SINTEF

Utførelse av småhus

Hefte 3 i et kurskompendium fra Lavenergiprogrammet

Heftene er utviklet av SINTEF Byggforsk

lavenergi programmet

Kompendium for Lavenergiprogrammet
Anders Kirkhus
Hefte 3: Utførelse av småhus

Emneord:
Energi, beregninger, bygninger, TEK

ISBN 978-82-536-1052-8 (kpl.)
ISBN 978-82-536-1056-6 (Hefte 3, trykt)
ISBN 978-82-536-1062-7 (Hefte 3, pdf)

2 000 eks. trykt av 07-gruppen
Innmat: 130 g Galerie One
Omslag: 250 g Galerie Art Silk

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009
Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Hva er dette heftet, og hvordan bruker du det?

© SINTEF Byggforsk

Dette heftet forteller kortfattet om viktige løsninger for god energiytelse ved bygging av småhus. I innledningen sier vi hva som monner mest, men løsningene kommer i samme rekkefølge som man bygger.

Heftet er del av en serie. Serien er kompendium til kurs fra Lavenergiprogrammet. Illustrasjonene er utgangspunktet for overheadene, og teksten gir de vesentligste opplysningene til hver illustrasjon. Teksten i margen gir utfyllende opplysninger.

Målet er å gi *alle* i byggenæringen en oversikt over de viktigste grepene for å redusere energibehovet til nye bygninger. Skal man planlegge for å oppnå et helt bestemt energibehov, trengs det mer detaljert kunnskap enn dette heftet gir.

Heftet kan lastes ned som pdf fra www.lavenergiprogrammet.no. For å kjøpe trykt hefte til selvkost, kontakt SINTEF Byggforsk på telefon 22 96 55 55 eller e-post salg.byggforsk@sintef.no

Mer stoff om lavenergi kan du bl.a. finne hos Enova på www.enova.no eller i Byggforskserien på http://bks.byggforsk.no.

Nytt fra forskningsfronten fins på www.sintef.no/byggforsk/bygninger/energi.

Lavenergiprogrammet
Middelthunsgate 27
Pb. 7187 Majorstuen
0307 Oslo

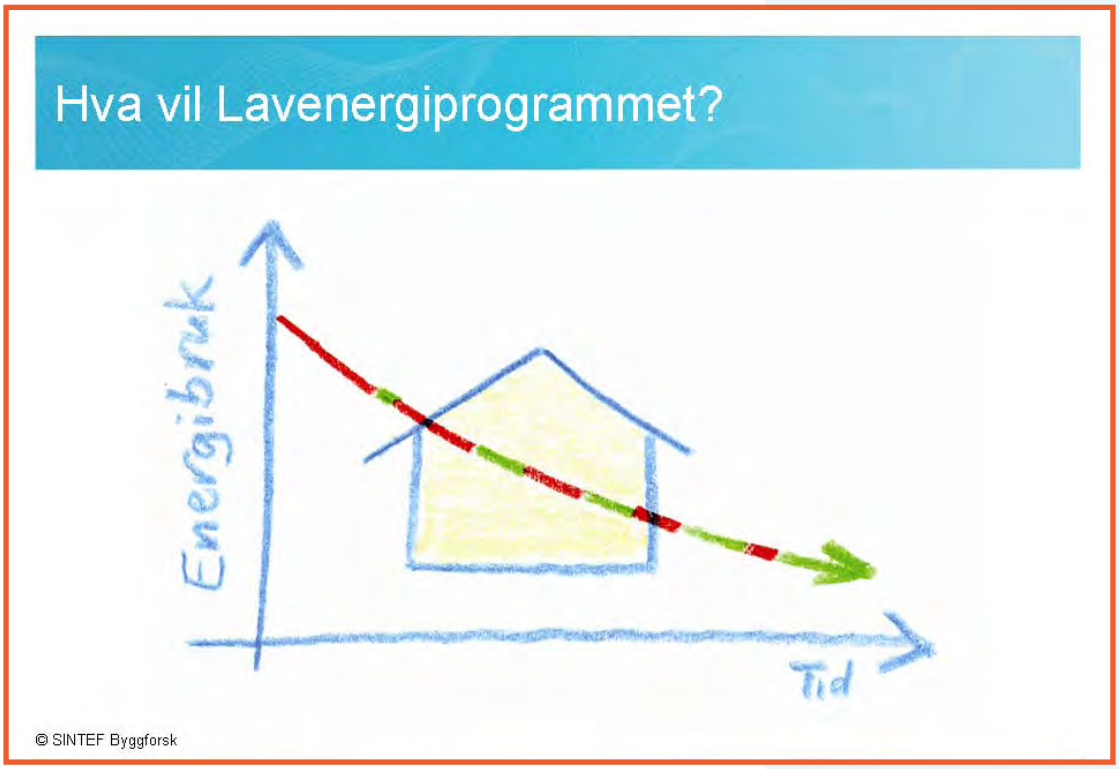
Tel: 23 08 75 00
Fax: 23 08 52 29

www.lavenergiprogrammet.no

Klimaendringene er en stor samfunnsmessig utfordring. I henhold til FNs klimapanel må utslippene reduseres med 50 til 80 % for å unngå farlige klimaendringer. Et viktig bidrag er å redusere energibruken i bygninger, bruke fornybar energi og bruke riktig energi til riktig formål.

Lavenergiprogrammet er et samarbeid mellom byggenæringen og staten for å få til energieffektivisering og energiomlegging i bygninger.

Deltakere i programmet er Byggenæringens Landsforening, Arkitektbedriftene, Enova, Husbanken, Statens bygningstekniske etat, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statsbygg.

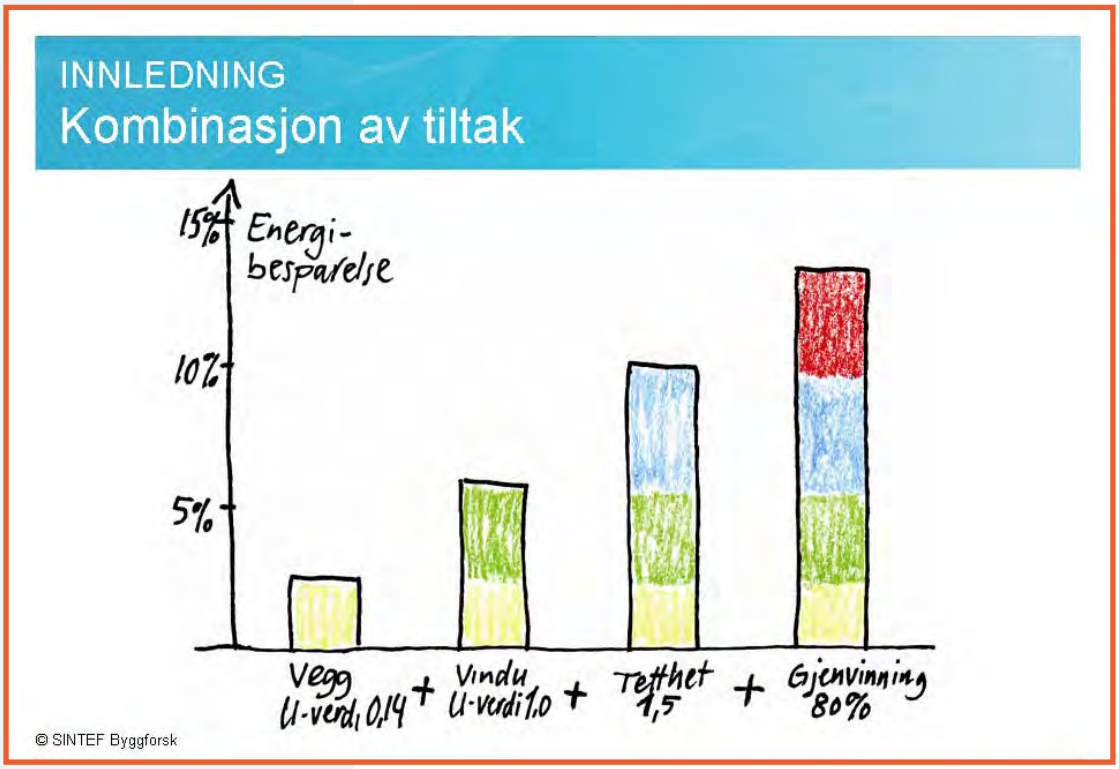


40 % av energibruken i Norge er i bygninger. Det er et stort potensial for å redusere denne energibruken. Ved å redusere energibruken i bygninger, kan ren energi fra vannkraft som ofte brukes til oppvarming, benyttes til å erstatte forurensende energikilder andre steder. Ved å prosjektere og bygge energieffektive, gode og trygge bygninger bidrar du til å løse klimautfordringene vi står overfor.

Lavenergiprogrammet jobber med å øke kunnskapen om energieffektivisering og miljøvennlig energiomlegging i bygg- og anleggsnæringen. Programmet bidrar også til etablering av forbildeprosjekter innen lavenergi- og passivhus.

Den reelle energibruken avhenger av hvordan folk bruker bygningene.

Byggenæringen kan ikke styre hvordan brukerne av bygningene oppfører seg. Men vi kan og skal gi brukerne *muligheten* til å bruke lite energi ved å produsere bygninger med lavt energibehov.



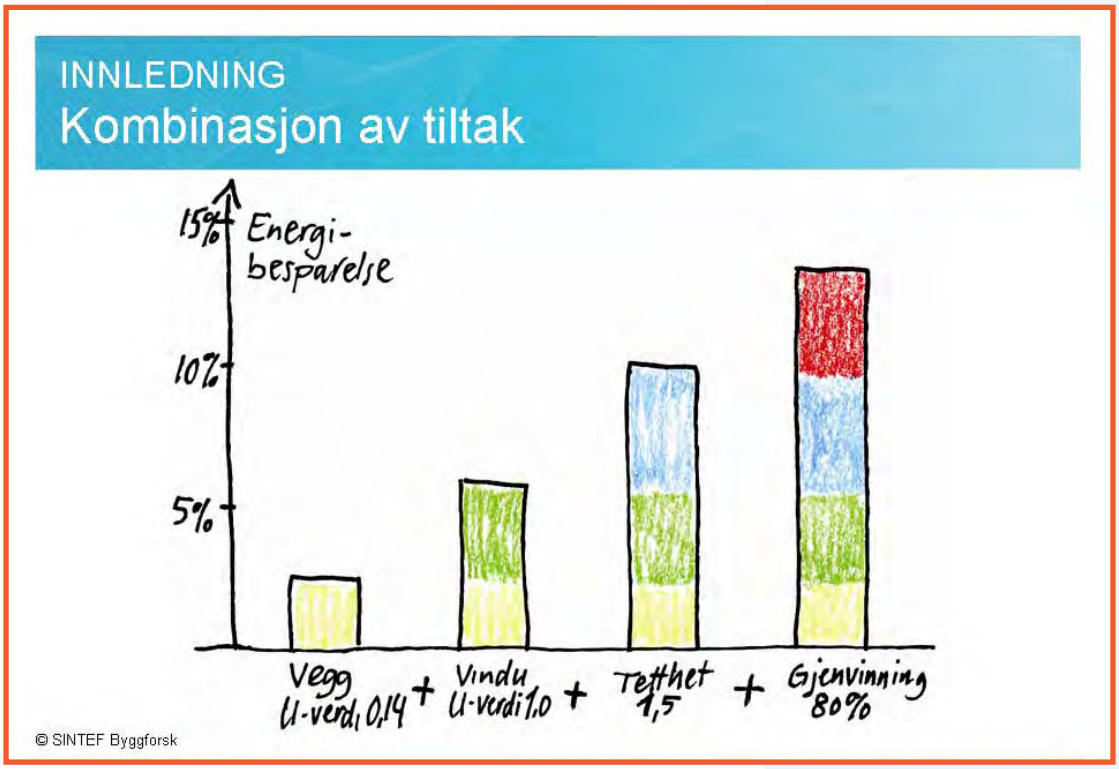
I figuren brukes «lett å få til» om enkle og billige tiltak. «Oppnåelig» krever en ekstrainnsats i planlegging og oppfølging.

Dette er tiltakene hvor man kan spare mest energi. Hvor økonomisk lønnsomme tiltakene er, avhenger av perspektivet. En utbygger ønsker gevinst i salgsprisen, en eier ønsker lønnsom drift og samfunnsøkonomene vurderer mange budsjett mot hverandre. Eieren og samfunnsøkonomen får lett regnestykkene til å gå i pluss, utbyggeren må nok markedsføre litt.

Forbedret lufttetthet er aller viktigst for å redusere energibehovet til en bygning. Videre er det svært viktig med gode vinduer og en effektiv gjenvinner i ventilasjonssystemet.

I bygningens levetid er det lettere å forbedre installasjoner som varmegjenvinner, enn å forbedre selve bygningskroppen (tetthet og U-verdier). Ved nybygging bør forbedring av bygningskroppen prioriteres hvis man må velge. Dette er passive tiltak man vil nyte godt av i hele bygningens levetid.

Det er to ting som er vanskelig å få til vedrørende tetthet: Man kan ikke prosjektere en bestemt tetthet fordi tettheten er minst like avhengig av utførelsen som av valgte løsninger. Og man kan vanskelig forbedre tettheten når huset er ferdig.
Derfor: Bygg så tett som mulig, utbedre flest mulig lekkasjer i vindtettfasen, og håp på at ferdig bygning minst oppfyller kravet.

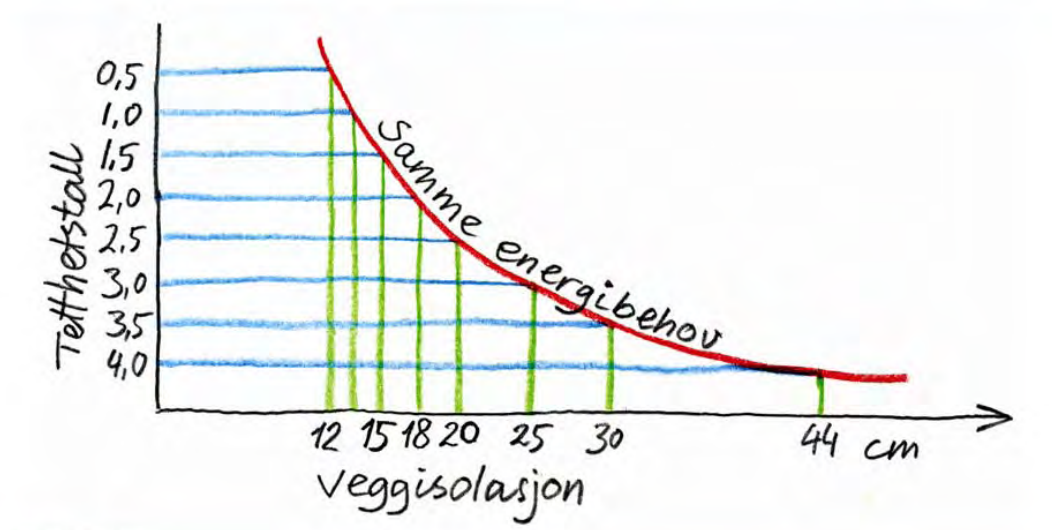


Kombiner tiltak!

Bruk heller mange av de enkle tiltakene enn å slite for å få til ett komplisert tiltak.

INNLEDNING

Betydningen av god tetthet



© SINTEF Byggforsk

I energiberegninger bruker man Oslo-klima, og dermed relativt lite vind. Selv i Oslo-klima vil oppvarmingsbehovet for en enebolig bli redusert med ca. 15 % når man øker tettheten fra lekkasjetall 2,5 til lekkasjetall 0,5. Reduksjonen i oppvarmingsbehov tilsvarer å øke isolasjonen i veggen fra 20 til ca. 40 cm. I et klima med mer vind vil effekten på oppvarmingsbehovet være enda større.

Figuren viser sammenhengen mellom tetthetstall og veggtykkelse for en 1½-etasjes enebolig hvor energibehovet er det samme i alle tilfellene. Vi ser at veggtykkelsen må økes dramatisk for å kompensere for dårlig tetthet – eller omvendt: at god tetthet virkelig er god energiøkonomi.

Hvorfor: Når det er en forskjell mellom trykket inne i en bygning og lufttrykket utenfor bygningen, vil det blåse luft gjennom utettheter i ytterkonstruksjonene. Slik trykkforskjell får vi både når det blåser og når vi varmer opp lufta i bygningen.

Trykkforskjell og utettheter fører til at vi mister energi med den varme lufta som forsvinner ut og vi må bruke energi for å varme opp den kalde lufta som kommer inn. Energitapet kan være betydelig. Å bygge med god tetthet er en enkel engangsinvestering som reduserer varmetapet i hele bygningens levetid.

Vi bruker bygningens lekkasjetall som et mål på hvor tett bygningen er.

For å finne lekkasjetallet må vi bruke en vifte. Vifta skal lage en trykkforskjell mellom inne og ute på 50 Pascal. Når vi har denne trykkforskjellen, måler vi hvor mye luft som passerer forbi vifta i løpet av en time. Dette vil være den samme luftmengden som lekker gjennom konstruksjonene i bygningen.

Når vi deler den luftmengden som passerte vifta med det innvendige volumet i bygningen, ser vi hvor mange ganger lufta har blitt byttet ut i løpet av denne timen. Dette er bygningens lekkasjetall: antall luftvekslinger per time ved en trykkforskjell på 50 Pascal.

50 Pascal er en mye større trykkforskjell enn det som vanligvis oppstår i praksis. Men det er denne trykkforskjellen som er brukt i definisjonen av lekkasjetallet.

I teorien spiller det ingen rolle for målingen om det er overtrykk eller undertrykk inne i bygningen. I praksis viser det seg at lekkasjetallet blir litt høyere når man måler med overtrykk.

INNLEDNING

Energioppfølging underveis

© SINTEF Byggforsk

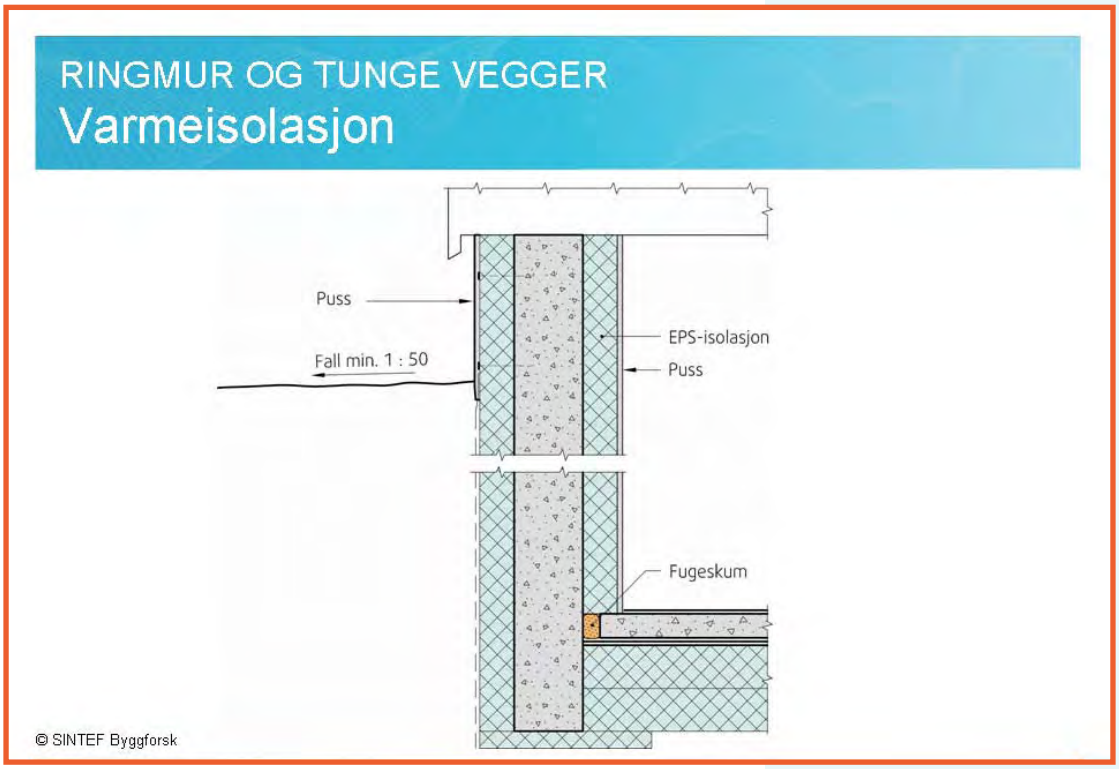
I Norge er SINTEF Byggforsk utpekt som nasjonalt organ for sertifisering og teknisk godkjenning av byggevarer. Sertifiserte og godkjente produkter finner du på www.sintef.no/Byggforsk/Godkjenning-og-sertifisering.

Godkjenninger og sertifikater fra andre land kan være fullt ut akseptable, men vær oppmerksom på at bruksbetingelsene og byggereglene ofte er forskjellige fra land til land.

En målsetting om god tetthet krever at mange ulike fag blir koordinert på byggeplassen. For å oppnå et godt resultat, kan det være en god idé å utnevne en person som har et særlig ansvar for å følge opp bygningens energiforhold gjennom hele byggeprosessen.

Videre er det viktig at man faktisk utfører de løsningene som er beskrevet. Mange feil og mangler oppstår fordi utførende tror at hun eller han har en bedre (i alle fall enklere) løsning enn den som er prosjektert. Men de prosjekterende er ikke ufeilbarlige heller: Mener du at tegninger eller beskrivelser viser en løsning som kan forbedres, så si ifra!

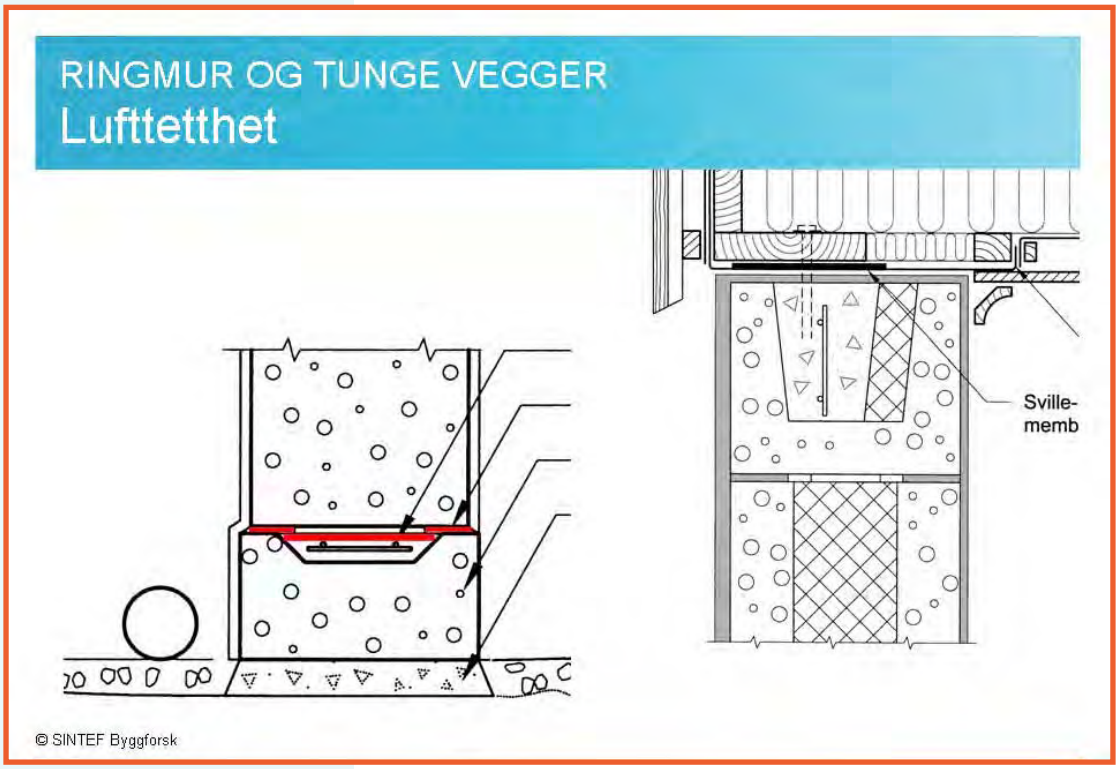
Bruk bare produkter med dokumenterte egenskaper. To tilsynelatende like produkter kan ha vidt forskjellige egenskaper. Produsenten og leverandøren har plikt til å skaffe skriftlig dokumentasjon på egenskapene.



Mange prefabrikkerte løsninger tilfredsstiller forskriftens minstekrav til isolering. Det kan likevel lønne seg å isolere mer.

Mest mulig av isolasjonen bør ligge på utvendig side av støpte og murte vegger. Dette gjelder både over og under terreng. Som et minimum bør én tredjedel (helst 100 mm eller mer) av den totale isolasjonstykkelsen være på utsiden.

Utvendig isolasjon er bra for energibruken (få og små kuldebroer) og for innemiljøet (redusert fare for kondens og mugg). Men husk å planlegge hvordan du vil utføre overgangen mellom ringmur/murvegg og trevegg, slik at du får god bæring og gode tettedetaljer.



Bygg aldri videre på en lettklinkerkonstruksjon som ikke er tilfredsstillende lufttettet!

Selv om det skulle være mulig å komme til for å poretette overflatene senere, er det lett å glemme det når man står der og skal dekke til.

Lettklinkerblokker (Leca, Scanblokk o.l.) slipper mye luft igjennom. Synlige overflater blir ofte pusset og dermed ganske lufttette. Men det kan komme mye luft opp gjennom såleblokka eller inn i ringmuren under golvet. Denne lufta trekker opp inni veggen og kommer ut på uønskede steder.

Alle overflater på lettklinkermurverk må poretettes med puss eller slemming før de tildekkes: Dette gjelder uansett om det er på utvendig eller innvendig side, og uansett om det er over eller under golvet. Det gjelder også i dør- og vindussmyg og på toppen av murkrona.

Dersom man fundamenterer på såleblokk, må også overgangen mellom såleblokka og murverket være lufttett, dvs. at såleblokka enten er utstøpt i full murbredde eller at man legger liggefugen med full bredde, altså uten delt mørtelstreng som i resten av veggen.

RINGMUR OG TUNGE VEGGER

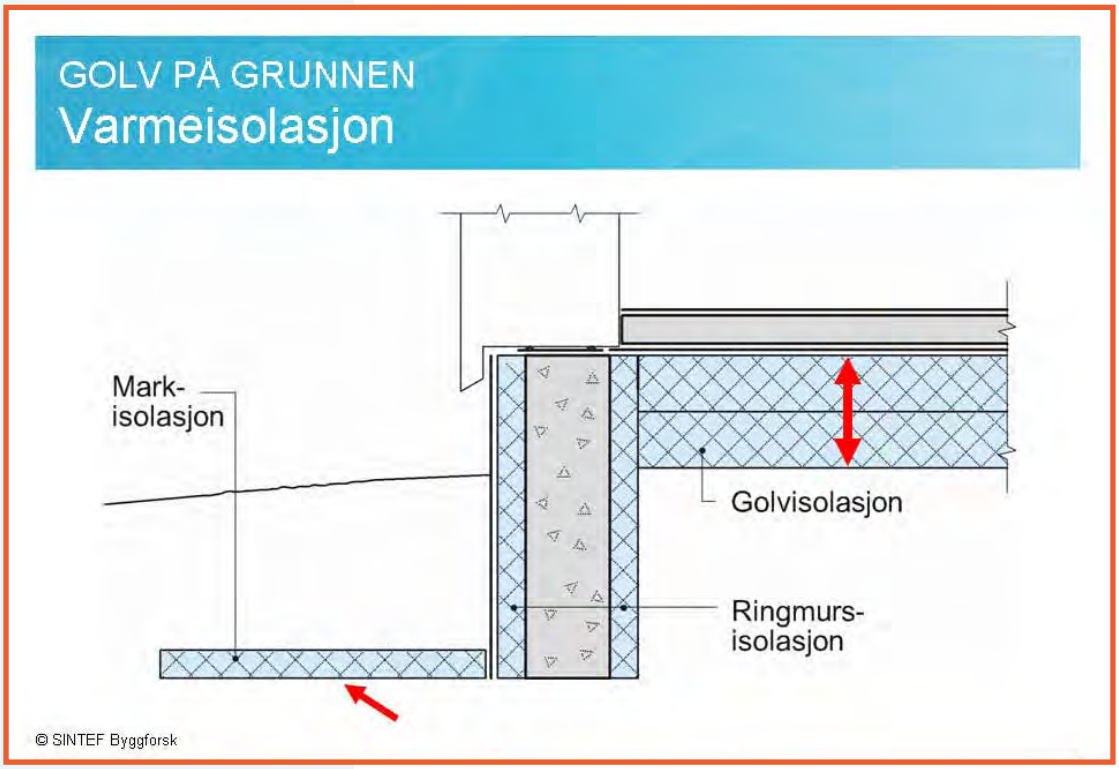
Avretting av krona

© SINTEF Byggforsk

For å kunne tette godt mellom murkrona og bunnsvilla, må murkrona være godt avrettet.

Ifølge NS 3420 skal utvendige mur- og betongarbeider minst tilfredsstille toleranseklasse PD. I klasse PD er det tillatt med planhetsavvik på ± 8 mm ved målelengde 2,0 m. Med så store svanker og bulninger blir det vanskelig å få til en tett overgang mot bunnsvilla.

Selvsagt bør murkrona helst være helt rett, men det er ofte ikke praktisk eller økonomisk mulig. Man bør i det minste beskrive og utføre avrettingen av krona etter klasse PC, som har maksimalt avvik på ± 5 mm ved målelengde 2,0 m.



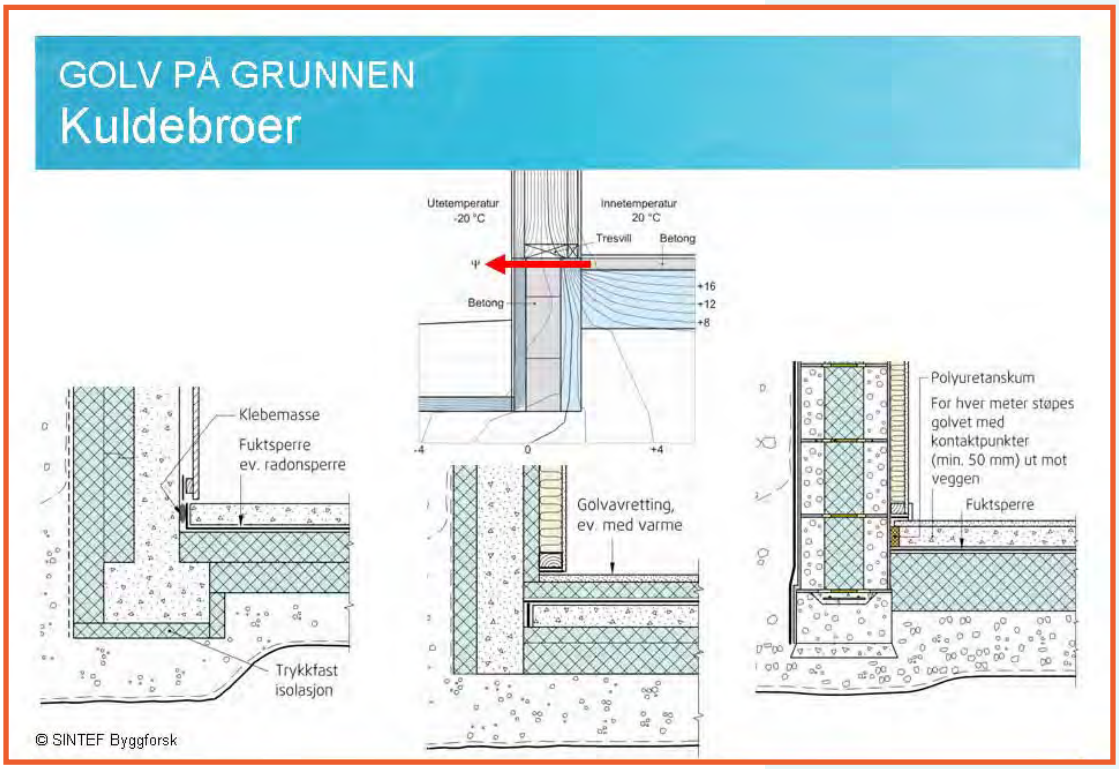
Dersom du har golvvarme, er det særlig viktig med et godt isolert golv. Golvvarmen gjør at temperaturforskjellen mellom golvet og grunnen blir mye større enn for golv uten varme. Dermed blir varmetapet også mye større, selv med samme isolasjonstykkelse.

Med golvvarme bør man minst ha 400 mm isolasjon under golvet.

Grunnen under huset er slett ikke så kald som utetemperaturen om vinteren. Men grunnen er kjølig hele året. Derfor er det nyttig å isolere godt under golvet: minst 200 mm, men gjerne 300–400 mm.

Det er billig å isolere godt under golvet, uansett om det er et kjellergolv eller golv på grunnen. Du må grave noen centimeter dypere, og du må kjøpe noe mer isolasjon, men leggingen går fort og isolasjonen «stjeler» ikke noe plass.

Uten kjeller, og med et godt isolert golv, trengs det ofte markisolering også rundt huset for å sikre at fundamentene er frostfrie.



Overgangen mellom plate på mark og ringmur er kritisk på grunn av risikoen for et stort varmetap. En kuldebro ved overgang kjellergolv–kjellervegg medfører i tillegg fare for kondens.

Ekstra stort varmetap med golvvarme

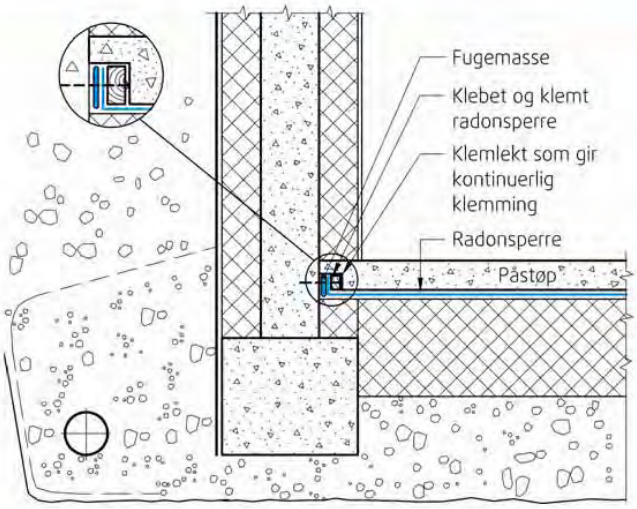
Kuldebroen kan minskes eller fjernes ved å legge:
- trykkfast isolasjon under fundamentet
- innvendig isolasjon både på yttervegg og golvkonstruksjon
- kuldebrobryter mellom golvstøp og vegg

Ved fyllingshøyder over 1 m må ikke en kuldebro-bryter ødelegge det statiske samvirket mellom golv og vegg. (Golvet holder igjen slik at jordtrykket ikke kan presse veggene innover.) For hver meter må golvet støpes helt ut mot den bærende veggen i en bredde på minst 50 mm.

For mer detaljer, se Byggdetaljer 523.111 Yttervegger mot terreng. Varmeisolering og tetting

GOLV PÅ GRUNNEN

Lufttetthet for kjellergolv

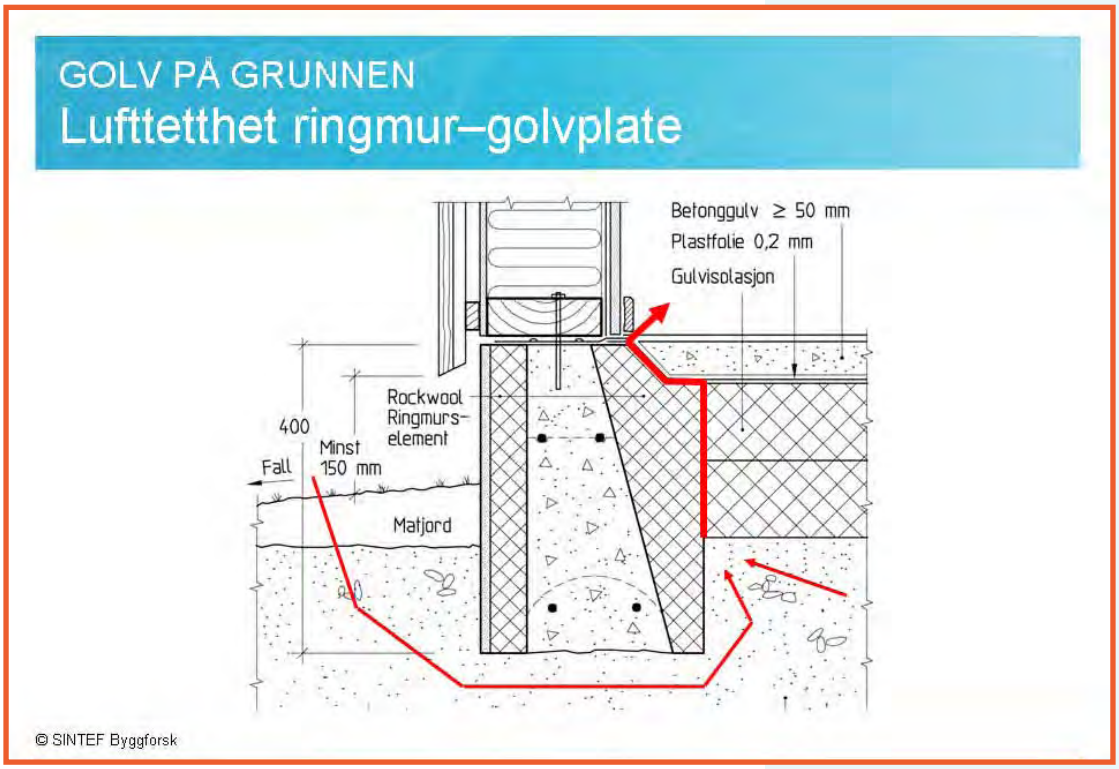


© SINTEF Byggforsk

Se også Byggdetaljer 573.104 Fugemasser. Egenskaper og materialvalg

Mange bygninger har betydelige luftlekkasjer mot grunnen. Pukklaget under bygningen er relativt luftåpent. Med utettheter i golvet, kjellerveggene og rundt oppstikk, kan man trekke betydelige luftmengder inn i bygningen. I tillegg til energitapet, kan luftlekkasjer slippe inn radongass fra bakken.

En fuktsperre eller radonsperre som klebes og klemmes mot ferdig pusset eller slemmet kjellervegg, gir god tetting.



Mellom ringmuren og betongplate for golv på grunnen blir det lett store luftlekkasjer opp fra grunnen.

For å unngå luftlekkasjer bør fuktsperra under betongplata (plastfolien) ikke skjæres av, men stikke opp og klemmes mot dampsperra i veggen. Men under arbeidene med golvstøpen blir det lett rifter og hull i den delen av fuktsperra som stikker opp. En remse med fast isolasjon på innsiden av ringmuren vil beskytte fuktsperra noe (og vil redusere kuldebroen her), men fuktsperra stikker likevel opp.

En annen løsning er å legge fuktsperra ut på murkrona, legge på en impregnert svill og legge en remse fast isolasjon innenfor svilla. Golvstøpen rettes av mot toppen av svilla.

Golvstøpen må ha mulighet til å bevege seg, og må derfor alltid støpes mot fast isolasjon eller liknende, aldri rett mot en svill.

Med fuktsperre under impregnert svill, må man bruke fugemasse mellom murkrona og svilla for å få god lufttetting også her. Fugemassen kan ligge over eller under fuktsperra, men den må fortsatt være myk når svilla legges på. Se også side 18.

GOLV PÅ GRUNNEN

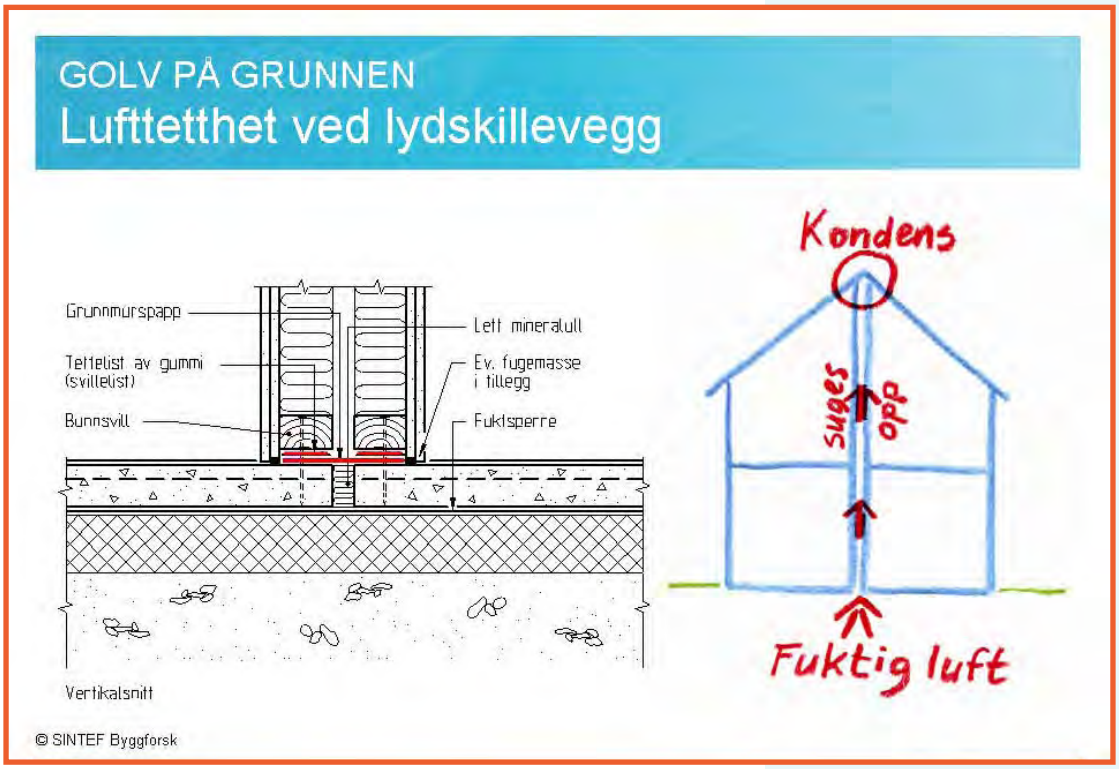
Lufttetthet ved oppstikk

© SINTEF Byggforsk

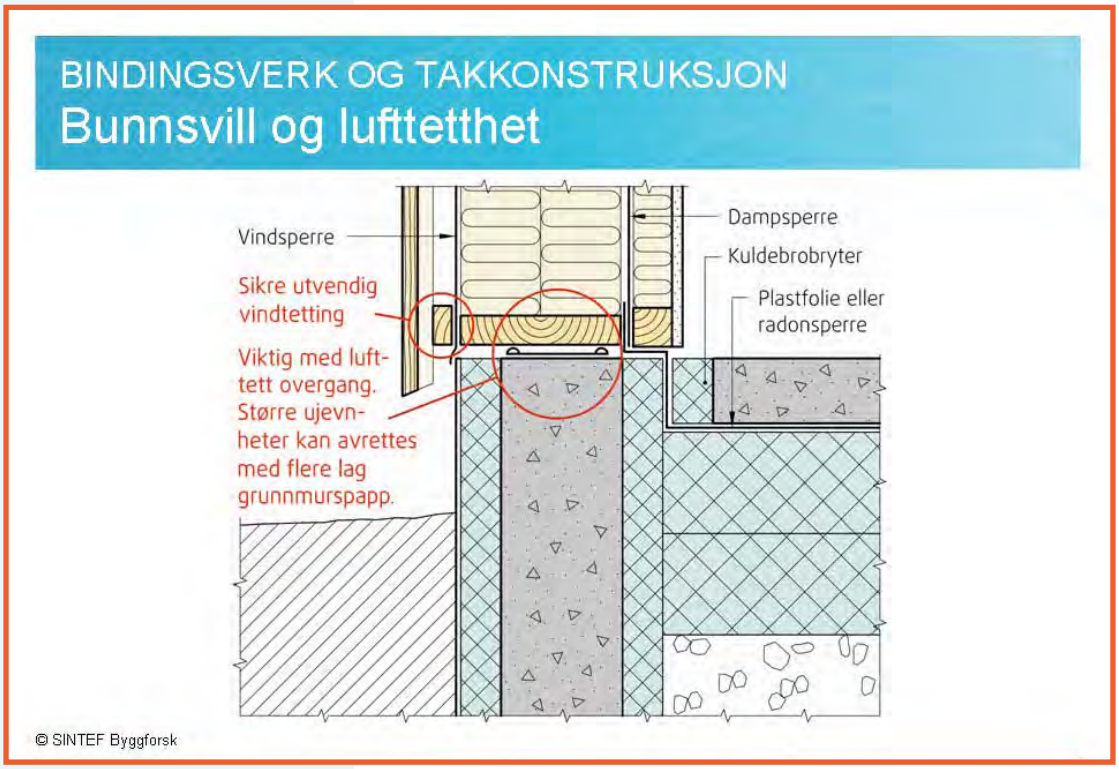
Det må tettes godt rundt alle oppstikk i golvet. Fordi varm luft stiger oppover, vil det i fyringssesongen være undertrykk nederst i bygningen. Det betyr at kald og fuktig luft (og eventuelt radon) blir sugd inn der det er utettheter.

Under støpen bør man bruke mansjetter eller tilsvarende for å tette overgangen mellom fuktsperra og rør eller kabler.

Hvis man i tillegg kan legge inn en elastisk fuge rundt røret etter at golvet er støpt, er det lagt godt til rette for tette gjennomføringer. Men det forutsetter at rørene ikke er plassert i hjørner eller tett inntil vegger. Rundt vann- og avløpsrør må man tette med elastisk fugemasse og utforme fugen slik at den tåler en viss bevegelse av rørene.



Under en lydskillevegg må det også være en spalte i golvstøpen. Det er særlig viktig at denne spalten er lufttett mot grunnen. Hvis ikke, kan lydskille-veggen fungere som en skorstein og trekke kald, fuktig luft fra grunnen og helt opp til undertaket, hvor fuktigheten vil kondensere.



Selv om murkrona er avrettet etter toleranseklasse PC, er den ikke rett nok til at en svillemembran eller et tettebånd vil tette åpningen mellom mur-krone og bunnsvill. Man bør supplere membranen/ båndet med fugemasse (akryl eller bitumen).

Fugemassen må legges på før man legger på bunnsvilla, og så klemmes svilla ned i massen før den tørker. Man kan gjerne legge et rettholt oppå krona for å se hvor det er behov for mest masse. Å legge inn masse etter at svilla er på plass, blir vanskelig.

I tillegg til å tette skal svillemembranen eller tette-båndet også beskytte bunnsvilla mot fukt fra mur-krona. Fugemasse alene fungerer ikke som fukt-sperre – vi må ha en fuktsperre i tillegg.

BINDINGSVERK OG TAKKONSTRUKSJON

Kom fort under tak

© SINTEF Byggforsk

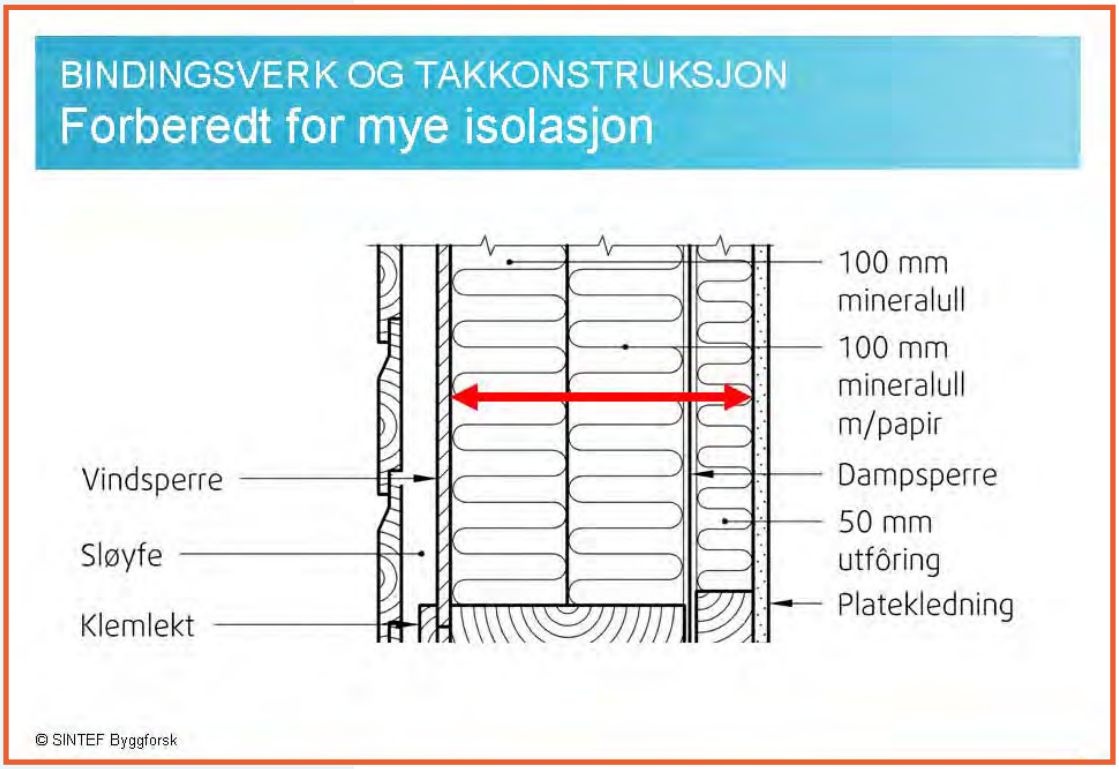
Foto: O. B. Wiik

Jo bedre man skal isolere, jo viktigere er det å ha kontroll på byggfukten.

Det viktigste tiltaket for å redusere byggfukt er å få bygget under tak fortest mulig. Det beste er å bygge inne i et telt. hvis man ikke bruker telt, gjelder det å få reist bygget og få på undertaket så fort som mulig.

Med tykkere isolasjon, vil de ytre delene av konstruksjonen være kaldere enn ved bruk av tynnere isolasjon. Men minst like viktig: Med tykkere isolasjon, får fuktigheten lengre vei å gå når den skal tørke ut.

En ting er at det kreves energi for å drive ut byggfukt. Men et fuktig bygg blir også et dårlig bygg, med fuktbevegelser, svelling, kryp og knirk. Muggvekst og innemiljøproblemer er andre konsekvenser av mye byggfukt.



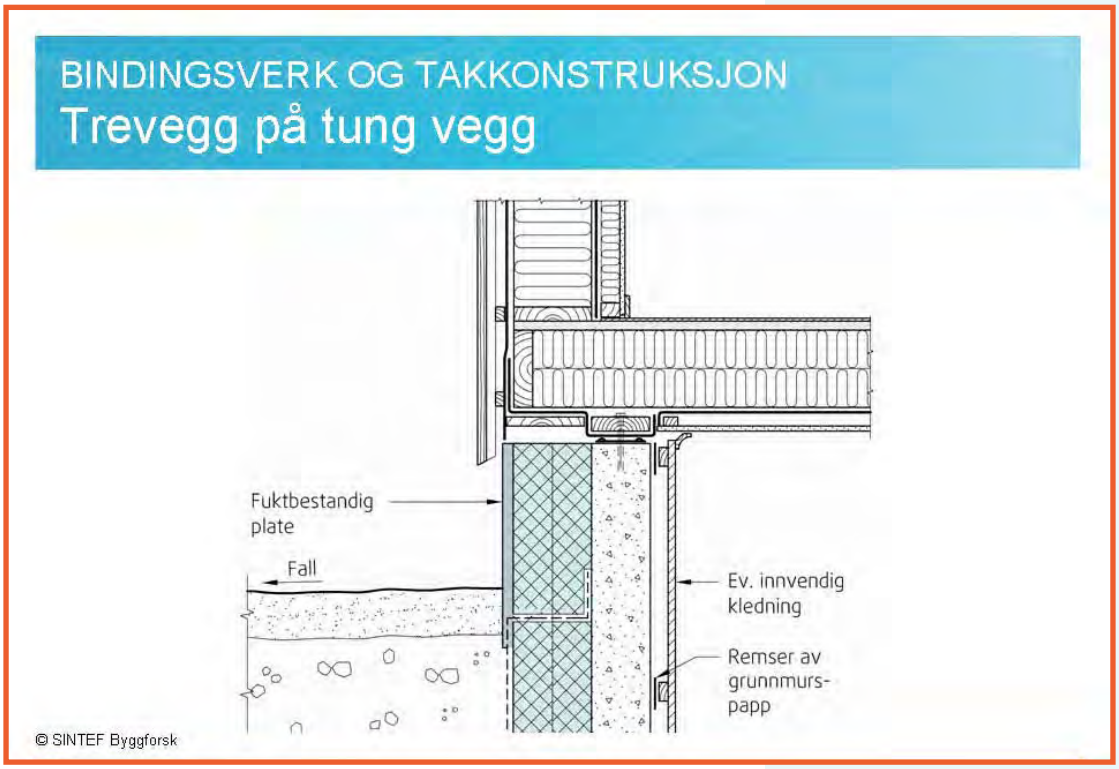
Kravnivået i TEK er basert på at vegger skal ha 250 mm isolasjon.

Minstekravet i TEK tilsvarer vegger med 200 mm isolasjon. For å benytte minstekravene er man avhengig av å «få» noe fra andre bygningsdeler ved omfordeling.

Bindingsverket må være tilpasset tykkelsen på varmeisolasjonen, selv om isolasjonen legges på plass på et senere tidspunkt i prosessen.

Vegger bør ha minst 250 mm isolasjon. Å øke isolasjonstykkelsen utover 250 mm gir redusert varmetap, men jo tykkere isolasjonen er, jo mindre effekt gir det å legge på 50 mm ekstra. Økt veggtykkelse «stjeler» golvplass, i motsetning til økt tykkelse i golv og tak.

«Standardløsningen» for 250 mm isolasjon er bindingsverk av 36 mm x 198 mm med innvendig påfôring av 48 mm x 48 mm.

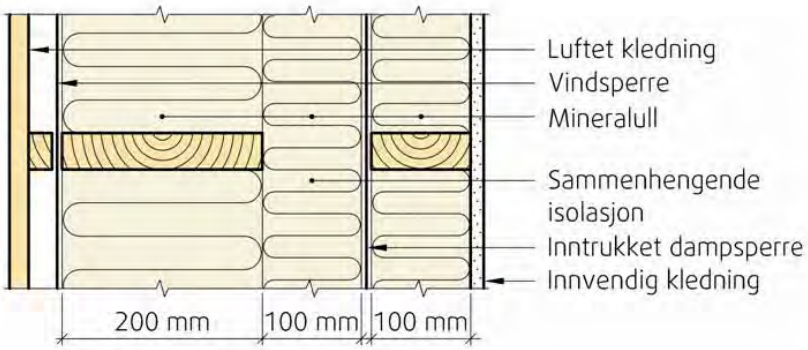


Veggløsningen må ta hensyn til at kjellerveggen eller ringmuren bør være utvendig isolert. Golv-bjelkelag kan normalt krage ut like langt som høyden på bjelkene uten særskilt beregning.

En annen løsning er å la den indre delen av bind-ingsverket være bærende, se side 23.

BINDINGSVERK OG TAKKONSTRUKSJON

Vegg med mye isolasjon



© SINTEF Byggforsk

Figuren viser et eksempel på vegg med to sett bærende stendere. Man kan selv lage andre løsninger med andre dimensjoner.

Husk at begge settene med stendere må ha skikkelig understøttelse og få tilført laster. Det må ikke være slik at det bare er det ene stendersettet som bærer.

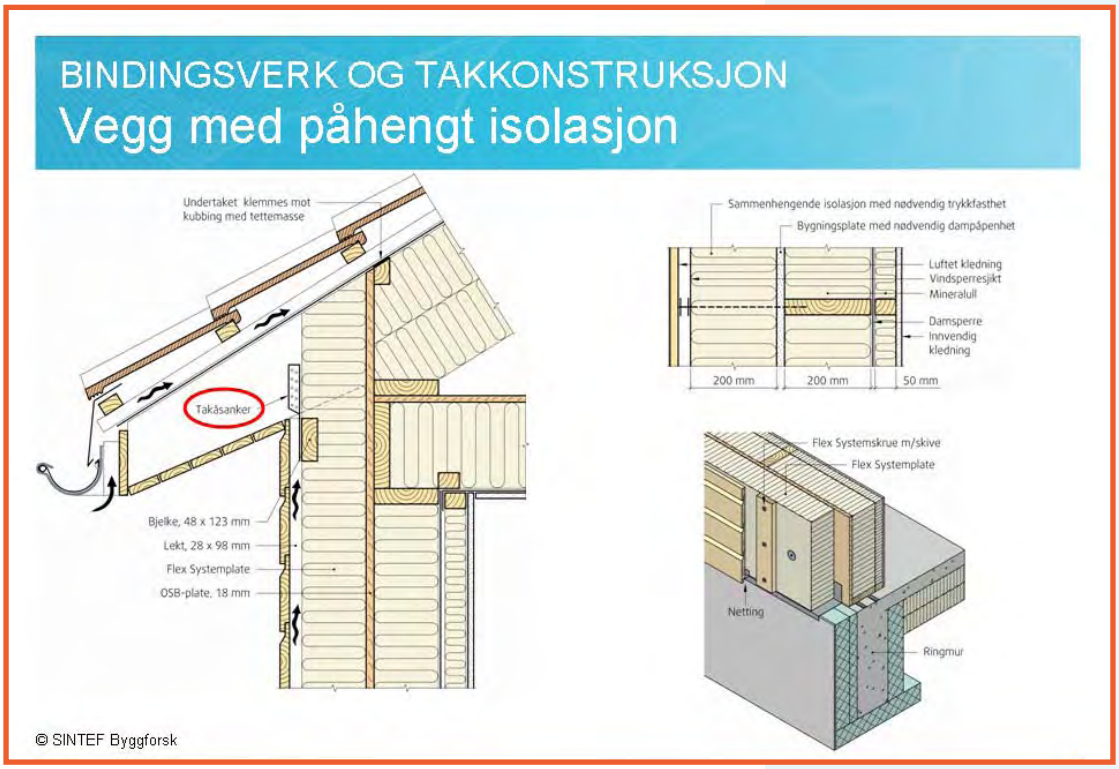
Ikke glem prinsippet om at maks én fjerdedel av isolasjonen kan være på den varme siden av dampsperra.

Tykke vegger kan bygges med bærende stendere med påfôringer, dobbelt sett med bærende stendere, eller med I-profiler.

Med ett sett stendere, får du tilstrekkelig stivhet og bæreevne med følgende stenderdimensjoner:
48 mm x 123 mm, 48 mm x 148 mm og
36 mm x 198 mm. Stendere på 36 mm x 148 mm har bare tilstrekkelig bæreevne for husbredder på inntil 6,0 m.

Med to sett bærende stendere kan man bruke 2 stk. 36 mm x 98 mm.

I-profiler er lette og rette, men krever ofte forsterkninger ved tilslutningspunktene for etasjeskillere og tak.



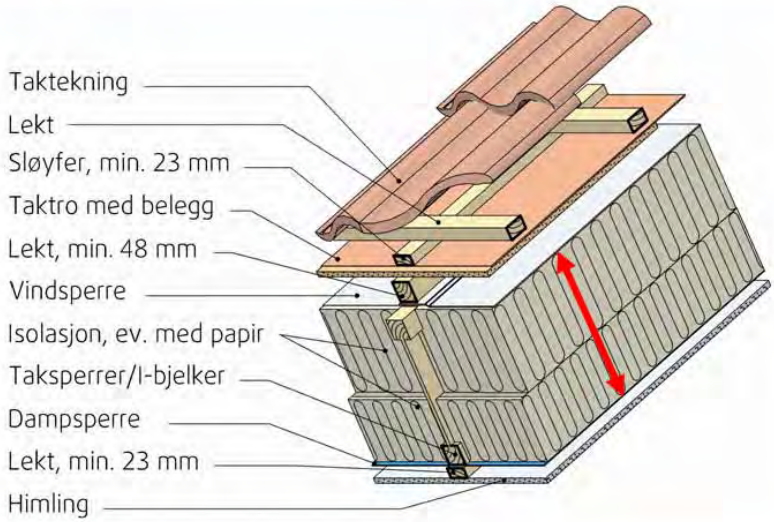
Det fins systemer for å henge isolasjon utenpå en mer ordinær bindingsverksvegg.

Den påhengte isolasjonen er spesielt fast. Til forankring av isolasjonen må man ha en OSB-plate e.l. på utsiden av det ordinære bindingsverket. Ved monteringen fester man isolasjonsmattene midlertidig til OSB-platene. Så henger man opp en bjelke i takutstikket, og til den bjelken fester man lekter som henger ned på utsiden av isolasjonen. Lektene festes så til OSB-plata eller veggstenderne. Overflaten på isolasjonsmattene er relativt tett, så isolasjonen trenger ikke vindsperre, men åpningene til luftespalten må være innsnevret for å redusere faren for anblåsning i isolasjonen.

Figuren er fra Teknisk godkjenning nr. 2549. Dette er for tiden den eneste løsningen av dette slaget med teknisk godkjenning.

BINDINGSVERK OG TAKKONSTRUKSJON

Isoleringstykkelse i tak



© SINTEF Byggforsk

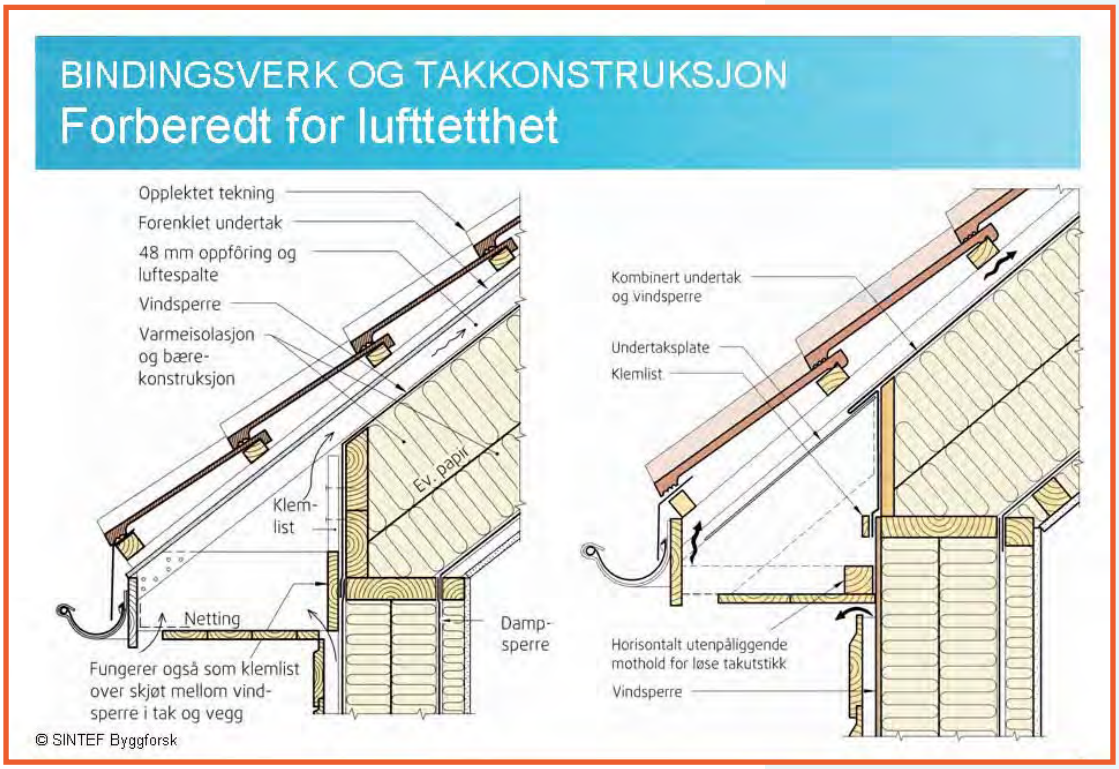
Kravnivået i TEK er basert på at tak skal ha 300–350 mm isolasjon.

Minstekravet i TEK tilsvarer tak med 250 mm isolasjon. For å benytte minstekravene er man avhengig av å «få» noe fra andre bygningsdeler ved omfordeling.

Takkonstruksjonen må være tilpasset tykkelsen på varmeisolasjonen, selv om isolasjonen legges på plass på et senere tidspunkt i prosessen.

Tak bør isoleres kraftig dersom man har plass til det, gjerne i 400–500 mm tykkelse. Hvis det er snakk om et kaldt, uventilert loftsrom, er prisen på ekstra isolasjonstykkelse nesten bare innkjøpsprisen på isolasjonen.

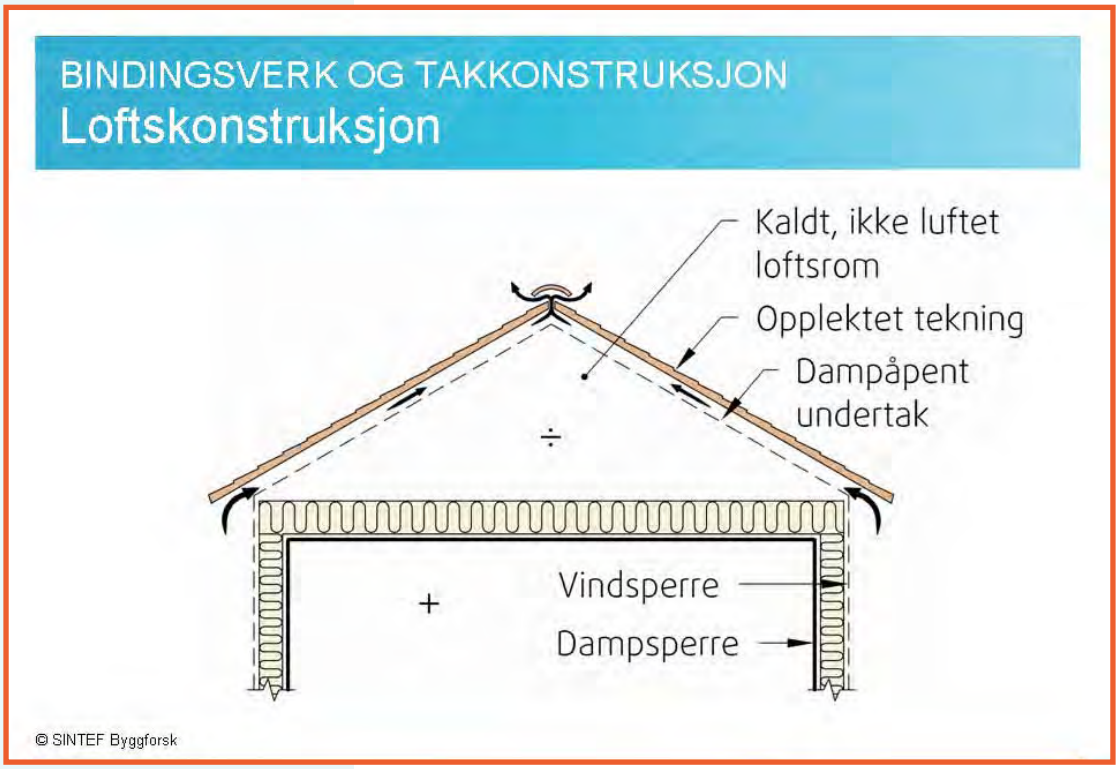
For loftsrom som skal benyttes til oppholdsrom eller lagring, bør man føre isolasjonen langs hele skråflaten, også der det blir knekott eller hanebjelker. Eventuelt kan det i tillegg isoleres i knevegger og mellom hanebjelker.



Et tett vindsperresjikt er like viktig som en tett dampsperre. Overgangen mellom vegg og tak er ett av de stedene hvor det kan være vanskeligst å få vindsperra tett. Dette kan forenkles ved å legge undertaket og vindsperra rundt raftet, se side 31.

Det er enda enklere å få til tett vindsperre hvis man bruker påhengt takutstikk: Sperrene kappes i flukt med veggen, og undertaket trekkes ned forbi sperre-endene og klemmes mot vindsperra på et spikerslag. Så henges raftekassa utenpå vindsperra. Opphenget av raftekassa må dimensjoneres for snø- og vindlaster.

Dampsperra bør være inntrukket slik at de fleste tekniske føringene i huset er på innsiden av dampsperra.



Vindsperra (eller det dampåpne undertaksbelegget) bør ha en maksimal s_d-verdi på 0,5 m. Dette tallet gjelder summen av dampmotstanden til alle sjiktene på vindsperresiden. Ved flere vindsperresjikt, må det mest dampåpne sjiktet være ytterst.

Sjekk materialdata fra produsenten. Veiledende verdier finner du i Byggdetaljer 573.121 Materialer til luft- og damptetting.

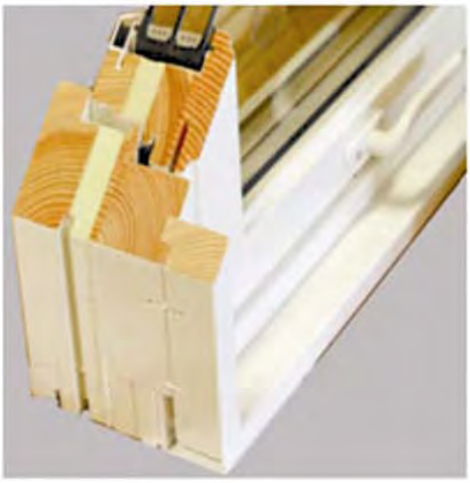
Den beste løsningen for å oppnå et lavt lekkasjetall er å velge en uventilert loftskonstruksjon. Isolasjonen legges i tykke lag mellom og over loftsbjelkene. Med et dampåpent undertaksprodukt eller vindsperre oppå takkonstruksjonen, unngår man vanskelige tetteoppgaver rundt sperrer, skråstivere osv. Luftingen blir bare mellom påfôringene rett under taktekningen.

Uttørkingskapasiteten til slike uventilerte loftsrom er likevel dårligere enn for et tradisjonelt ventilert loft. Det er derfor svært viktig med god tetting av innvendig dampsperre opp mot loft, slik at fuktig luft ikke kommer opp til loftet gjennom himlingen. Se side 43–46 for damptetting under loftsbjelkelag.

Slike loftsrom er ikke egnet til lagringsplass. Inspeksjonsluke i himlingen må være luftett, eventuelt kan inspeksjonsluken settes inn i en gavlvegg.

VINDU OG DØR

Isolasjonsverdi



© SINTEF Byggforsk

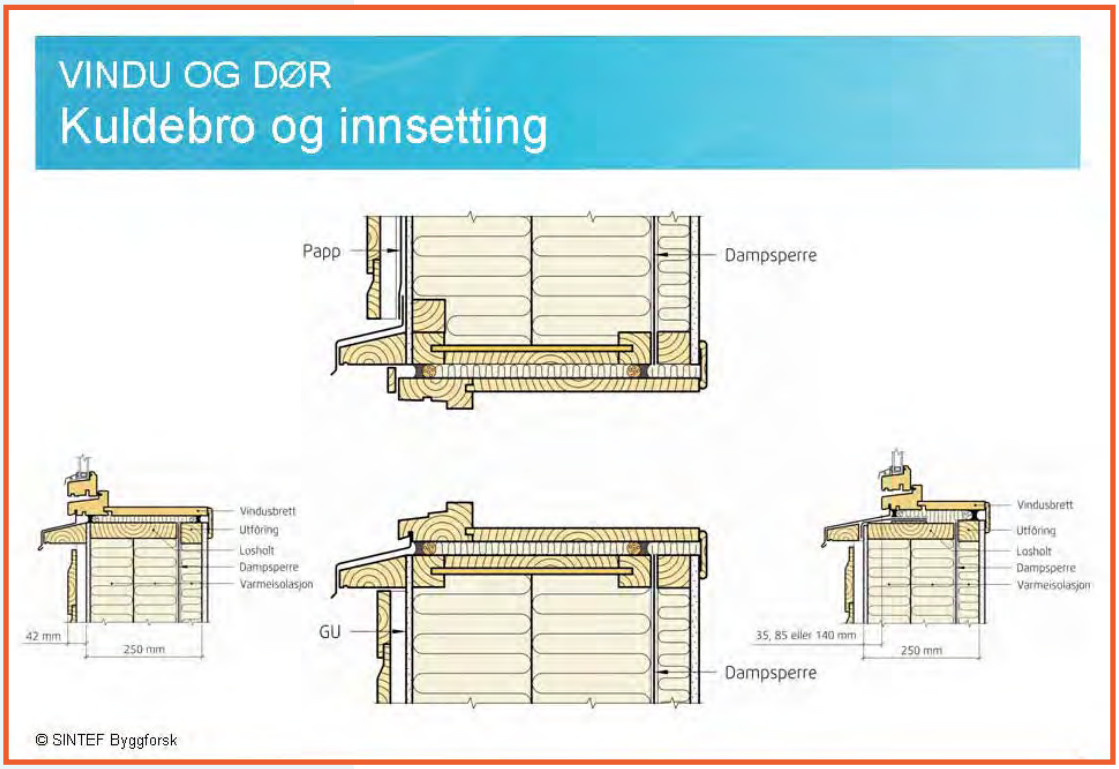
Foto: Nordan

Vinduers isolasjonsverdi er to forskjellige ting:
– U-verdi midt på glassruta
– gjennomsnittlig U-verdi for hele vinduet
Det som er interessant i energisammenheng er den gjennomsnittlige U-verdien til et helt vindu av en bestemt størrelse.

Den gjennomsnittlige U-verdien til vinduet er avhengig av fire ting:
– U-verdien midt på glassruta, dvs. hvor mange lag glass det er, hvor stort hulrom det er mellom glassene, hva som er i hulrommet og hvilke energibelegg som er på glasset.
– er spaceren mellom glassene av varmeledende aluminium eller et bedre isolerende materiale?
– ramme- og karmprofiler. Isolerte profiler som vist på figuren er betydelig bedre enn massive profiler.
– størrelsen på vinduet, dvs. forholdet mellom arealet av godt isolert rute og lengden på «kuldebroer» i spacer, ramme og karm.

Vindusstørrelsen har mye å si med godt isolerte ruter og med aluminiumsspacer og massiv ramme og karm. Med slike løsninger må man ha trelags ruter og minst 1,0 m x 1,0 m store vinduer for å oppfylle kravnivået i TEK.

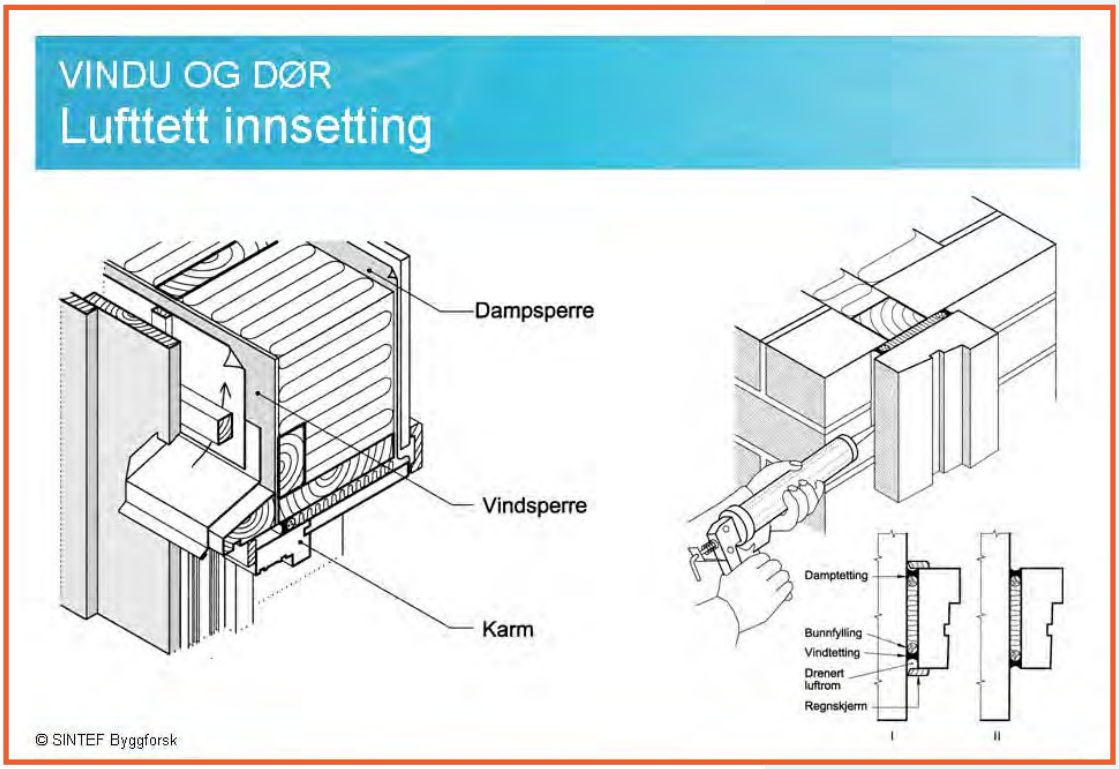
Med isolert ramme og karm, og med en god spacer, har ikke størrelsen på vinduet så mye å si.



Fordi vinduet er mye tynnere enn veggen, har den tykke isolasjonen i veggen redusert effekt helt inntil vindussmyget.

I tradisjonell utførelse setter vi vinduet med karmen i liv med utvendig overflate på kledningen, dvs. halvveis utenfor den isolerte veggen. Ved å trekke vinduet inn i den isolerte delen av veggen, kan vi redusere varmetapet i forbindelse med vinduet med ca. 10 %.

Det energimessig ideelle er å sette vinduet midt i veggens isolasjonssjikt, men det er risikabelt fukt-teknisk sett. Det beste kompromisset mellom ener-gitap, fuktsikkerhet og enkel lufttetting har vi med karmens utside nesten i liv med vindsperra, dvs. slik at sporet for vindusbeslaget akkurat er utenfor vindsperra.



På utvendig side bør spalten mellom vinduskarm og bindingsverk tettes med fugemasse og bunnfyllingslist. Fugen bør være så langt ut mot vindsperra som mulig.

Man skal være netthendt og ha trening for å bruke fugeskum med hell. En ting er at skummet utvider seg og kan presse karmen skeiv. For tetthetens skyld er det verre at herdet skum ikke er fleksibelt, slik at det sprekker opp eller slipper når bygningen beveger seg. Overflatesnerken på fugeskummet er relativt lufttett, men må man skjære vekk noe, er det så som så med lufttettheten.

Regn som driver inn på vindsperra og renner nedover mot vinduet kan være vanskelig å håndtere. Den sikreste løsningen er å benytte både vindsperreplater og vindsperre på rull. Da får man vannet ut på vannbrettbeslaget, og man er sikrere på at vindsperresjiktet generelt sett er tett.

VINDTETTFASEN

Den viktige vindtettingen

© SINTEF Byggforsk

«Vi vil ikke bo i en plastpose», sier noen. Nå er det slik at heller ikke kroppen puster gjennom huden, men gjennom lungene. Bygninger skal være tettest mulig, og så skal man sørge for et godt innemiljø og frisk luft ved hjelp av ventilasjonsanlegget.

Bygg tett, ventilér med vett!

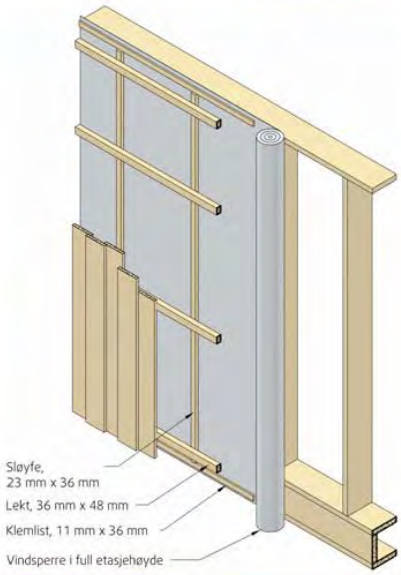
I trekonstruksjoner er et tett vindsperresjikt det viktigste tiltaket for å få et lufttett hus. Det er lett å måle tettheten når vindsperresjiktet er på plass, det er lett å finne de fleste lekkasjepunktene før man isolerer, og det er lett å tette lekkasjepunktene når verken isolasjon eller kledning er i veien.

Likevel kan man ikke slå seg til ro med en tett vindsperre. Det høres rart ut, men målinger viser at hus kan bli mindre tette etter at isolasjonen og dampsperra er montert. Det skyldes først og framst alle små og store gjennomføringer som ikke var gjort når man målte, og som kanskje ikke var tenkt på og funnet løsninger til i tide.

Det er eksepler på at lekkasjetallet er doblet fra vindtettfasen til ferdig bygg. Med litt omtanke burde det være unødvendig. Men dette forteller også at dampsperra alene ikke kan redde tettheten til et hus, slik mange synes å tro.

VINDTETTFASEN

Lufttett vindsperre på vegg



© SINTEF Byggforsk

Man kan få gode tetthetstall med vindsperre-produkter av plater. men det kraver at man er nøyaktig i plateskjøtene. Det kan være en fordel å teipe plateskjøtene, men bruk spesialteip, som har garanti for vedheft og aldringsbestandighet.

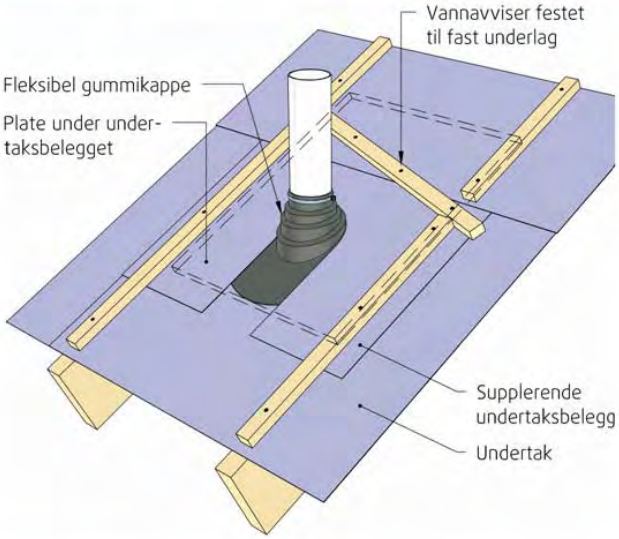
Det er lettere å få god tetthet med et rull- eller papprodukt, gjerne et produkt som har full etasje-høyde. Alle skjøter må klemmes med klemlekter, og gjerne teipes med spesialteip i tillegg.

En robust og sikker løsning er å bruke både plater og rullprodukter. Da er det viktig å påse at det ytterste vindtetteproduktet (normalt rullproduktet) har større dampåpenhet enn det innerste vind-tetteproduktet. Samlet dampåpenhet (s_d-verdien) må være under 0,5 m.

Det er viktig at rullproduktet trekkes kontinuerlig rundt hjørner og sprang i fasaden.

VINDTETTFASEN

Lufttett undertak



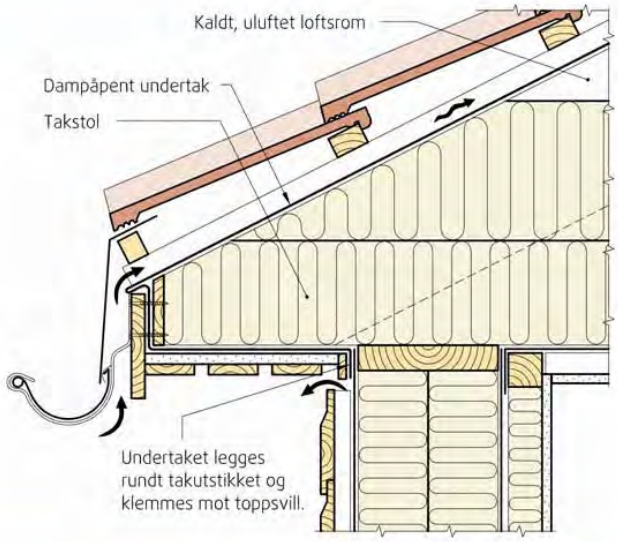
© SINTEF Byggforsk

Vindsperre eller forenklet undertak bør ligge oppå sperrene. Sperra/undertaket legges på fra raft til møne (og helst kontinuerlig ned til det andre raftet igjen), og skjøtene klemmes oppå sperrene, dersom ikke produktet har teknisk godkjenning for legging horisontalt.

Med tradisjonelt undertak kan det være fristende å legge undertaket rett på sperrene for å få på tekningen fort og komme under tak, og så etterpå lage luftespalte under undertaket, mellom sperrene. Da må også vindsperra legges mellom sperrene. Det er arbeidskrevende å montere vindsperra slik at den slutter noenlunde tett mot sperrene. Noen prima lufttetting blir det neppe.

VINDTETTFASEN

Lufttett mellom vegg og tak



© SINTEF Byggforsk

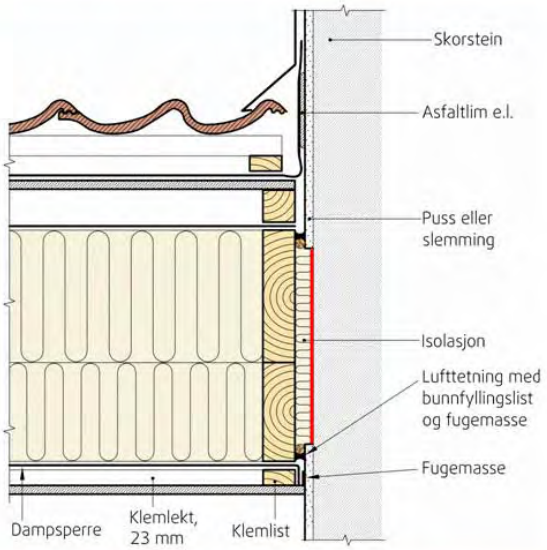
Det er vanskelig å få til god lufttetting mellom sperrene ved overgangen mellom vegg og tak. Hvis man ikke benytter løst takutstikk som vist på side 25, bør man føre vindsperresjiktet rundt sperreendene.

Figuren viser en løsning med dampåpent undertak. Løsningen med tradisjonelt undertak ser helt tilsvarende ut. Viktig for begge løsninger er å la undertaket gå ut over forkantbordet og danne en dryppnese før det brettes tilbake og rundt raftekassa.

Spalten bak takrenna er viktig for å lufte taket. Med denne løsningen har man ingen raftekasse til å fange opp snødrift, men spalten bak takrenna er i de aller fleste tilfellene tilstrekkelig for å hindre at det fokker snø opp i luftespalten.

VINDTETTFASEN

Lufttetting rundt skorstein



© SINTEF Byggforsk

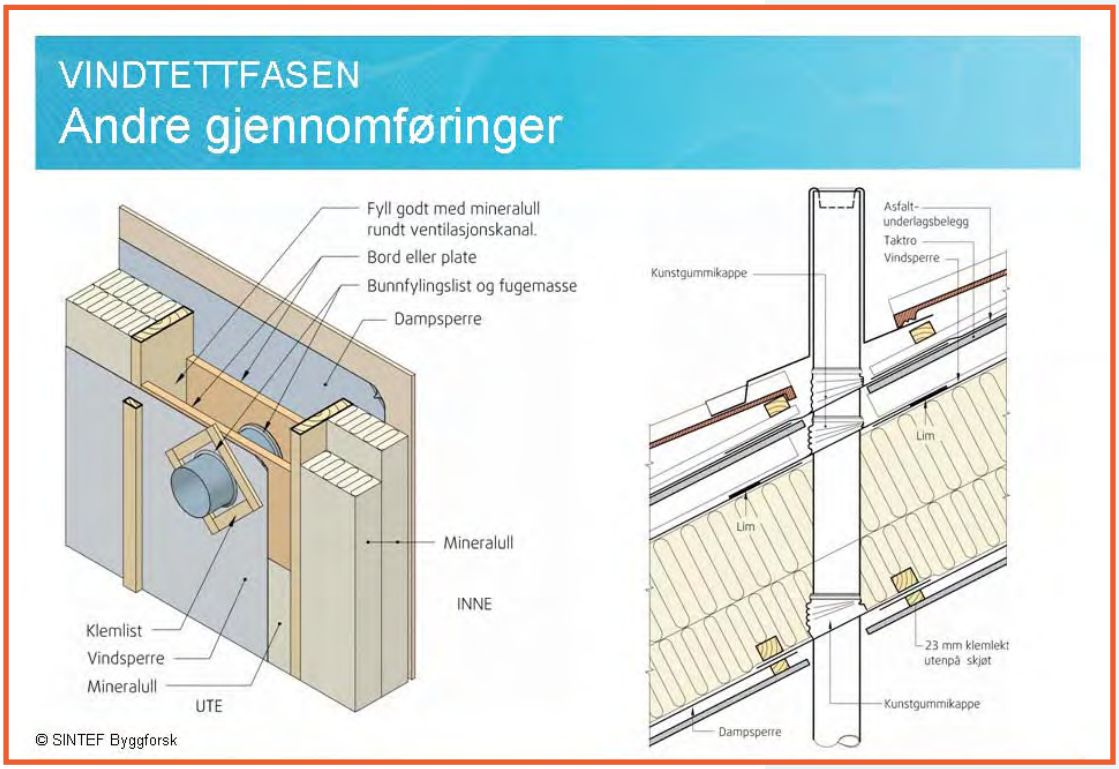
Skorsteinselementer av lettklinker kan slemmes før de tas av pallen. Da er de allerede tette på to sider før man murer med dem. Elementene snus slik at de tette sidene vender inn mot en bakvegg e.l.

Elementer som skal gå gjennom bjelkelag eller takkonstruksjonen må slemmes eller pusses på alle sider før de mures på plass.

Tilslutningen mellom taket og skorsteinen må være lufttett. Dette gjelder alle typer skorsteiner, og det gjelder både gjennomføringen i dampsperra og i vindsperra eller et forenklet undertak.

Fugemasse fester dårlig både til plast og puss, og er derfor ikke nok alene. Men man kan fuge mellom taksperrer/kubbing og skorstein hvis man fuger mot en bunnfyllingslist. Man kan til nød klemme tettesjiktet mot skorsteinen med klemlekter hvis man også har fugemasse imellom.

Alle overflater på en skorstein i lettklinker skal pusses eller slemmes, også skjulte flater inn mot vegger eller der hvor skorsteinen går gjennom etasjeskillere, loftsrom eller taket. Eventuell luft som kommer inn i skorsteinen ved feieluke osv., må ikke få slippe ut igjen i etasjeskilleren eller i taket.



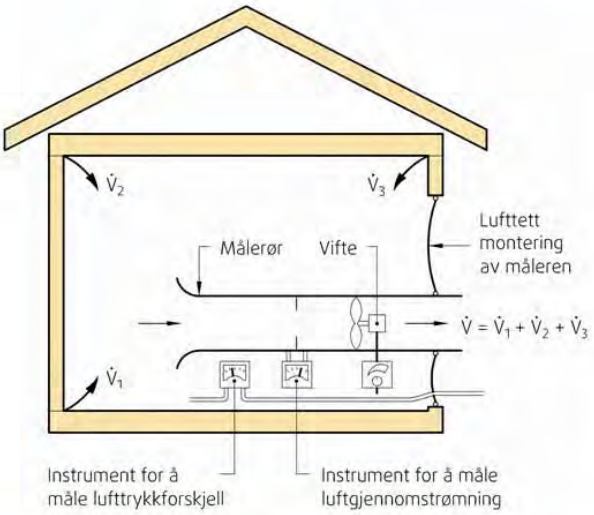
Andre gjennomføringer enn skorstein kan være luftelyrer for avløp og ventilasjon gjennom taket, ventilasjonskanaler og ventiler gjennom vegg, trekkerør for el- og teleforsyning og trekkerør for utendørs vann- og elpunkter.

Alle slike gjennomføringer skal tettes skikkelig, både mot dampsperra og mot vindsperra.

Men for å få til dette må alle som jobber med vindsperra og dampsperra, vite hvor gjennomføringene kommer. Det å planlegge plasseringen av gjennomføringer og fortelle alle hvor gjennomføringene kommer, er ofte det viktigste tiltaket for god lufttetthet.

VINDTETTFASEN

Måling av lufttetthet



© SINTEF Byggforsk

Flere ventilasjonsprodusenter tilbyr enkelt og rimelig måleutstyr som man selv kan bruke til å måle lekkasjetallet i henhold til standarden.

Måling av lufttetthet er enkelt. Det kan gjøres etter ulike metoder.

Ved måling i henhold til standarden, må man ha vifter som kan justeres til riktig trykkforskjell, uavhengig av hvor store luftlekkasjene er.

Ved forenklet måling brukes en vifte som likevel skal monteres i bygningen (f.eks. kjøkkenavtrekket eller ventilasjonsanlegget). Man måler hvor stor trykkforskjell man oppnår og hvor stor luftstrømmen gjennom vifta er. Ved å lese av i et skjema kan man finne ut hvor stor luftlekkasjen ville vært ved 50 Pa trykkforskjell.

Man kan også teste tettheten uten å måle lekkasjetallet. Hvis man bare får en vifte til å skape et over- eller undertrykk, kan man gå rundt langs ytterkonstruksjonene og kjenne hvor det blåser. Når man vet hvor lekkasjepunktene er, kan de utbedres.

VINDTETTFASEN

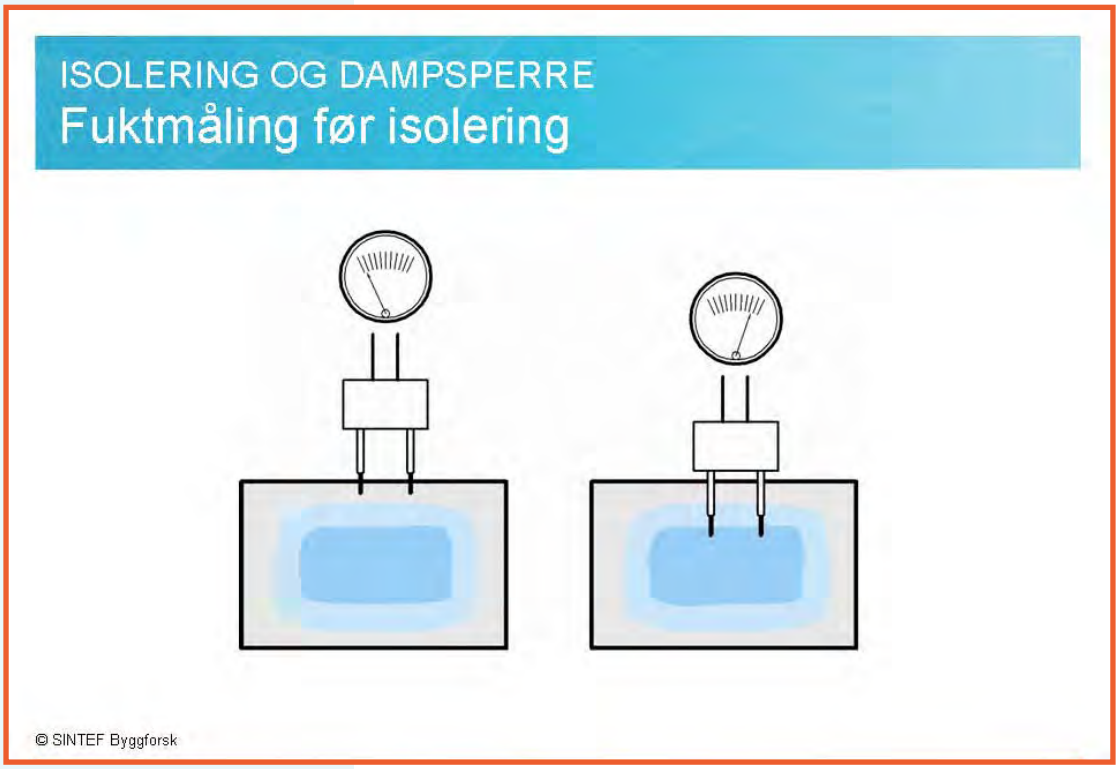
Utbedring av luftlekkasjer

© SINTEF Byggforsk

Det hjelper lite å måle lufttettheten og finne lekkasjene hvis man ikke også gjør noe med det man finner.

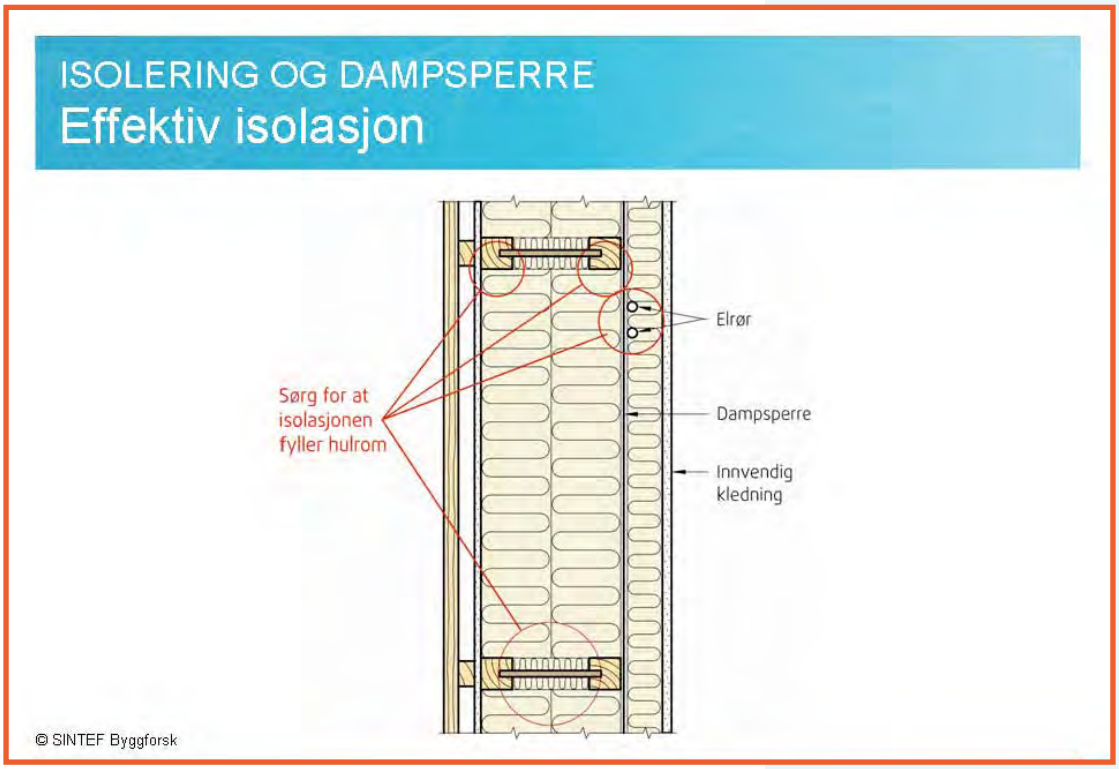
Lekker det i omlegg, får man klemme bedre. Er det blitt rifter eller hull, får man bytte ut noen biter. Blåser det langs gjennomføringer, får man fuge om igjen.

Vanskeligere er det ikke, men det må gjøres!

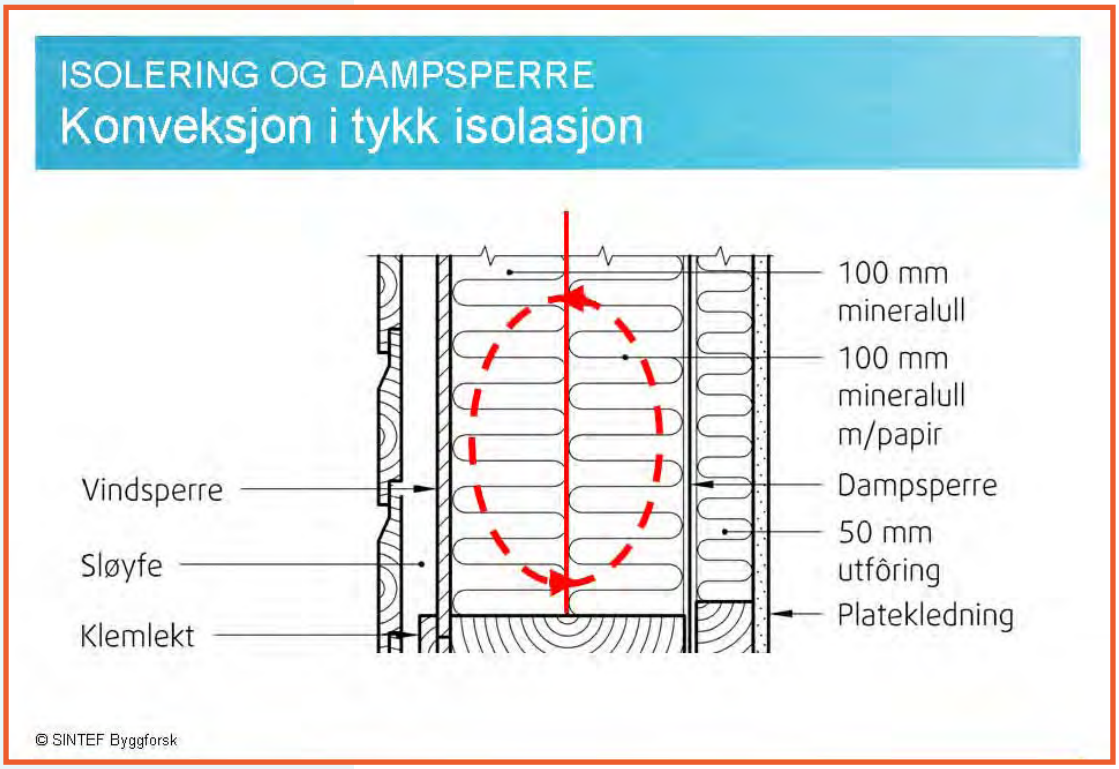


Før konstruksjonen fylles med isolasjon og lukkes med dampsperre, må man forsikre seg om at treverket er tilstrekkelig tørt.

Det kan være stor forskjell på fuktinnholdet i kjernen og i det ytterste sjiktet av et trestykke. Til fuktmåling må man derfor bruke utstyr med dype pigger som slås godt inn i treverket. Treverk bør aldri ha mer enn 20 % relativ fuktighet i kjernen når det lukkes inne – helst under 16–18 %.



Sørg for at isolasjonen fyller alle hulrom. Glipper og ikke utfylte hjørner fører ikke bare til mindre reell isolasjonstykkelse, men også til luftsirkulasjon som trekker med seg varmen ut til den kalde siden av veggen.



Slike luftstrømmer er uheldige fordi lufta mot vindsperra blir avkjølt og synker nedover, mens lufta mot dampsperra blir varmet opp og stiger. Nederst vil den kalde lufta prøve å komme innover for å få bedre plass, og øverst vil den varme lufta prøve å komme utover. Med fritt løp, får vi en luftkarusell som tar med seg varmen ut og henter med seg kulda inn.

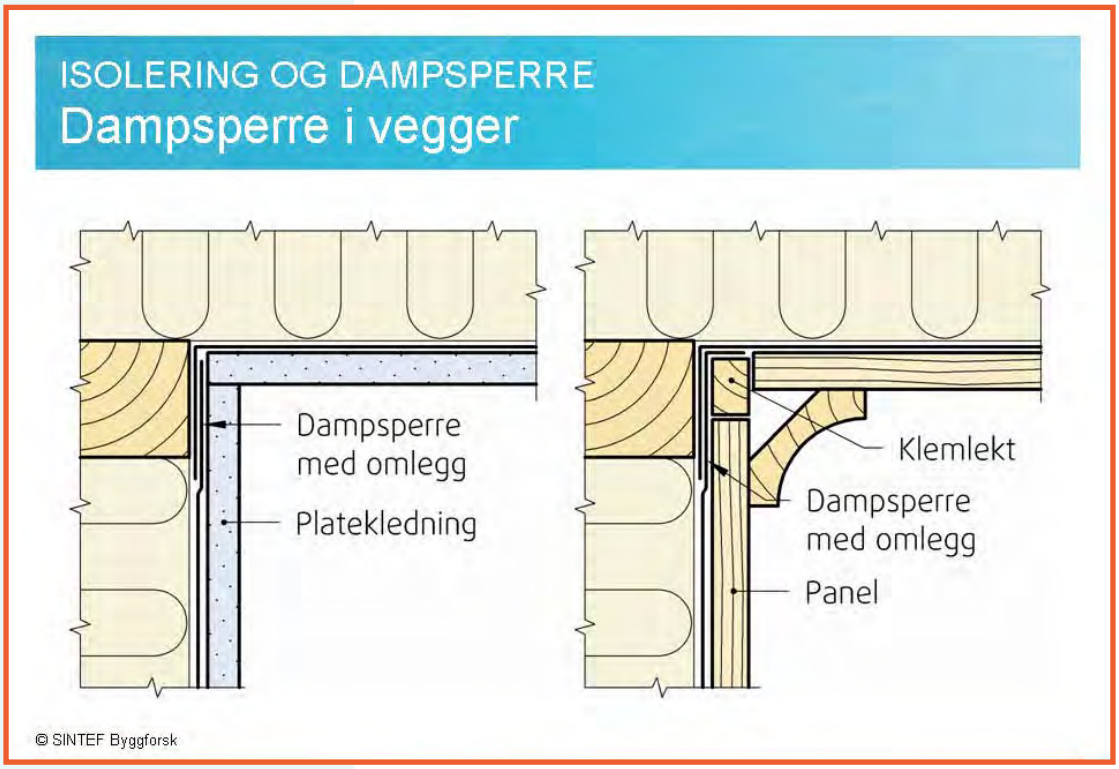
Med tykke isolasjonslag bør man bruke papirbelagte isolasjonsmatter for å unngå luftstrømmer i isolasjonen.

Isolasjonen i vegger bør ikke være tykkere enn 150 mm mellom hvert sjikt som hindrer luftsirkulasjon. Slike sjikt kan være dampsperre, vindsperre, papiret på papirbelagt isolasjon eller løse papirlag lagt mellom isolasjonsmattene. Sjikt midt i isolasjonen må være dampåpent.

Reflekterende folier høres besnærende ut. Men det er én forutsetning som må oppfylles for at de skal virke: De må være montert mot et luftrom for å kunne reflektere! Blanke folier som ligger klemt mellom andre produkter har ingen varmereflekterende effekt.

I praksis må et slikt hulrom være minst 2–3 cm tykt for at materialene på begge sider ikke kan bule så mye at de møtes på midten. I vegger vil det oppstå luftsirkulasjon i et slikt hulrom (konveksjon), som vil redusere varmeisolasjonseffekten. Når vi tar hensyn til konveksjonen, vil vi få den samme eller en bedre isolasjonseffekt ved å fylle hulrommet med isolasjon og la være med å legge inn folie.

I horisontale hulrom i etasjeskillere kan reflekterende folie ha noe for seg, hvis varmestrømmen går nedover (mellom oppvarmet rom og uoppvarmet kjeller). Men husk at slike folier ofte er damptette.

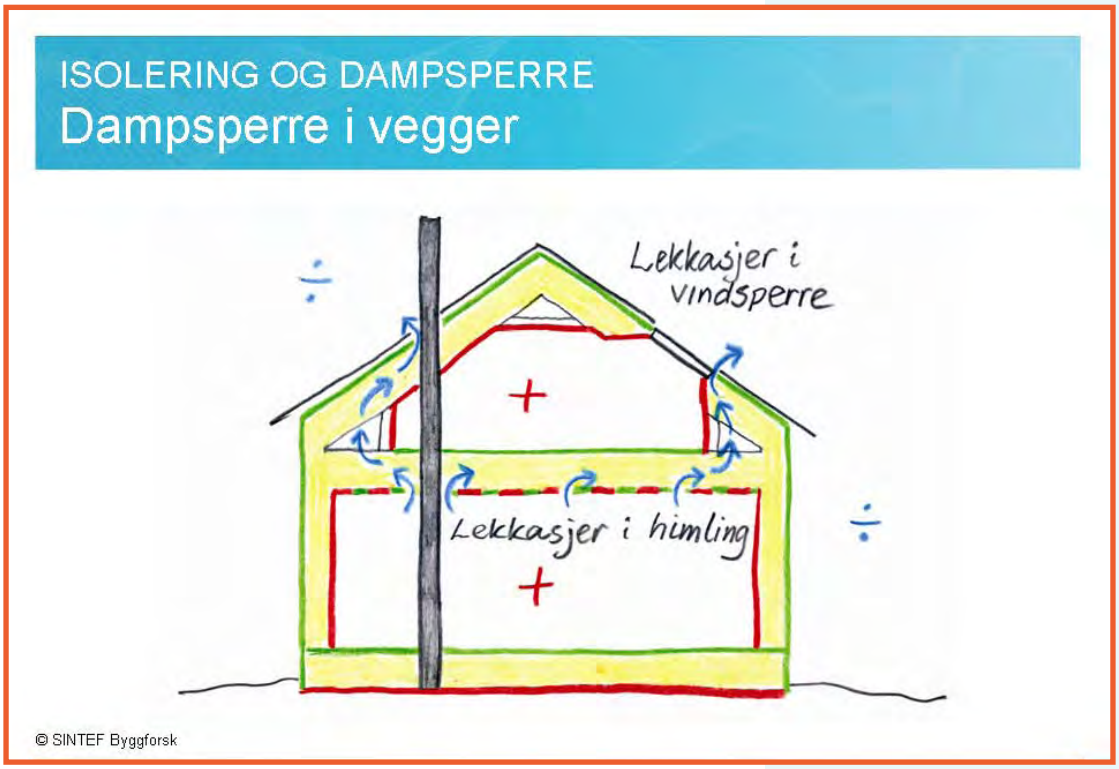


Våtrom med yttervegger er et eget kapittel. Mange belegg for våtromsvegger er damptette i seg selv, og de skal derfor ikke ha plastfolie innenfor. Men smøremembraner er ofte ikke damptette selv om de er vanntette. Mellom membranen og flisene er det ofte en relativ luftfuktighet på 100 %, og det gjør problemstillingen ekstra viktig. Ikke for lufttettheten, men for fuktsikkerheten er det derfor viktig å finne et membranprodukt som holder tilstrekkelig damptetthet.

Dampsperra må på plass så snart isolasjonen er montert. Man må i alle fall ikke begynne å varme opp bygningen før dampsperra er montert.

Dampsperra bør trekkes noe inn i veggen slik at elbokser og trekkerør ikke behøver å perforere den.

Skjøter i dampsperra må klemmes. Man bør bruke klemlister eller teip med dokumenterte aldringsegenskaper. Platekledninger kan gi tilfredsstillende klemming, men trepanel klemmer alt for dårlig.



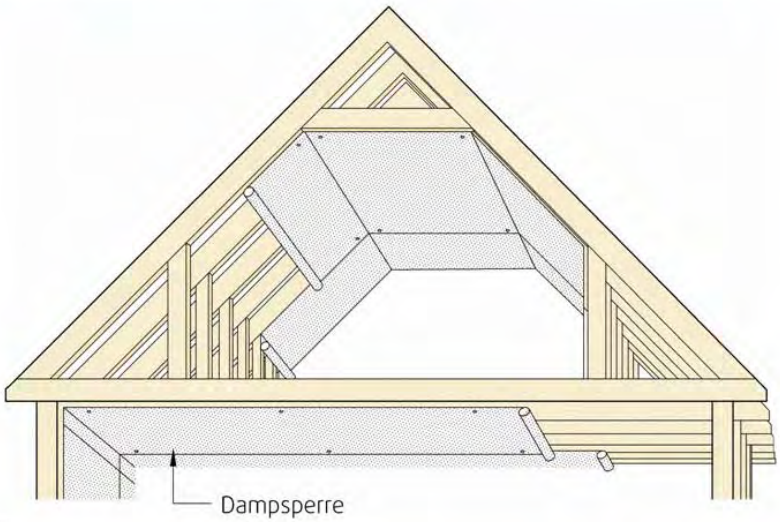
Det er spesielt viktig å få til en lufttett dampsperre mot tak eller loft:

I fyringssesongen er det som regel høyere trykk inne i den øvre delen av bygningen enn det er utendørs. Dette kommer av at varm luft stiger opp-over (skorsteinseffekt). Hvis ikke dampsperra mot tak eller loft er lufttett, kan store mengder varm, fuktig inneluft bli presset opp i konstruksjonen. I tillegg til å være et energitap vil denne lufta også kondensere, noe som kan føre til alvorlige fukt-skader.

Det er ikke vanskeligere å få til en lufttett damp-sperre her enn andre steder. Men det er altså enda viktigere å få det til!

ISOLERING OG DAMPSPERRE

Dampsperre mot tak eller loft – sperresjikt



© SINTEF Byggforsk

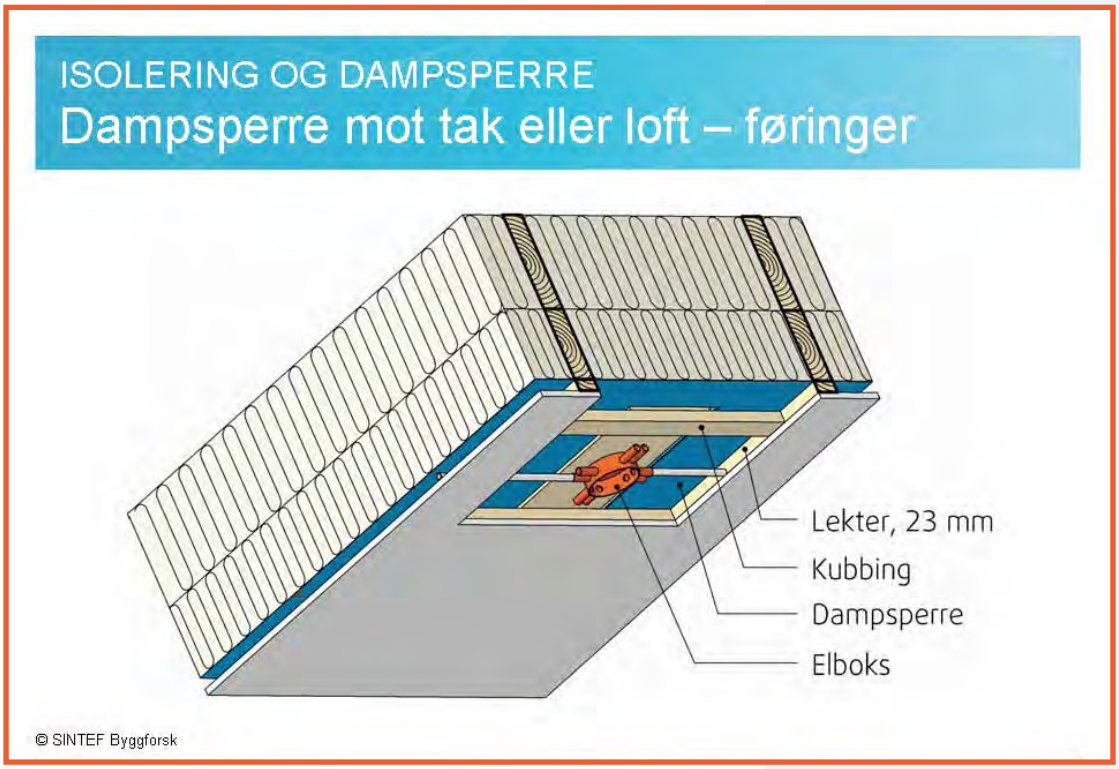
Beregninger tilsier at et lekkasjetall lavere enn 2,0 vil redusere muggvekstfaren. Det forutsetter at det lekker luft jevnt over det hele.

Men i virkeligheten lekker det ofte i punkter, f.eks. rundt downlight, ventilasjonskanaler og andre gjennomføringer. Punktlekkasjer gir større lufttransport og større muggvekstfare, særlig på et uventilert loft. Det er derfor vesentlig for fuktsikkerheten at himlingen er så lufttett som mulig.

Det er viktig at hele himlingen i etasjen under taket eller loftet er tett. Det får man lettest til ved å trekke plasfolien i ett stykke opp den ene langveggen, under hele himlingen og ned den motstående langveggen. Det gir sammenhengende bindingsverk og loftsbjelker som man kan klemme skjøtene mellom plastremsene mot.

Tett himling i etasjen under loftet er særlig viktig ved bruk av A-takstoler. I midtpartiet, under oppvarmet rom, bør dampsperra erstattes med et dampåpent vindsperresjikt (f.eks. gipsplater), se side 47. Pass på at du kan klemme overgangen mellom plastfolie og vindsperre, slik at den blir lufttett.

Uventilerte loftsrom må ikke benyttes som lagerrom. Loftsrommet bør bare være tilgjengelig via inspeksjonsluke. Det er en fordel om luka står i gavlveggen og ikke i himlingen.

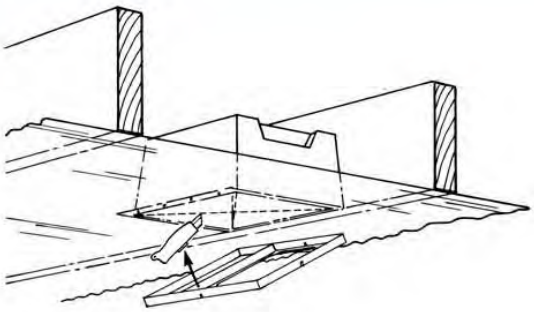


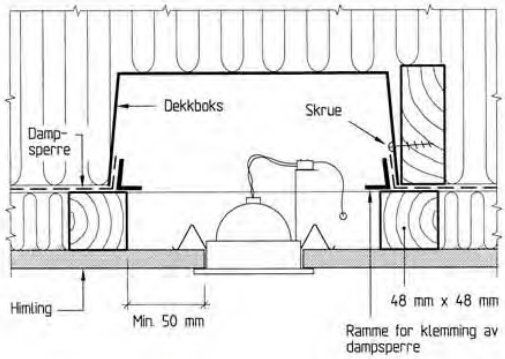
Både skrå og horisontale takflater bør utføres med nedfôret himling slik at elektriske trekkerør og takbokser kan legges på innsiden av dampsperra.

Løsningen for takboks på figuren har lekter på tvers av sperrene (kubbing) og et bord oppå lektene (presset inn i isolasjonen uten å ødelegge dampsperra). Da får man godt skruefeste for takboksen i tillegg til at man kan finjustere plasseringen etter himlingen.

ISOLERING OG DAMPSPERRE

Dampsperre mot tak eller loft – downlight





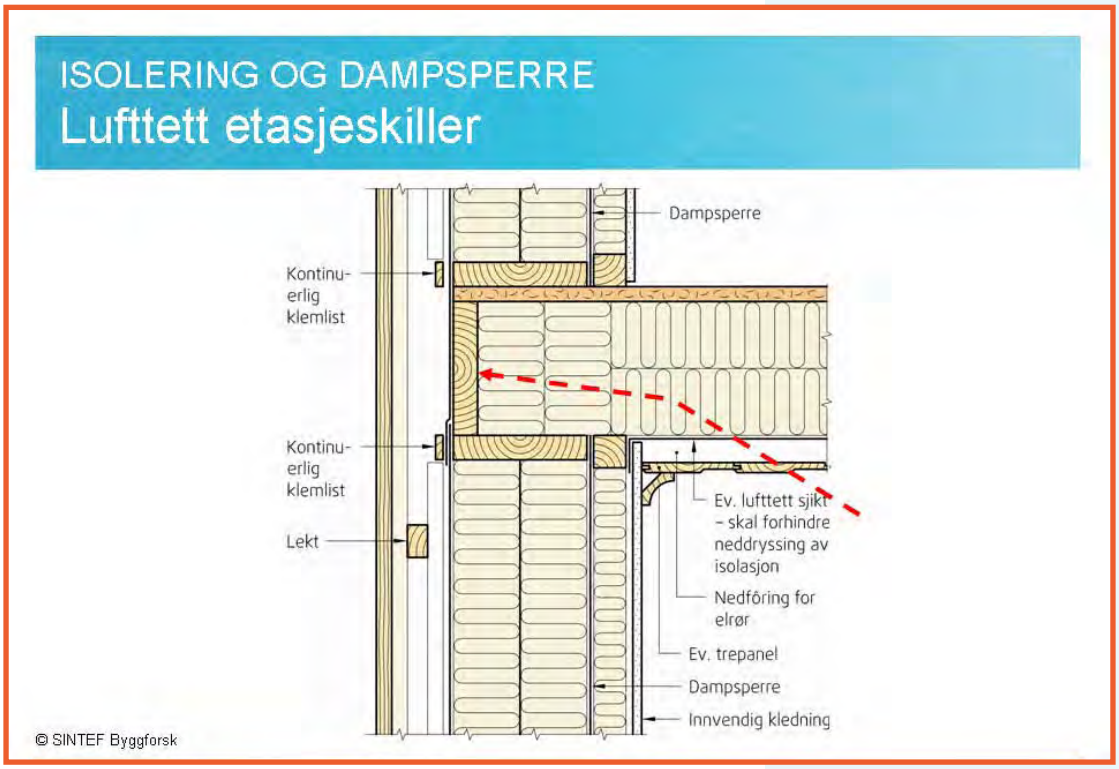
© SINTEF Byggforsk

Mange tetteløsninger for downlight forutsetter at trekkerørene ligger på utsiden av dampsperra. Da er det viktig å lage en propp av fugemasse i trekkerørene rundt ledningene. Er det trekkerør som ikke er i bruk, eller er det lokket hull til trekkerør, må disse selvsagt også tettes. Man må bruke en fugemasse som ikke tærer på trekkerørene.

Av brannhensyn krever tradisjonelle downlight et stort hulrom rundt seg. Slike downlight bør ikke monteres i isolerte takflater og himlinger mot loft, av to grunner: Dels gjør hulrommet at isolasjonstykkelsen blir vesentlig redusert over downlighten, dels må man gå gjennom dampsperra og risikerer utettheter, luftlekkasjer og fuktproblemer.

Skal man ha små lys i himlingen, er det bedre å bruke utenpåliggende downlight eller lavtbyggende innbyggingskasser som kan monteres på en nedfôret himling innenfor dampsperra.

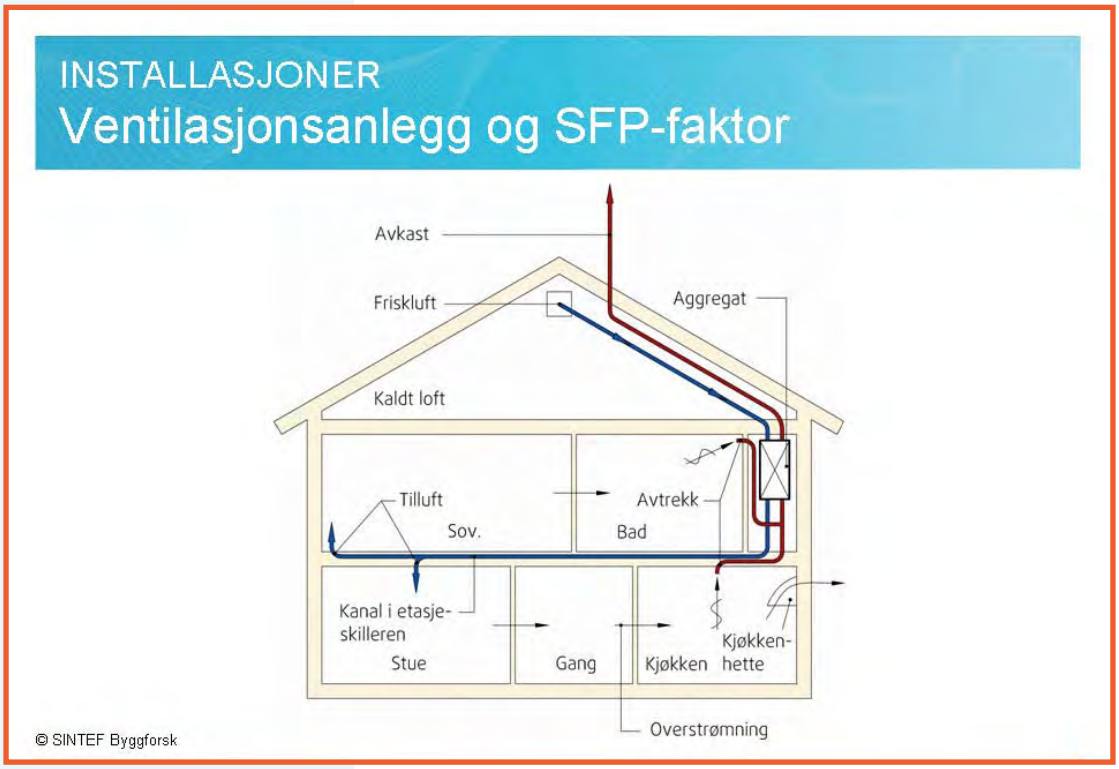
Hvis man likevel må montere tradisjonelle downlight, er det viktig å sørge for god lufttetting. Det fins lufttette dekkebokser med en ramme som man presser opp i boksen, slik at dampsperra klemmes mellom boksen og ramma. Hvis man jobber nøyaktig, er det mulig å få akseptabel tetthet med denne løsningen.



Vanligvis er det dampsperre på yttervegger over og under en etasjeskiller, men ikke der etasjeskilleren møter ytterveggen. Kommer det luft og fukt inn i etasjeskilleren, kan dette trekke ut i ytterveggen og gi varmetap og kondens.

De aller fleste golv er damptette. Hvis vi også har et tett sjikt på undersiden av etasjeskilleren, kommer det ikke luft inn i etasjeskilleren, og dermed heller ikke ut i ytterveggen.

Det tette sjiktet under etasjeskilleren bør være dampåpent. Ellers ville man sperret treverk og mulig fuktighet inne mellom to damptette sjikt (golvet og himlingen), og det er uheldig. Et dampåpent, men lufttett sjikt kan være en malt gipsplatehimling eller en vindsperreduk mellom bjelkelag og panelt himling.

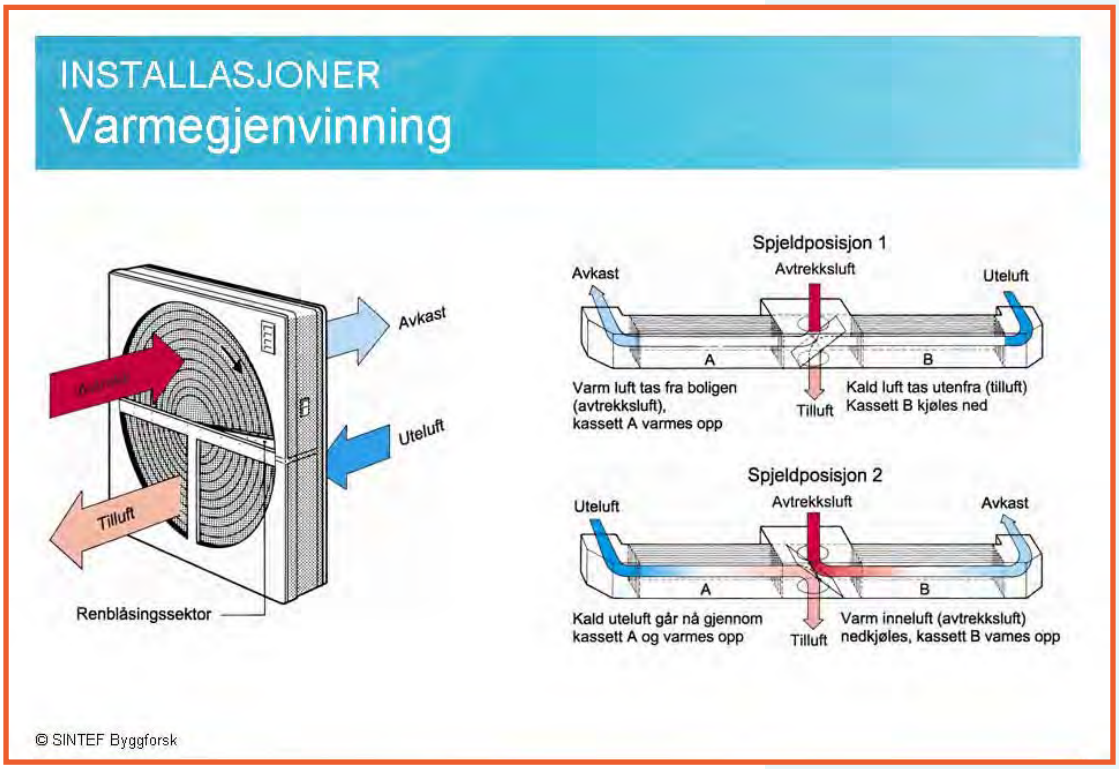


Lydfeller demper mer lyd når de ligger med bend enn når de er rette. Det vil derfor være en fordel å legge lydfellene der du likevel må bruke et bend.

Det er bare tillufts- og avkastkanalene som bør gå gjennom klimaskjermen. Alle andre deler av ventilasjonsanlegget bør ligge på innsida av dampsperra. Da blir det færre mulige lekkasjepunkter, og vi unngår kondensproblemer i kanalene.

Ventilasjonsanlegg med lav luftmotstand bruker lite energi til å frakte lufta rundt (lav SFP-faktor). Lav luftmotstand oppnås med få bend og romslige kanaler (minst 100 mm diameter på de minste forgreiningene, større rør til hovedfordeling). Det er særlig viktig at lufta får anledning til å roe seg i et rett rør den første meteren etter vifta. Det hjelper både på luftmotstanden og på kanalstøyen.

Vifter med EC-motor og vifter som er «overdimensjonert», dvs. kan slippe å snurre på maks hastighet selv ved forsert avtrekk, bruker lite energi. Selv i en enebolig skal ventilasjonsanlegget dytte rundt et par hundre kilo luft i timen!



Roterende gjenvinnere og kammergjenvinnere er aktuelle for småhus. Begge typene har virkningsgrad på 80 % eller bedre. For begge typene kan man regulere gjenvinningsgraden elektronisk, dvs. at den kan styres av en romtermostat.

Begge typene har litt omluft, dvs. at en liten andel av avkastlufta kommer i retur sammen med tillufta. I småhus er dette sjelden et problem.

Plategjenvinnere er lite aktuelle. De har relativt dårlig virkningsgrad (ca. 50 %), og virkningsgraden blir dårligere jo mer du trenger den (jo kaldere det er ute). Dessuten må plategjenvinnere ha varmebatteri for ettervarming av tillufta og avløp for kondensvann. Videre må beboerne fysisk bytte mellom sommerkassett og vinterkassett for å endre på gjenvinningsgraden.

INSTALLASJONER

Lufttetting i sikringsskapet

© SINTEF Byggforsk

Ved lekkasjemålinger opplever man ofte at det blåser friskt i sikringsskapet. Mange av trekkerørene går ut gjennom klimaskjermen til utelys, utendørs stikkontakter og ringeklokke, for ikke å snakke om hovedinntaket og teleinntaket. Alle disse trekkerørene må tettes med en propp av fugemasse. Proppen kan gjerne være i enden av røret, slik at det er lett å fjerne den om man skal trekke nye kabler.

En vesentlig del av energiforsyningen bør komme fra andre kilder enn el og fossile brensler. Dette kan være varmepumper, solceller, solfangeranlegg, pelletkamin, vedovn, fjernvarme, biokjel eller liknende. Mange slike anlegg forutsetter at varmen kan spres i boligen med et vannbåret system. Et vannbåret oppvarmingssystem åpner også for å benytte slike systemer i framtida.

Noen av de alternative energikildene krever ikke skorstein. men det er ikke sikkert at de har så lang levetid. For å stille seg selv og fremtidige eiere friere, bør alle boliger i småhus ha skorstein.

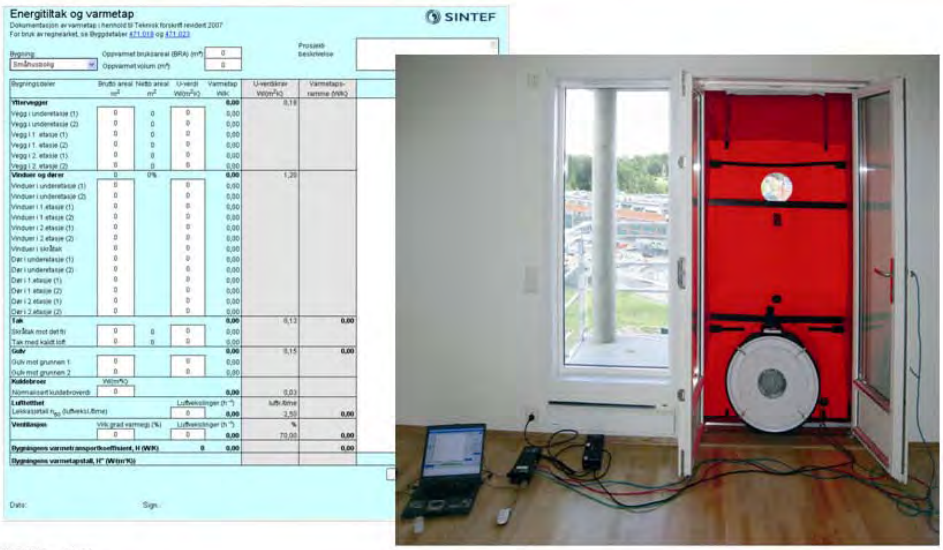
TEK krever at minst 40 % av energien skal komme fra andre energikilder enn el og fossile brensler.

Dette kravet faller bort hvis man kan dokumentere et energibehov på mindre enn 17 000 kWh per år eller dersom installasjonene vil være ulønnsomme i et livsløpsperspektiv.

Boliger på mer enn 50 m^2 bruksareal hvor kravet faller bort, skal likevel ha skorstein og lukket ildsted.

FERDIGSTILLING

Måling av tetthet og dokumentasjon



© SINTEF Byggforsk

Man bør måle lufttettheten på den ferdige bygningen. Måleresultatene og den samlede dokumentasjonen av hvilke produkter som er benyttet i bygningen, er viktig for å dokumentere bygningens energiytelse.

Denne dokumentasjonen er nødvendig for å avslutte byggesaken, for å dokumentere overfor kjøperen hva hun eller han får, og kan bli nødvendig underlag for den kommende energimerkeordningen.