller lejligheder - manuel tænd/sluk | 0,9 | 7.884 |
| Fællesgang, etage med kontorer, værelser eller lejligheder Bevægelsessensor/akustikstyring | 0,7 | 6.132 |
| Trappeopgang, boligejendom - manuel tænd/sluk | 0,4 | 3.504 |
| Fællesgang, kælder/loft - manuel tænd/sluk | 0,3 | 2.628 |
| Trappeopgang, boligejendom - trappeautomat/bevægelsessensor/akustikstyring | 0,2 | 1.752 |
| Fællesgang, kælder/loft - bevægelsessensor/akustikstyring | 0,1 | 876 |

Energibesparelse ved konvertering til LED

I tabellen på næste side kan du få en hurtig beregning af besparelsen ved én-til-én LED-konvertering af konventionelle lysstofrør og sparepære.

Fx vil LED-konvertering af 16 stk. 58W T8-rør give en besparelse på $16 \times 437 = 9963$ kWh om året. Hvis benyttelsesfaktoren er 0,7, vil besparelsen være $0,7 \times 9963 = 6974$ kWh.

Hvis området er opvarmet, skal der tilsvarende fratrækkes $16 \times 175 \times 0,7 = 2790$ kWh varme.

En mere præcis beregning, hvor du samtidig kan indregne effekten af at tilføje ny lysstyring, kan foretages som vist i eksemplerne på de efterfølgende sider.

| Besparelse pr. lyskilde ved LED-konvertering én-til-én Tabellen viser to værdier: Lyskilde med høj effekt, fx 58W -> 22W LED og Lyskilde med lavere effekt, fx 36W -> 18W LED | El-besparelse Lyskilde og forkobling kWh el | Varmetilskud* Kompensation for armaturets varmetilførsel kWh varme | Forventet oplevelse af belysningen Efter konvertering til LED, 3000 Kelvin |
|---|---|--|---|
| Eksisterende armaturer med lysstofrør: | | | |
| T8-rør, 58W/36W konverteres til 22W/18W LED Dårlig stand Ældre standardarmatur med T8-rør, mørkt/snavset kabinet med lav lysrefleksion og med mekanisk forkobling (glimtænder, før 2006), 2700 Kelvin | 437/232 | 175/93 | Oplevelse af mere lys, som tænder på fuld styrke. Luxmåling op til 25 % højere og lysets farve er mere hvid. |
| T8-rør, 58W/36W konverteres til 22W/18W LED Middel stand Nyere standardarmatur med T8-rør, hvidt kabinet med nogen lysrefleksion og højeffektiv mekanisk forkobling (glimtænder, efter 2006), 2700 Kelvin | 386/200 | 154/80 | Oplevelse af uændret eller lidt øget belysning, som tænder på fuld styrke. Luxmåling op til 10 % højere, og lysets farve er mere hvid. |
| T8-rør, 58W/36W konverteres til 22W/18W LED <i>eller</i> T5-rør, 49W/32W konverteres til 22W/18W LED God stand Nyere standardarmatur med T8-rør, blank parabol med høj lysrefleksion og HF-forkobling, 3000 Kelvin Ved konvertering til LED giver de viste T5- og T8-rør nogenlunde samme besparelse. | 310/153 | 126/63 | Oplevelse af uændret lysniveau, og nu med fuld styrke fra starten. <i>Værdi i parentes gælder for eksisterende HF-forkobling, som har dæmpningsfunktion.</i> |
| Eksisterende armaturer med andre lyskilder: | | | |
| Sparepære, 15W/9W konverteres til 10W/6W LED Middel stand Almindelig sparepære, armatur i middel stand, uden effektiv reflektor | 44/26 | 18/11 | Oplevelse af lys som har fuld styrke med det samme**. Lysets farve er mere hvid. |
| Kompakt-rør, 28W/11W konverteres til 18W/7W LED Middel stand Type "Butterfly", PL-S, PL-C eller PL-T, 2700 Kelvin. Armatur i middelstand, uden effektiv reflektor | 150/60 | 60/24 | |

*LED-løsningerne er mere effektive og udstråler mindre varme. Termostatregulerede radiatorer vil derfor automatisk kompensere ved at tilføre mere varme. I tabellen antages et varmetilskud på 40 % af el-besparelsen. Se også beregningseksempel på næste side.

**Opvarmningstider for lysstofrør og sparepærer er mærkbare. Ofte tager det mere end 3 minutter, før 90 % af lysstyrken er til stede. Kilde: http://cubus-adsl.dk/elteknik/faa/lysstofroer_fuld_lysstyrke.php

Eksempel på energibesparelse ved lysoptimering med LED i gangarealer på etager

| | | |
|---|--|--|
| Forudsætninger | <p>De fælles gangarealer i en kollegie-ejendomme er opvarmede og udgør 60 m² pr etage. Forde- lingsgangene på hver af de tre etager er monteret med 10 armaturer, som hver indeholder 2 stk. 120 cm T8 lysstofrør à 36W. Armaturerne er af ældre type med glimtænder. Benyttelses- faktoren er 1.0, fordi der i dette tilfælde ikke er vinduer i gangarealerne, og man har valgt at lade lyset være tændt døgnet rundt (8760 timer/år).</p> <p>Elprisen er 2,70 kr./kWh, og fjernvarmeprisen er 0,50 kr./kWh</p> <p>Det samlede årlige energiforbrug beregnes som: Antal etager x antal armaturer x antal rør x rør-effekt [W] x tabsfaktor x driftstimer pr. år. Ved at dividere med 1000 omregnes til kWh.</p> <p>Energiløsningen omfatter konvertering af armaturer til LED-rør samt tilføjelse af en akustisk styring. Benyttelsesfaktoren reduceres derved til 0,7.</p> <p>40 % af den opnåede el-energisbesparelse antages at ske i fyringssæsonen, hvor bygningens termostatstyrede radiatorer automatisk vil tilføre tilsvarende mere fjernvarme.</p> | |
| Årlig energibesparelse i kWh | <p>Elforbrug, gl. lysanlæg: $3 \times 10 \times 2 \times 36 \times 1,25 \times 8.760/1.000 =$</p> <p>Elforbrug, LED: $3 \times 10 \times 2 \times 18 \times 1,00 \times 8.760/1.000 =$</p> <p>El-besparelse, LED: $23.652 - 9.461 =$</p> <p>Besparelse ved akustik-styring af LED (faktor 0,7) $(1-0,7) \times 9.461 =$</p> <p>Samlet el-besparelse $14.191 + 2.838 =$</p> <p>Varmetilskud (40 %, fratrækkes): $0,4 \times 17.029 =$</p> <p>Besparelse: $17.029 - 6.812 =$</p> | <p>23.652 kWh</p> <p>9.461 kWh</p> <p>14.191 kWh</p> <p>2.838 kWh</p> <p>17.029 kWh</p> <p>6.812 kWh</p> <p>10.218 kWh</p> |
| Årlig energibesparelse i kr. | <p>Besparelse, el: $17.029 \text{ kWh} \times 2,70 \text{ kr.} =$</p> <p>Omkostning til varmetilskud: $6.812 \text{ kWh} \times 0,50 \text{ kr.} =$</p> <p>Besparelse: $45.978 - 3.406 \text{ kr.} =$</p> | <p>45.978 kr.</p> <p>3.406 kr.</p> <p>42.572 kr.</p> |
| Årlig CO₂-besparelse i kg | <p>CO₂-besparelse, el: $0,211 \text{ kg/kWh} \times 17.029 \text{ kWh} =$</p> <p>CO₂-tillæg, varme: $0,072 \text{ kg/kWh} \times 6.812 \text{ kWh} =$</p> <p>CO₂-besparelse: $3.593 - 490 \text{ kg} =$</p> | <p>3.593 kg</p> <p>490 kg</p> <p>3.103 kg/ 3,1 tons</p> |

Eksempel på energibesparelse ved lysoptimering med LED i trappeopgang

| | | |
|---|---|--|
| Forudsætninger | <p>En ejendom med 8 opgange med hver 12 stk. sparepærer à 15 W er forsynet med gammeldags mekaniske trappeautomater (3 minutter). Armaturerne er af ældre type i middel stand. Der er vinduer i opgangen. Benyttelsesfaktoren er anslået til 0,2, svarende til at lyset gennemsnitligt er tændt i 20 % af årets 8760 timer. Der er ikke varme i opgangene.</p> <p>Elprisen er 2,70 kr./kWh</p> <p>Armaturer udskiftes til 10W LED med samme lysstyrke, og trappeautomaterne erstattes af akustik-styring af hensyn til komforten.</p> | |
| Årlig energibesparelse i kWh | <p>Elforbrug, gl. lysanlæg: $8 \times 12 \times 15 \times 0,2 \times 8760/1000 =$</p> <p>Elforbrug, LED: $8 \times 12 \times 10 \times 0,2 \times 8760/1000 =$</p> <p>Besparelse, el: $2.522 - 1.681 =$</p> | <p>2.522 kWh</p> <p>1.681 kWh</p> <p>841 kWh</p> |
| Årlig energibesparelse i kr. | <p>Besparelse, el: $841 \text{ kWh} \times 2,70 \text{ kr.} =$</p> | <p>2.271 kr.</p> |
| Årlig CO₂-besparelse i kg | <p>CO₂-besparelse, el: $0,211 \text{ kg/kWh} \times 841 \text{ kWh} =$</p> | <p>177 kg/0,2 tons</p> |

CO₂-udledning for forskellige opvarmningsformer:

- Naturgas: 0,205 kg CO₂ pr. kWh
- Fyringsolie: 0,266 kg CO₂ pr. kWh
- Fjernvarme: 0,072 kg CO₂ pr. kWh
- El: 0,211 kg CO₂ pr. kWh

Varmeproduktion ved forskellige brændsler:
1 liter olie = 10 kWh, 1 m³ naturgas = 11 kWh.

Det er kun nye kondenserende kedler, der kan udnytte hele energiindholdet.
Hvis virkningsgraden for en ældre kedeltype ikke er kendt, kan man som tommel-
fingerregel regne med 80 % udnyttelse.

Energipriser

I denne energiløsning er der benyttet gennemsnitlige energipriser fra energiprisstatistikkerne fra Forsynings-tilsynet for 4. kvartal 2021. Det er hensigtsmæssigt altid at beregne energibesparelser med en gennemsnitlig energipris over en længere periode, ikke med den aktuelle dagspris, da energipriserne svinger.

Udførelse

Udskiftning af lyskilder kan udføres af alle, men konvertering af armaturer, der omfatter indgreb i armaturet (forkoblinger og ledningsforbindelser), skal som udgangspunkt altid foretages af en autoriseret elinstallatør, som bl.a. skal sørge for, at armaturet bliver korrekt mærket.

Følg altid producentens monterings- og mærknings-anvisning.

Visse armaturer er ikke egnede til konvertering.

Spørg el-installatøren, hvis der er tvivl.

Styringer skal være enkle at justere, og der skal følge skriftligt instruktionsmateriale med

Bevægelses- og tilstedeværelses-sensoren bør placeres på en fast og stabil flade med frit udsyn til det "overvågningsområde", der skal aktivere tænding af belysningen. Placeringshøjde, dækningsvinkler mm. fremgår af monteringsanvisningen.

Tjekliste

| Undersøg | Spørgsmål | Svar | Løsning |
|-------------------------------|--|----------------|----------------|
| Lyskilde | Er der kompaktør, sparepærer eller almindelige glødepærer? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 1 |
| Lyskilde med forkobling/trafo | Er der armaturer med T8-lysstofrør og gamle forkoblinger med glimtænder? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 2 |
| Armatur/parabol | (Kan bl.a. kendes på, at lyset blinker et par gange, når man tænder.) | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 3 |
| Lysbehov - lux | Er armaturet uden hvid eller blank parabol, som kan kaste lyset fremad? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 4 |
| Lysbehov - driftstid | Virker lyset svagt i forhold til det forventede på det pågældende sted? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 5 |
| Dagslys - skygge | Er lyset tændt, når der ikke er trafik eller behov i det belyste område? | Ja [] Nej [] | Hvis nej: se 6 |
| Tænd/sluk - styring | Er der unødige og uhensigtsmæssige forhold som skygger for dagslysfald? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 7 |
| Omgivelser | Er tænd/sluk funktionen hensigtsmæssig? Kan man fx komme til at gå fra lyset tændt, eller tænder lyset på trappen ikke hurtigt nok? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 8 |
| Ledningsføring - krav | Er der mørkt og/eller snavset i opgangen eller fællesarealet? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 9 |
| Ledningsføring - ønsker | Opfylder det eksisterende belysningsanlæg gældende krav til elsikkerhed og elinstallationer? Er der ønsker om fx skjult ledningsføring eller anden form for beskyttelse? | Ja [] Nej [] | Hvis ja: se 10 |

1. Lyskilde

Kompaktør og sparepærer bør udskiftes med LED lyskilder. Herved opnås en større elbesparelse. Se mere om lyskilder på <http://spareenergi.dk/forbruger/el/belysning>

2. Lyskilde med forkobling eller trafo

Lysstofrør bør udskiftes til LED-rør, hvis armaturet er egnet til konvertering. Det gælder især de ældre armaturer med glimtændere og ældre typer forkoblinger.

3. Armatur/parabol

Armaturer uden parabol sluger en stor del af lyskildens lyseffekt og bør derfor udskiftes eller konverteres til LED-løsninger, som kaster hele sin lyseffekt direkte fremad i en afgrænset spredningsvinkel og koncentrerer lyset der, hvor det skal bruges.

4. Lysbehov - lux

For svagt lys i fællesarealer kan forårsage uheld. Tjek lysniveauet med et lux-meter i et antal repræsentative målepunkter, og vurder målresultaterne i forhold til minimumskravene i bygningsreglementet (se også tabel ovenfor).

5. Lysbehov - driftstid

En etageejendom til beboelse er i drift døgnet rundt. Men der kan være offentligt tilgængelige fællesarealer, hvor det kan lade sig gøre at slukke fx om natten. Alle områder, som ikke er offentligt tilgængelige, bør være styret via akustik- og/eller tilstedeværelsesføler. Det gælder også visse udendørs arealer. Se mere herom i energiløsningen om styring af udendørsbelysning.

6. Dagslys - skyggeforhold

Uønsket skygge kan opstå, når bevoksning dækker for vinduer og ovenlys, eller hvis disse er snavsede, punkterede (tilduggede) eller på anden måde blokeret for lysindfald. Jo mere dagslys der kommer ind, jo større besparelse er der ved at benytte dagslysstyring af lysanlægget.

7. Tænd/sluk - styring

Man bør ikke kunne gå fra lyset i fx et loftrum, uden at det slukker af sig selv. Visse lyskilder, fx lav-energipærer og ældre lysstofrør, bruger op til flere minutter på at varme op, før de afgiver fuld lyseffekt. Det er ikke godt i trappeopgange og gennemgangsarealer. I disse tilfælde bør der konverteres til LED, som tændes via akustikføler, altid tænder med 100 % effekt med det samme og først slukker, når en tilstedeværelsesføler fortæller, at der ikke længere er nogen i området.

8. Omgivelser

Hvis vægge, lofter, gulve og eventuelle møbler er i mørke farver (eller mørke af snavs), reflekteres både dagslys og elektrisk lys dårligt. Overflader i fællesarealer bør have lyse farver, og eventuelle kontraster bør understøtte svagtseendes genkendelse af trappetrin og niveauforskelle, uanset om belysning sker ved dagslys eller elektrisk. Vindueskarmer og -rammer bør også være hvide/lyse, så dagslys reflekteres ind i lokalet.

9. Ledningsføring krav

Belysningsanlægget skal ændres, så det opfylder gældende krav til el-installationer. Oplys bygningsejeren om, hvilke konkrete fejl og mangler der skal udbedres.

10. Ledningsføring ønsker

Er der forhold, besværliggør installationen og gør den dyrere, skal bygningsejeren gøres opmærksom på det.

Hvilke krav stiller bygningsreglementet?

Ved udskiftning af belysningsarmaturer stiller bygningsreglementet krav om, at der i bygninger med arbejdsrum eller fælles adgangsveje skal være lysforhold, der sikrer, at der ikke opstår risiko for personers sikkerhed og sundhed eller komfortmæssige gener, og at der er tilstrækkelig elektrisk belysning i forhold til anvendelsen.

Projektering og udførelse skal blandt andet ske under hensyn til, at unødigt energiforbrug undgås.

Arbejdspladsbelysning skal udføres i overensstemmelse med DS/EN 12464-1 Lys og belysning - Belysning ved arbejdspladser - Del 1: Indendørs arbejdspladser sammen med DS/EN 12464-1 DK NA.

Hvis det er rentabelt, skal der installeres et energieffektivt belysningsanlæg, som har automatisk dagslysstyring, hvis der er tilstrækkeligt dagslys og bevægelsesmeldere, hvor der kun er lejlighedsvis benyttelse. Ligeledes skal der anvendes en zoneopdeling med mulighed for benyttelse efter dagslysforholdene.

Der skal gennemføres en funktionsafprøvning af belysningsanlægget. Funktionsafprøvningen skal dokumentere, at belysningsanlægget overholder bygningsreglementets krav til belysningsstyrke, samt at dagslysstyring, bevægelsesmeldere og zoneopdeling fungerer efter hensigten.

Yderligere information

SparEnergi:
www.spareenergi.dk/forbruger/el/belysning

Bolius:
www.bolius.dk/10-gode-raad-om-at-vaelge-lyskilder-14473/

Energiwiki:
www.energiwiki.dk/index.php/Belysning

Ecospecifier:
www.ecospecifier.com.au/media/7230/Ballasts%20-%20High%20Performance%20Comparisons.pdf

Kontakt Videncenter for Energibesparelser i Bygninger (VEB)

Du kan ringe til os på tlf. 7220 2255, hvis du har spørgsmål.
Eller gå ind på hjemmesiden:
www.ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger



Øvrige energiløsninger

Du kan på ByggeriOgEnergi.dk finde yderligere Energiløsninger om klimaskærm og installationer i enfamiliehuse o.l.

Energiløsninger til klimaskærm

TAG OG LOFT

- Efterisolering af fladt tag
- Efterisolering af mansardtag - indefra
- Efterisolering af loft
- Efterisolering af skunk
- Efterisolering af tagrem
- Efterisolering af skråvæg/loft til kip - indefra
- Efterisolering af skråvæg/loft til kip - udefra
- Udskiftning af ovenlyskupler
- Udskiftning af ovenlysvinduer

FACADE, VINDUER, RUDER OG DØRE

- Udskiftning af vinduer med termoruder
- Udskiftning af termoruder
- Energiforbedring af vinduer med forsatsrammer
- Energiforbedring af vinduer med koblede rammer
- Udskiftning af vinduer med ét lag glas

- Udskiftning af yderdøre
- Hulmursisolering
- Udvendig efterisolering af let ydervæg
- Indvendig efterisolering af let ydervæg
- Udvendig efterisolering af tung ydervæg
- Murede ydervægge - udvendig efterisolering med flytning af formur

GULV, SOKKEL/FUNDAMENT OG KÆLDER

- Efterisolering af sokkel
- Dæk over krybekælder ændres til nyt terrændæk
- Efterisolering af terrændæk ved opbygning af nyt terrændæk
- Efterisolering af kældergulv
- Efterisolering af gulv over uopvarmet kælder
- Indvendig efterisolering af kældervæg
- Udvendig efterisolering af kældervæg

Energiløsninger til installationer

VARMEINSTALLATION

Varmepumper

- Brugsvandsvarmepumpe
- Luft-luftvarmepumpe
- Konvertering fra luft-vandvarmepumpe fra olie eller gas
- Konvertering til jordvarme
- Eksisterende gaskedel med add-on varmepumpe
- Konvertering fra elvarme til luft-vandvarmepumpe
- Udskiftning af ældre gaskedel til gashybridvarmepumpe

Fjernvarme

- Konvertering til fjernvarme
- Udskiftning af fjernvarmeunit

Gas, olie og fast brændsel

- Udskiftning af gaskedel
- Udskiftning af oliekedel
- Konvertering til brænde- eller pillefyret kedel

Solvarme

- Solvarmeanlæg til varmt brugsvand
- Solvarmeanlæg til varmt brugsvand og opvarmning

Forbedring af eksisterende varmeinstallation

- Efterisolering af rør, ventiler m.m. i forbindelse med varmekilde
- Efterisolering af rør til varmt brugsvand
- Efterisolering af rør til radiatorer m.m
- Styring af cirkulationspumpe til varmt brugsvand
- Udskiftning af cirkulationspumpe i rumvarmeinstallation
- Udskiftning af radiatorventiler/termostatstyringer
- Vejrkompensering og natsænkning
- Udskiftning af varmtvandsbeholder

VENTILATION

- Ventilationsanlæg med varmegenvinding
- Boligventilationsvarmepumpe
- Etablering af hybridventilation

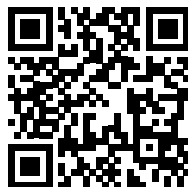
ELINSTALLATIONER

- Styring af udendørs belysning
- Solcelleanlæg til elproduktion

Videncenter for Energibesparelser i Bygninger under Energistyrelsen samler og formidler viden om konkrete og praktiske muligheder for at reducere energiforbruget i bygninger. Videncentret medvirker til, at byggeriets parter opnår flere kvalifikationer og nye værktøjer til at gennemføre energibesparende tiltag i bygninger.

Hermed understøtter Videncentret den samlede energispareindsats i Danmark.

Scan koden eller besøg Videncentrets hjemmeside
ByggeriOgEnergi.dk



Videncenter for
Energibesparelser i Bygninger

Gregersensvej 1 • Bygning 2 • 2630 Taastrup • Tlf. 7220 2255 • www.ByggeriOgEnergi.dk