



**KLIMA
2050**

RAPPORT

Nr. 23 – 2021

LUFTEDE KLEDNINGER

Anbefalinger for klimatilpasning

Nora Schjøth Bunkholt, Berit Time og
Tore Kvande





KLIMA 2050

Klima 2050 Report No 23

Nora Schjøth Bunkholt (SINTEF Community), Berit Time (SINTEF Community) og Tore Kvande (NTNU)
Luftede kledninger. Anbefalinger for klimatilpasning

Keywords: Klimatilpasning, kledning, slagregn, fukt

ISBN: 978-82-536-1692-6

Illustration front cover and page 3: ZEB lab. Nicola Lolli, SINTEF Community

Publisher: SINTEF Community, Høgskoleringen 7 b, PO Box 4760 Sluppen, N-7465 Trondheim

www.klima2050.no



Forord

Denne rapporten gir en samlet framstilling av anbefalinger knyttet til luftede kledninger. Prinsipper og viktige hensyn som må tas ved utforming av luftede kledninger er vist. Hovedfokus er lagt på erfaringer knyttet til slagregns påkjenninger, det vil si påkjenninger fra kombinasjonen av regn og vind.

Rapporten er en oppgradering av Rapport 2 fra tidligere SINTEF Byggforsk (Kvande, Lisø og Time, 2007), som ble utarbeidet i forskningsprosjektet Klima 2000. Det meste av innholdet i den opprinnelige rapporten er beholdt, men alle kapitler har gjennomgått en oppdatering. Det er lagt større fokus på fremtidige klimapåkjenninger og anbefalinger knyttet til klimatilpasning. Revisjonen er blant annet basert på nye resultater fra forskningssenteret *Klima 2050*.

Klima 2050 – Reduksjon av samfunnsrisiko knyttet til klimaendringer på det bygde miljø er et senter for forskningsbasert innovasjon (SFI) finansiert av Norges forskningsråd og partnerne i konsortiet. SFI-statusen muliggjør langsiktig forskning i nært samarbeid med privat og offentlig sektor, samt med andre forskningspartnere som har som mål å styrke Norges innovasjons- og konkurransevne innen klimatilpasning. Sammensetningen av konsortiet er viktig for å kunne redusere samfunnsrisikoen forbundet med klimaendringer.

Senteret vil styrke bedriftenes innovasjonskapasitet gjennom fokus på langsiktig forskning. Det er også et klart mål å legge til rette for tett samarbeid mellom FoU-aktive bedrifter og fremtredende forskningsgrupper. Det blir lagt vekt på utvikling av fuktbestandige bygninger, overvannshåndtering, blågrønne løsninger, tiltak for forebygging av vannutløste skrev, sosioøkonomiske insentiver og beslutningsprosesser. Både ekstremvær og gradvise endringer i klimaet blir adressert.

Vertsinstitusjonen for *SFI Klima 2050* er SINTEF Community, og senteret ledes i samarbeid med NTNU. De andre forskningspartnerne er Handelshøyskolen BI, Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Norsk meteorologisk institutt (MET Norge).

Industripartnerne representerer viktige deler av norsk byggenæring; rådgivere, entreprenører og produsenter av byggevarer og teknologi: Skanska Norge, Multiconsult AS, Mesterhus, Norgeshus AS, Leca AS, Isola AS og Skjæveland Gruppen AS. Senteret inkluderer også viktige offentlige byggherrer og eiendomsutviklere: Statsbygg, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet og Avinor AS. Sentrale aktører er også Trondheim kommune, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Finans Norge.

Trondheim, februar 2021

Berit Time
Senterleder
SINTEF Community

Sammendrag

Et klima i endring, med mer nedbør og slagregn samt temperaturøkning, gir behov for økt oppmerksomhet på bedre klimatilpasning av luftede kledninger for å redusere risiko for skader. Skader og problemer i tilknytning til luftede kledninger er i hovedsak relatert til utførelse som avviker fra grunnleggende prinsipper som har vært kjent i lang tid. I tillegg oppstår mange skader på grunn av uheldig bruk av nye eller endrede materialer og konstruksjoner, og nye kombinasjoner og bruksområder. Produktspektret som brukes til kledninger i dag er svært mangfoldig. Nyere erfaringer har også vist at det oppstår skader på fasader som tidligere har fungert godt i et gitt område.

Luftede kledninger kan utformes med mange ulike typer materialer og på mange forskjellige måter. Hovedprinsippet er imidlertid det samme: Kledningen (regnskjermer) skal skilles fra bakveggen (vindsperra) med et ventilert og drenert luftrom. Denne rapporten gir en samlet framstilling av anbefalinger knyttet til luftede kledninger og fuger. Hensikten med rapporten er å øke forståelsen hos arkitekter, ingeniører og planleggere for hvilke hensyn som må tas ved prosjektering av luftede kledninger. Rapporten gir en oversikt over anbefalte minimumskrav for tilstrekkelig lufting og drenering av ulike typer luftede kledninger avhengig av slagregnsbelastning. Utforming av fuger i kledninger er også omtalt.

Hovedfokus er lagt på erfaringer knyttet til slagregns påkjenninger, det vil si påkjenninger fra kombinasjonen av regn og vind. Rapporten presenterer en inndeling av landet i tre klimasoner for vurdering av slagregns påkjenninger på luftede kledninger: *liten*, *moderat* og *stor* belastning. For å oppnå et effektivt vern mot slagregn anbefaler SINTEF å tette fasader i to trinn. I en såkalt totrinnstetning utgjør fasadematerialet (kledningen) regnskjermer, mens vindsperra utgjør luft-/vindtetningen.

Kledningen skal:

- ◆ fungere som regnskjerm, slik at minst mulig nedbør kommer inn til vindsperrsjiktet
- ◆ fungere som mekanisk vern av bakveggen
- ◆ tåle de klimatiske og mekaniske påkjenningene den blir utsatt for
- ◆ gi bygningen ønsket estetisk kvalitet

Vindsperra utgjør:

- ◆ vindtetningen. Den hindrer at kald uteluft strømmer gjennom varmeisolasjonslaget og forringer isolasjonsevnen.
- ◆ lufttetning. Som supplement til innvendig dampsperre hindrer den luftlekkasjer gjennom ytterveggen slik at veggkonstruksjonen ikke blir oppfuktet av varm inneluft som lekker ut. Samtidig hindrer den sjenerende trekk fra kald uteluft.
- ◆ underkledning for vann som trenger inn bak kledningen i den ferdige konstruksjonen. Den skal sikre at vann ikke trenger inn i bakveggen, men dreneres ned i luftespalten.
- ◆ eventuell midlertidig "kledning" i byggeperioden, det vil si i perioden fram til permanent kledning blir montert

For at en totrinnstetning skal fungere må det være en ventilert og drenert luftespalte mellom regnskjermer og vindsperra.

Luftespalten skal:

- ◆ skille regnskjermen fra vindsperra slik at slagregn ikke blir transportert kapillært eller renner inn i veggen bak
- ◆ drenere bort og lede ut vann som trenger gjennom regnskjermen
- ◆ slippe ut eventuell fuktighet fra indre deler av veggen
- ◆ tillate fuktighet å tørke ut fra baksiden av kledningen
- ◆ bidra til å jevne ut lufttrykket mellom uteluft og lufta i luftespalten, slik at vann på regnskjermen ikke blir sugd inn gjennom fuger i regnskjermen

Innhold

FORORD	5
SAMMENDRAG	6
1 INNLEDNING	9
1.1 FORMÅL OG OMFANG	9
1.2 BAKGRUNN	9
2 KLIMAPÅKJENNINGER OG ØKTE KLIMALASTER	12
2.1 KLIMAPÅKJENNINGER OG -ENDRINGER	12
2.2 KLIMASONER	13
2.3 SLAGREGNSMENGDER PÅ FASADER	14
2.4 VANNSTRØMMER PÅ OG I FASADER	15
2.5 INNDELING I KLIMASONER ETTER SLAGREGNSPÅKJENNING	16
2.6 RÅTEFARE OG RISIKO FOR BEGROING	17
3 FUNKSJONSKRAV TIL LUFTEDE KLEDNINGER OG FUGER	20
3.1 FUNKSJONSKRAV	20
3.2 MATERIALER TIL LUFTEDE KLEDNINGER	22
3.3 TETTEMATERIALER FOR FUGER	22
4 ANBEFALINGER FOR UTFORMING AV DRENERTE OG LUFTEDE KLEDNINGER	24
4.1 GENERELT OM DIMENSJONERING OG UTFORMING AV LUFTE- OG DRENERINGSSPALTEN	24
4.2 VALG AV VINDSPERRE OG BAKVEGGENS REGNTETTHET	25
4.3 SAMLET OVERSIKT OVER ANBEFALTE MINIMUMSKRAV	26
4.4 STÅENDE TREKLEDNING	28
4.5 LIGGENDE TREKLEDNING	29
4.6 PROFILERTE PLATER, PANELER OG KASSETTER AV METALL	30
4.7 PLANE PLATER OG BÅND- OG SKIVEKLEDNING	31
4.8 PLATEKLEDNING MED NATURSTEIN	31
4.9 SKALLMURVEGGER OG MURTE FORBLENDINGSVEGGER	32
4.10 PUSS PÅ LUFTA KLEDNING	32
4.11 BYGNINGSINTEGRERTE SOLCELLER (BIPV)	33
5 ANBEFALINGER FOR UTFORMING AV FUGER	34
5.1 VANNINNTRENGING I FUGER	34
5.2 BESKYTTELSE AV FUGER	35
5.3 VERTIKALE FUGER	36
5.4 HORIZONTAL FUGER	37
5.5 FUGEKRYSS	38
6 OPPSUMMERING	40
7 LITTERATUR	41

1 Innledning

1.1 Formål og omfang

Denne rapporten gir en samlet framstilling av anbefalinger for luftede kledninger. Prinsipper og viktige hensyn som må tas ved utforming av luftede kledninger er beskrevet. Hovedfokus er lagt på erfaringer knyttet til slagregns påkjenninger, det vil si påkjenninger fra kombinasjonen av regn og vind (regn med en horisontal hastighetskomponent). Rapporten er en oppgradering av Rapport 2 fra tidligere SINTEF Byggforsk (Kvande, Lisø og Time, 2007), som ble utarbeidet i Klima 2000-programmet. Klimaet i Norge er i endring (Hanssen-Bauer m.fl., 2015), og vi må blant annet forvente mer nedbør i årene som kommer. Det er derfor lagt større fokus på fremtidige klimapåkjenninger og anbefalinger knyttet til klimatilpasning.

Ved prosjektering av nye fasadeløsninger så vel som mer tradisjonelle løsninger er det helt avgjørende at den prosjekterende har en klar forståelse for hvilke hensyn som må tas for å hindre lekkasjer gjennom ytterveggen på grunn av nedbør og vind. I denne rapporten presenterer vi SINTEFs funksjonskrav til luftede kledninger og fuger. Funksjonskravene kan brukes som underlag for planleggere, ingeniører og arkitekter. Rapporten vil forhåpentlig bidra til større forståelse for de forholdene som medvirker til at slagregn på fasader varierer.

Rapporten gir en oversikt over anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av ulike typer luftede kledninger avhengig av slagregnsbelastning. Utforming av fuger i kledninger er også omtalt. Rapporten omhandler ikke komponenter i fasader, for eksempel vinduer og dører. Detaljutforming av fuger og materialvalg er heller ikke behandlet.

1.2 Bakgrunn

1.2.1 Klimapåkjenninger og byggskader

Utviklingen i norsk byggeskikk preges av tilpasning til ulike bruksbetingelser, nye materialer og teknologier og skiftende stilarter i arkitekturen, men også tilpasning til de spesielle klimaforholdene i landet. Utviklingen reflekterer dessuten endringer i økonomi og levestandard. Det definitive minstekravet til en bygning bør være at den tåler å stå ute, men vi ser stadig eksempler på utførelser som ikke tilfredsstillende selv dette beskjedne minstekravet. Da skylder vi gjerne på været, som stadig står tiltalt for ugjerninger i byggenæringen.

Klimaet i Norge stiller strenge krav til konstruksjons- og materialvalg og bygningenes utforming (Lisø, Kvande og Myhre, 2003). Nedbør, vind, solstråling og temperatur i uheldige doser og kombinasjoner medfører årlig betydelige skader på våre bygninger. Forståelsen av hvordan skader forårsaket av klimapåkjenninger oppstår, og hvordan de best kan reduseres, er avgjørende ved planlegging og utførelse av robuste og klimatilpassede bygningskonstruksjoner.

Vår erfaring er at de typiske skadene knyttet til luftede kledninger oftest skyldes utilstrekkelig lufting og/eller drenering, samt mangelfulle fugeløsninger i kledningen og mangelfulle beslagsløsninger i tilknytning til andre elementer i fasaden, for eksempel vinduer, dører, hjørner og parapeter. Skader i tilknytning til luftede kledninger skyldes hovedsakelig at kjente retningslinjer ikke er fulgt. Avvik fra prinsipper som har vært kjent i lang tid, fører blant annet til at løsninger med liten slagregnsmotstand altfor ofte anvendes på steder der de ikke burde brukes.

For byggenæringen er det et problem at detaljer i liten grad detaljeres/planlegges i prosjekteringsfasen. Det vises til generelle anvisninger fra leverandør, men slike anvisninger

er ofte ikke presise nok for det aktuelle tilfellet. Derfor blir det i stor grad opp til entreprenøren hvordan detaljene skal løses i praksis. Ofte løses kritiske detaljer under tidspress på byggeplass, og med varierende kompetanse. Videre er produktspektret i dag større enn noen gang tidligere, noe som medfører at det ofte benyttes nye og uprøvde løsninger eller uheldige kombinasjoner av produkter. Systemer som er utviklet for områder med liten slagregns påkjenning, viser seg ofte utilstrekkelige i slagregnsrike områder.

I lys av mulig framtidig økning i slagregns påkjenninger i deler av landet, og siden luftede kledninger er den dominerende fasadeløsningen i Norge i dag, er det av stor interesse å studere hvilken effekt endrede klimaforhold kan ha på denne typen klimaskjerm og hvordan vi kan redusere risiko for skader. Framtidige klimaendringer aktualiserer også behovet for å studere om vi i enda større grad enn i dag bør spesifisere ulike byggetekniske løsninger for ulike klimasoner. En viktig del av *Klima 2050* er å utarbeide oversikter over hvilke klimapåkjenninger det er aktuelt å ta hensyn til ved planlegging, prosjektering, utførelse, forvaltning, drift og vedlikehold av det bygde miljø. Spesielt vil det være viktig å klargjøre ved hvilke grenseverdier disse klimapåkjenningene må tas hensyn til i byggeprosessen.

Nylig er det gjort en sammenligning av byggskader rapportert fra SINTEF i perioden 2017–2020 med byggskader rapportert i perioden 1993–2002 (Bunkholt og Kvande, 2020). Andelen fuktskader er stabil, men den innbyrdes fordelingen mellom fuktskadekilder er i endring. Gjennomgang av sakene fra de siste fire årene tyder på at myndighetenes skjerpede krav til lufttetthet har gitt færre skader knyttet til luftlekkasjer og kondensering. Økende er derimot andelen nedbørsskader, og da spesielt for kompakte tak og terrasser.

1.2.2 Tidligere arbeider utført ved SINTEF

SINTEF og tidligere Norges byggforskningsinstitutt har arbeidet jevnlig med problemstillinger knyttet til luftede kledninger. Det fins en rekke publikasjoner fra dette arbeidet, der de eldste er fra instituttets tidligste periode (Svendsen, 1955). Mye av det tidligere eksperimentelle arbeidet har relevans også for dagens konstruksjoner og for det videre arbeidet med vurdering av dagens konstruksjoner med tanke på et framtidig klima med større variasjoner, mer nedbør i deler av landet og endrede temperaturforhold.

Mange av SINTEFs sentrale erfaringer når det gjelder luftede fasader er samlet i Byggforskserien 523.002 *Yttervegger over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Krav og anbefalinger* og Byggforskserien 542.003 *Totrinnetting mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger*. Tetting av fuger med elastisk fugemasse er behandlet i Byggforskserien 520.406 *Fugetetting med elastisk fugemasse*. I tillegg er det egne anvisninger for de mest benyttede fasadesystemene og fugematerialene. Flere av disse anvisningene gir i dag anbefalinger for detaljering ut ifra forventet klimapåkjenning. Sett i lys av et klima i endring, ser vi imidlertid behov for en ytterligere kartlegging av de ulike kledningstypenes robusthet mot klimapåkjenninger. En egen anvisning for solcellekledning mangler, og anbefalingene for platekledninger er delvis basert på eldre kledningstyper.

Typiske skadeeksempler knyttet til mangelfull slagregnstetthet og manglende drenering og lufting av ulike kledningstyper er beskrevet i SINTEF Byggforsk Håndbok 3 (Geving, 2011). Dette er en samlet oppsummering av SINTEF sine tidligere publikasjoner på temaet. En tilsvarende systematisering av skadeerfaringer etter 2011 er ikke publisert.

1.2.3 Arbeid utført i *Klima 2050*

Hovedmålet til *Klima 2050* er reduksjon av samfunnsrisiko knyttet til klimaendringer på det bygde miljø. En del av bildet er å gi bedre klimaspesifikke anbefalinger for utførelsen av luftede kledninger. Slik har vi mål om færre byggskader, men uten overdreven overdimensjonering. Sentrale arbeider vedrørende luftede kledninger så langt er:

- ◆ Slapø, Kvande, Bakken, Haugen & Lohne: Masonry's Resistance to Driving Rain: Mortar Water Content and Impregnation. *Buildings* 2017, Vol. 7(3), p. 70
- ◆ Slapø: *Kvalitetsvariasjon i murverk som følge av vannmengde i mørtelen*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim 2017
- ◆ Kvande, Bakken, Bergheim & Thue: Durability of ETICS with Rendering in Norway—Experimental and Field Investigations. *Buildings* 2018, Vol 8(7), p. 93
- ◆ Mo & Lid: *Slagregninntrenging i horisontale fuger på fasader med plane plater*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim 2020
- ◆ Rønningen: *Feltstudie av klimatiske forhold i luftespalter bak kledning og taktekning*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim 2020

2 Klimapåkjenninger og økte klimalaster

2.1 Klimapåkjenninger og -endringer

2.1.1 Klimaendringer

Et stadig økende antall observasjoner gir et samlet bilde av global oppvarming og andre endringer i klimasystemet. Tilpasning til virkninger av klimaendringer representerer derfor en betydelig utfordring for myndigheter og forskningsmiljøer i de kommende årene (Field m.fl., 2014). Ved planlegging frem i tid kan man ikke lenger basere klimatilpasning av bygninger kun på erfaringer om hvordan klimaet i Norge har vært til nå. Man må også ta hensyn til hvilke klimaendringer vi bør være forberedt på i Norge i årene som kommer.

Ifølge scenarier for klimautvikling ved en global oppvarming kan vi forvente økte nedbørsmengder og endringer i nedbørsmønsteret i Norge i fremtiden (Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Vi vil oppleve en økning i årsnedbør, antall dager med kraftig nedbør og nedbørsmengde på dager med kraftig nedbør. Økningen i intens nedbør for kortere varigheter enn ett døgn kan også bli større. Styrregnepisodene vil bli kraftigere og vil forekomme hyppigere, og regnflommene vil bli større og komme oftere. Gitt fortsatt raskt økende klimagassutslipp ("business-as-usual"-scenario) kan man regne med en økning i årsnedbør på omtrent 20% om 100 år (Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Den største økningen i årsnedbør (mm per år) vil forekomme langs kysten på Vestlandet og i Nordland, men også områder som i dag har lavere nedbørsmengder vil kunne oppleve en økning (Kvande, 2015). Sør-Norge vil få flere dager med nedbør om vinteren, mens Nord-Norge vil få en reduksjon i antall nedbørsdager om vinteren og en økning om sommeren og høsten. Mildere klima vil også føre til at mer nedbør kommer som regn om vinteren.

2.1.2 Ekstremvær

Bygninger utsettes for flere typer naturutløste hendelser, blant annet forårsaket av ekstremvær. Som tiltak etter orkanen på Nordvestlandet nyttårsdagen 1992, som forårsaket skader på bygninger for 1,3 milliarder kroner, ble ekstremværvarsel innført i Norge i 1994. I perioden 1994–2018 varslet Meteorologisk institutt 76 slike værhendelser (Kvande og Tajet, 2018). I snitt forekom tre ekstremværehendelser hvert år i denne perioden. Sterk vind har vært den dominerende årsaken til ekstremvær, men nedbør og høy vannstand er også representert. Generelt har Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge ofte blitt rammet av sterk vind, mens nedbør dominerer som årsak til ekstremvær på Østlandet. Totalt har nedbør vært årsak til tolv ekstremværvarsel i perioden 1994–2018, der sju av disse hendelsene forekom mellom 2013 og 2018. Mye nedbør kan forventes å bli en vanligere årsak til ekstremvær i fremtiden. I tillegg kommer intense og kortvarige nedbørshendelser som ikke blir varslet som ekstremvær, men som kan gi store og omfattende skader på bygninger og infrastruktur.

I tillegg til å måtte forholde oss til et generelt våtere klima, vil også ekstremnedbør forekomme hyppigere og bli mer ekstrem i fremtiden (Kvande m.fl., 2015). Kraftig regn med flommer og oversvømmelser vil inntreffe oftere. Det har vært flere eksempler de siste årene på sjeldent mye regn, der belastningen har vært så stor at regnværet med tilhørende flommer har fått egne ekstremværnavn. En økning i slike ekstreme hendelser vil utgjøre en risiko for bygningsmassen på utsatte steder. I tillegg vil man kunne se at nye steder som tidligere har vært fritatt fra denne problematikken, nå kan bli utsatte.

2.1.3 Klimatilpasning av bygninger

Klimaet i Norge stiller allerede i dag strenge krav til planlegging, utforming og vedlikehold av bygninger, men klimatilpasning av bygninger vil bli enda viktigere i årene som kommer. Endringer i klimaet vil påvirke omfanget av byggskader. Klimaendringene vil naturligvis ha ulik virkning på ulike typer bygninger, avhengig av bruk, størrelse, utforming, oppbygning, materialvalg og lokalisering. Omfanget av byggskader illustrerer blant annet at det ikke bare

er de ekstreme værbegebenhetene som bør studeres som underlag for langsiktige tilpasninger til et norsk klima med større variasjoner.

Ved bruk av riktige og regntette løsninger er det mulig å unngå skader på grunn av klimapåkjenninger. I Plan og bygningslovens § 29-5 angis det at man skal ta særlig hensyn til geografiske forskjeller og klimatiske forhold på stedet ved prosjektering og utførelse av bygninger. Dette legger indirekte føringer for valg av materialer og løsninger i en fasade. I et endret klima vil bygninger bli mer sårbare for feil i dimensjonering og geografisk plassering, og vedlikeholdsbehovet vil øke. Et fuktigere og mildere klima kan også ha betydning for vår praksis med utforming av luftede kledninger, blant annet ved at det må stilles høyere krav til hvordan kledning blir montert, ventilert og drenert for å fungere som en effektiv klimaskjerm.

Sopp- og algevekst på utendørs overflater har økt de siste årene. I dag fins det ikke noe entydig svar på hvorfor, men begroingen kan blant annet ha sammenheng med endringer i klimaet ved noe høyere vintertemperatur og fuktigere vær. Slike klimaendringer gir en lengre vekstsesong (Lund, 2002). Faren for råte i utvendige trekonstruksjoner over bakken er i stor grad avhengig av lokale klimaforhold. Med klimaendringer vil større deler av landet bli utsatt og en større andel av bygningene vi har i dag vil ligge i risikozonen for høy råtefare i fremtiden, se kapittel 2.6.

2.2 Klimasoner

Valg av utførelse og utforming av luftede kledninger er blant annet avhengig av den klimapåkjenningen de er forventet å bli utsatt for. I SINTEFs tidligere anvisninger ble klimaet i Norge normalt inndelt i tre grove soner basert på Köppen-Geigers klimaklassifikasjon (McKnight og Hess, 2000; Rubel og Kottek, 2010):

- ◆ *Kystklima (temperert maritimt klima)*, karakterisert ved til dels mye regn og vind, høy luftfuktighet og milde vintre
- ◆ *Innlandsklima (kontinentalt klima)*, karakterisert ved til dels varme somrer og kalde vintre
- ◆ *Høyfjellsklima (polart klima)*, karakterisert ved at en befinner seg over tregrensen, og at konstruksjonene dermed får mindre skjerming mot vind og nedbør. Nedbørsforholdene kan variere mye.

Figur 2.2 viser inndeling av Norden basert på Köppen-Geigers klimaklassifikasjon. I motsetning til i resten av Norden, der inndelingen i klimasoner skifter med lengde-/breddegrad, er inndelingen i klimasoner i Norge i stor grad påvirket av kystområdene, topografi og høyde over havet.

**Figur 2.2**

Inndeling av Norden basert på Köppen-Geigers klimaklassifikasjon (Thodesen m.fl., 2018).

Ved vurdering av slagregns påkjenning på fasadesystemer er inndelingen vist i figur 2.2 for grov. Slagregnsmengdene varierer mye fra landsdel til landsdel, også langs kysten. I tillegg kan det være store lokale forskjeller. Innlandet, kyststrekningene langs Oslofjorden og store deler av Finnmark har relativt moderate mengder slagregn, mens kysten langs Vestlandet og opp til Lofoten har til dels ekstreme mengder slagregn. For kledningers funksjon og bestandighet er også temperaturen av stor betydning, i tillegg til nedbørs-/slagregnsmengden. I områder med lave temperaturer er den biologiske aktiviteten mindre og faren for råte er betydelig mindre.

2.3 Slagregnsmengder på fasader

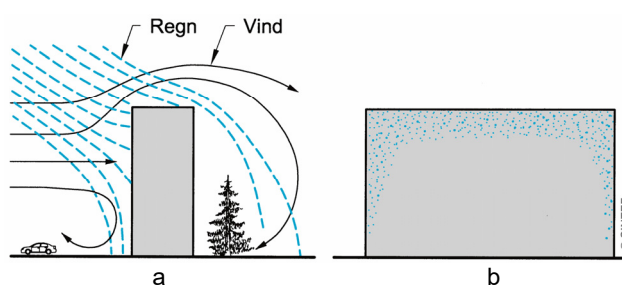
Slagregn, det vil si den mengden av nedbør som vinden driver inn mot en vertikal flate, er den mest problematiske påkjenningen for yttervegger. Trykkforskjeller, tyngdekraft, bevegelsesenergi og kapillærsug kan medvirke til at slagregn trenger gjennom kledning og fuger og videre inn i veggen. Oppsprekking på grunn av mekaniske påkjenninger og fukt- og temperaturbevegelser i kledning og fuger kan over tid åpne for økende vanninntrenging. Når det gjelder mengden regn som treffer en vegg, er den avhengig av:

- ◆ nedbørintensitet
- ◆ vindhastighet
- ◆ vindretning
- ◆ størrelse og form på bygningen
- ◆ veggens orientering i forhold til den framherskende vindretningen

- ♦ veggens plassering i forhold til omkringliggende terreng (topografi), nabobebyggelse o.l.

Ved valg av fasadeløsninger og detaljer må alle disse faktorene vurderes. Siden den mengden regn som treffer en vegg er avhengig av såpass mange forhold, kan ikke målinger fra meteorologiske stasjoner brukes direkte som mål for slagregn på en aktuell fasade. Slagregnet fordeler seg ujevnt over fasaden.

De største slagregnsmengdene inntreffer øverst på fasaden og langs hjørnene, se figur 2.3. Basert på tidligere målinger har man kommet fram til at slagregnsintensiteten i Bergen og omkringliggende områder, på de mest utsatte stedene på en bygning, kan komme opp i 25–30 l/m²h (Isaksen, 1966). På noe mindre utsatte steder kan slagregnsmengden komme opp i 8–10 l/m²h. Vindtrykket på veggen kan komme opp i 800–1 000 N/m² (800–1 000 Pa). Nyere målinger av slagregnsintensitet i Trondheim er presentert av Geving m.fl. (2006).



Figur 2.3

Eksempel på oppfukning av fasade på grunn av slagregn (Byggforskserien 542.003)

- Typiske luft- og regnstrømmer ved slagregn mot en bygning
- Markering av de delene av en fasade som får mest direkte treff av slagregn

2.4 Vannstrømmer på og i fasader

Fordeling av innfallende slagregn på fasaden skjer på tre måter:

- ♦ Mesteparten av vannet vil renne nedover den eksponerte flaten.
- ♦ Noe regnvann kan også suges opp i kledningen, avhengig av kledningsmaterialets absorpsjonsevne.
- ♦ Avhengig av kledningstype, kan noe vann trenge gjennom kledningen.

Vannmengden som strømmer nedover fasaden er størst på høye fasader og ved langvarig slagregn. Vannstrømmer på fasaden påvirkes av:

- ♦ kledningstype og -materiale
- ♦ vindhastigheten langs veggen
- ♦ utforming av fasaden

Konsentrerte vannstrømmer gir størst påkjenning på fasaden. Slike strømmer oppstår lettest på glatte fasader av for eksempel glass, metall eller glatt puss. De konsentrerte vannstrømmene oppstår når vinden leder vann som renner nedover fasaden mot vertikale ledd som søyler og inntrukne fuger. På ru overflater av for eksempel skvett puss eller spekket tegl får vinden dårligere tak i vannet slik at det ikke så lett oppstår konsentrerte vannstrømmer. Imidlertid er det vanskelig å forutsi hvordan vannet fordeler seg på slike fasader. Konsentrerte vannstrømmer er spesielt risikable dersom de følger en vertikal fuge og finner hull i kledningen eller passerer horisontale fuger.

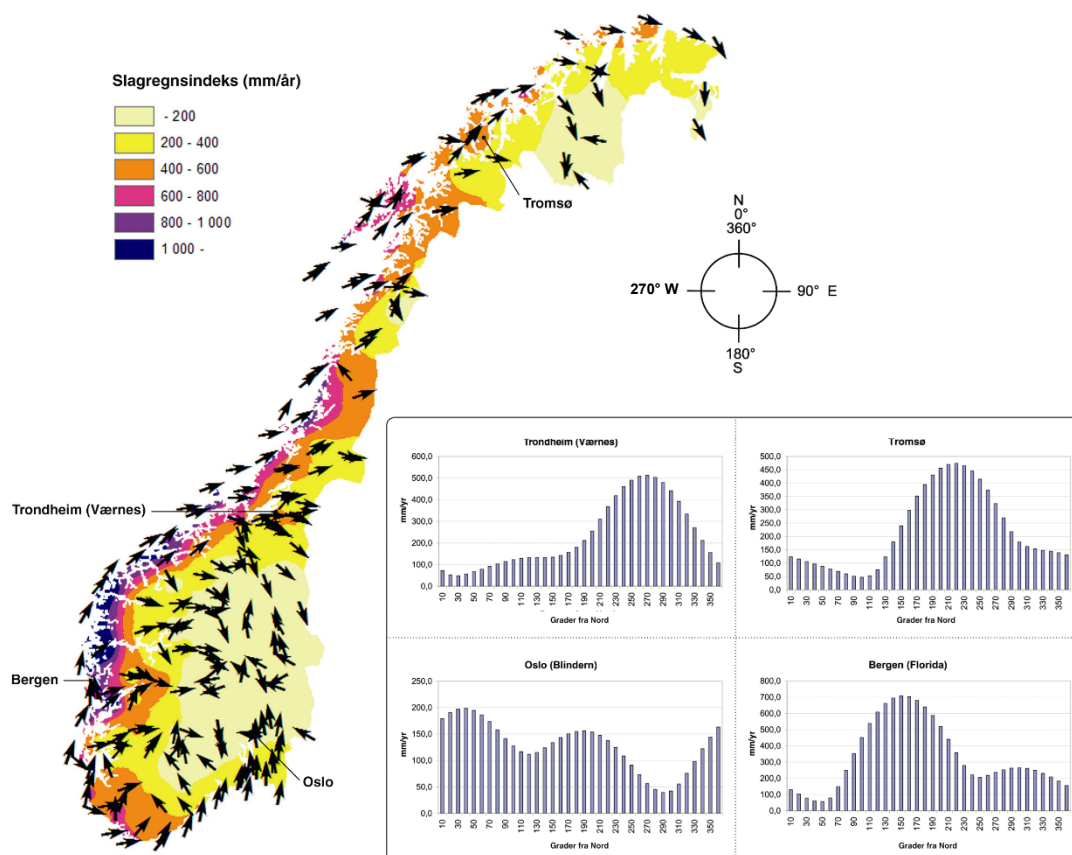
En viss andel av innfallende slagregn kan renne nedover den eksponerte flaten. Det er kledningsmaterialets *absorpsjonsevne* som avgjør hvor mye regnvann som suges opp i kledningen, og hvor stor andel som renner ned langs utsiden av kledningen. Kledninger/fasader av porøse materialer som puss og tegl kan suge opp en betydelig vannmengde. Avhengig av type fasademateriale kan i tillegg noe vann trenge gjennom kledningen og renne ned langs innsiden.

For høye fasader og ved langvarig slagregn kan slagregn medføre en betydelig fuktpåkjenning på de nederste delene av fasaden.

2.5 Inndeling i klimasoner etter slagregns påkjenning

Ved dimensjonering og utforming av luftede kledninger ønskes en noe mer presis inndeling av klimapåkjenninger enn det som fremgår av Köppen-Geigers klimaklassifikasjon (se kapittel 2.2). Med tanke på slagregns påkjenning favner spesielt begrepet *kystklima* for bredt. I tillegg kan det være store lokale forskjeller innen kommunene. Erfaringer viser at kraftige regnskyll sammen med korte, harde vindstøt som regel gir størst fare for lekkasjer.

Figur 2.5 illustrerer hvordan slagregns påkjenningen varierer i Norge. Figuren viser årlige slagregnsmengder, illustrert med fargeskala, fra den hovedretningen (gitt med piler) som gir mest slagregn på hver værstasjon. Kartet viser slagregns eksponering på vegg i mm/år. Slagregnsmengder for alle tigraders sektorer er vist for Oslo, Bergen, Trondheim og Tromsø. Kartet er utarbeidet av SINTEF og Meteorologisk institutt etter en metode utviklet av Rydock m.fl. (2005), og er beregnet ut fra klimadata for normalperioden 1961–1990. I tabell 2.5 er påkjenningen gitt i figur 2.5 brukt som underlag for inndeling av landet i klimasoner.



Figur 2.5
Slagregnskart for Norge (Lisø, 2006)

Tabell 2.5

Klimasoneinndeling etter slagregnsnåpåkjenning, se også slagregnskart for Norge (Lisø og Kvande, 2007)

Klimasone	Slagregnsnåpåkjenning	Geografiske steder, eksempler ¹⁾
Liten slagregnsnåpåkjenning	< 200 mm slagregn per år	Typisk for innlandsklima i Innland og tidligere Buskerud, indre del av tidligere Telemark samt Finnmarksvidda
Moderat slagregnsnåpåkjenning	200–400 mm slagregn per år	Typisk for kystklima ved Oslofjorden, ytre del av tidligere Telemark, indre fjordstrøk på Vestlandet og Midt-Norge samt deler av Nordland og Troms og Finnmark
Stor slagregnsnåpåkjenning	> 400 mm slagregn per år	Typisk for kystklima i ytre del av Sørlandet, Vestlandet, Midt-Norge, Nordland og Troms

¹⁾ Omfatter ikke bygninger i høyfjellsklima

2.6 Råtefare og risiko for begroing

Faren for råte i utvendige trekonstruksjoner over bakken er i stor grad avhengig av lokale klimaforhold. I områder med liten slagregnsbelastning og/eller lave temperaturer er den biologiske aktiviteten mindre og faren for råte er betydelig mindre. Råte betegner i bygningssammenheng svekkelse av teknisk betydning i trevirke på grunn av soppangrep. Potensiell råtefare kan vises i klimaindekskart basert på Scheffers formel for vurdering av råtefare i trekonstruksjoner over bakken (Scheffer, 1971). Formelen beskriver det relative potensialet for råte i et gitt klima, basert på temperaturforhold og nedbørmengder. Formelen er tilpasset for bruk i Norge av Lisø m.fl. (2006).

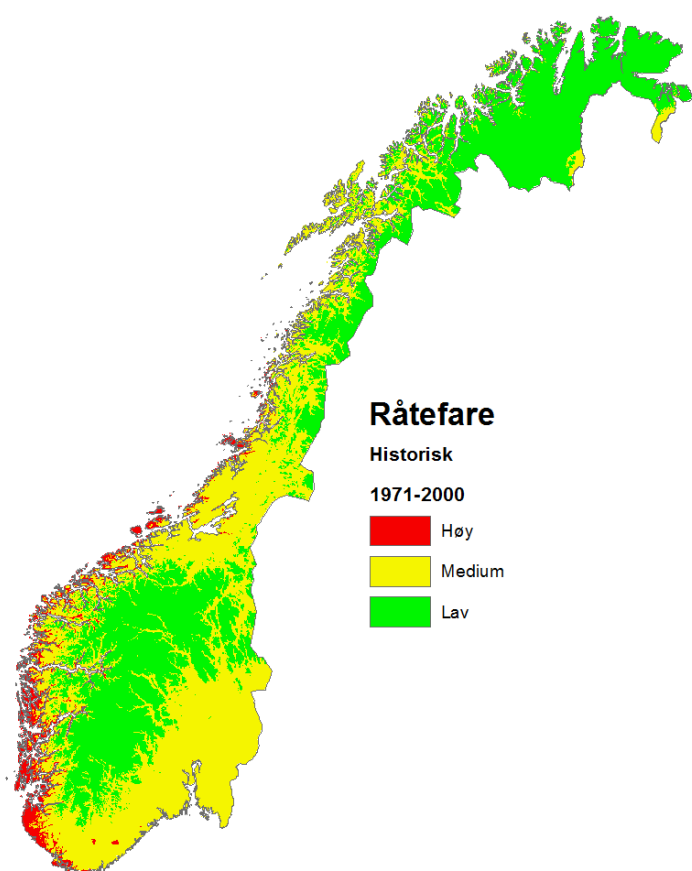
Som en del av arbeidet i *Klima 2050* har Meteorologisk institutt brukt historiske og fremtidige data for temperatur og nedbør til å beregne potensiell råtefare i Norge (Tajet og Hygen, 2017). Råtefare for normalperioden 1971–2000 er vist i figur 2.6 a. Kartet illustrerer lav, middels og høy råtefare i fargene grønn, gul og rød. Lav råtefare fins typisk i kaldere og tørrere deler av Norge, slik som i fjellområdene i sør og de nordligste delene av landet. Middels råtefare fins for det meste i lavereliggende områder i Øst-, Sør- og Midt-Norge. Kystområdene i Sør-, Vest- og Midt-Norge har høy råtefare på grunn av mange dager i året med nedbør og temperaturer som er fordelaktige for soppvekst.

For fremtidige klimascenarioer er det brukt data fra IPCCs femte hovedrapport (Stocker m.fl., 2013) som beskriver fremtidige muligheter for klimagassutslipp. Scenariet RCP4.5 beskriver et forløp med økende utslipp mot midten av århundret og deretter reduksjon i utslipp. Scenariet RCP8.5 beskriver et forløp med kontinuerlig økning i klimagassutslipp ("business-as-usual"-scenario). Figur 2.6 b og figur 2.6 c viser beregnet råtefare for RCP4.5 og RCP8.5 for midten av århundret (2031–2060) og slutten av århundret (2071–2100). Det er tydelig at potensiell råtefare øker i begge tidsperiodene for begge klimascenarioene. Områder med høy råtefare vil utvide seg mot innlandet og mot den nordlige delen av Norge.

Kartene i figur 2.6 a–c fungerer som en generell veiledning til geografisk differensierte valg av trebeskyttelse i form av overflatebehandling, impregnering eller konstruktiv beskyttelse (eksempelvis takutstikk). Kartene synligjør på en enkel måte hvor risikoen for skader vil øke, og hvor det er behov for økt oppmerksomhet knyttet til løsninger og materialbruk. Det er ikke tatt hensyn til topografien ved utarbeidelse av kartene. Lokale områder kan derfor være mer eller mindre skjermet enn det gis uttrykk for.

Jo større råtefare er, desto viktigere er det at utvendige konstruksjoner utføres og detaljeres etter prinsippene for konstruktiv beskyttelse, slik at materialene holdes så tørre som mulig. Likevel bør man alltid overveie kjemisk beskyttelse i form av trykkimpregnering på spesielt utsatte bygningsdeler som balkonger, lekter og sløyfer under taktekning, vindskier og vannbord/vannbrett som ikke er dekket av beslag. Som regel er det ikke nødvendig å bruke trykkimpregnert kledning, men det kan være fornuftig å vurdere slik kledning på steder hvor utvendig trevirke er spesielt utsatt for råte. Les om stående trekledning i Byggforskserien 542.101 og om liggende trekledning Byggforskserien 542.102.

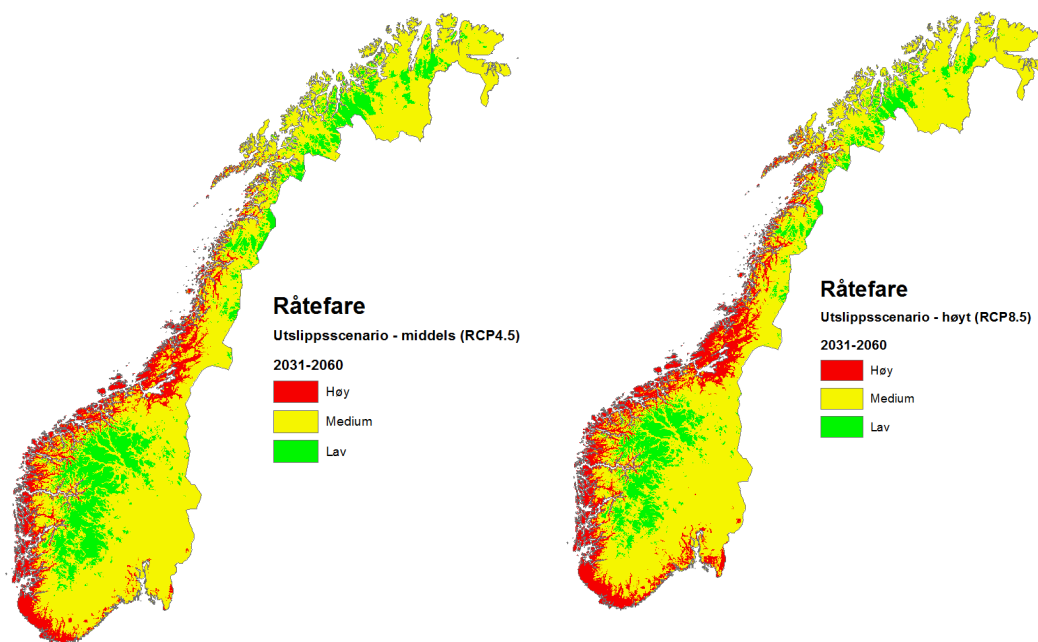
I tillegg til økt råtefare kan et mildere klima gi økt risiko for begroing på fasadeoverflater. Begroing kan være alger, lav eller mose som gror på fasadeoverflaten. Områder med langvarig fukt påkjenning, for eksempel nordvendte vegger, vegger som skygges av vegetasjon og fasadedeler nære bakken, er spesielt utsatt.



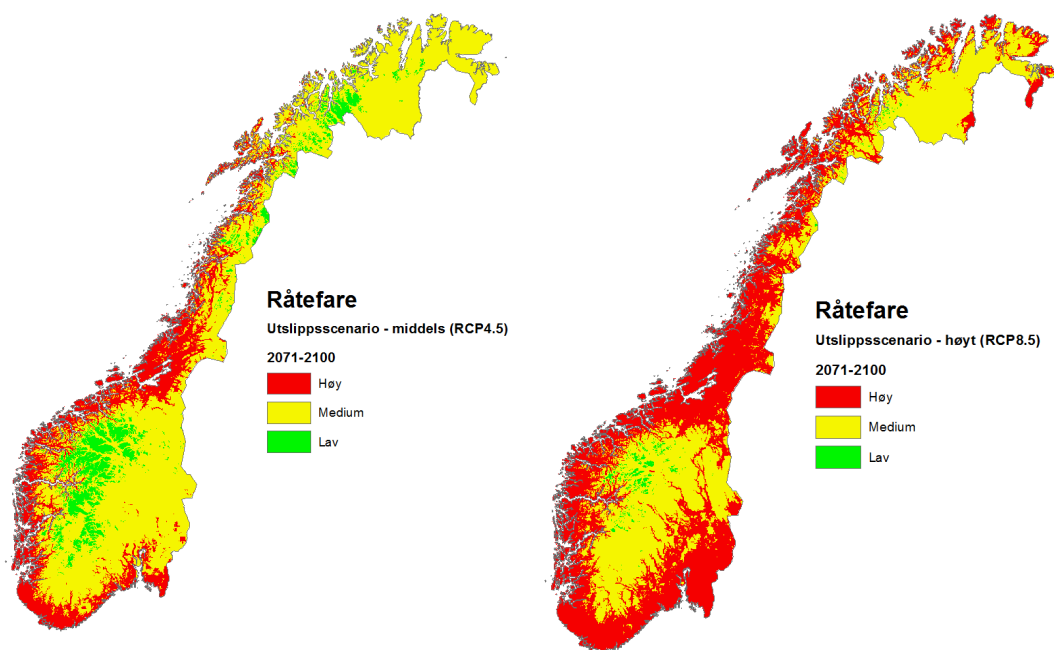
Figur 2.6 a

Potensiell råtefare i Norge basert på normalperioden 1971–2000. Klimaindekskart basert på Scheffers formel for vurdering av råtefare i trekonstruksjoner over bakken. Formelen beskriver det relative potensialet for råte i et gitt klima, basert på temperaturforhold og nedbørmengder på værstasjonene. Kartet er utarbeidet av Meteorologisk institutt (Tajet og Hygen, 2017) innenfor *Klima 2050*.

- Liten (grønt, indeks mindre enn 35) = minst gunstige klimaforhold for råte
- Middels (gult, indeks mellom 35 og 65) = middels gunstige klimaforhold for råte
- Høy (rødt, indeks over 65) = klimaforhold som bidrar mest til råte



Figur 2.6 b
Potensiell råtefare i Norge for klimascenariene RCP4.5 og RCP8.5 for perioden 2031–2060 (Tajet og Hygen, 2017).

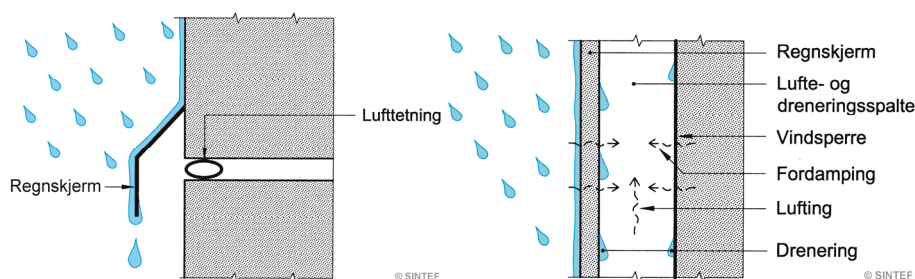


Figur 2.6 c
Potensiell råtefare i Norge for klimascenariene RCP4.5 og RCP8.5 for perioden 2071–2100 (Tajet og Hygen, 2017).

3 Funksjonskrav til luftede kledninger og fuger

3.1 Funksjonskrav

Luftede kledninger er yttervegger kledd med et fasademateriale som har en tilsiktet ventilert og drenert luftespalte mellom vindsperra (bakveggen) og kledningsmaterialet. For å gi et effektivt vern mot slagregn har SINTEF i en årrekke anbefalt at tetting av fasader bør skje i to trinn. I en såkalt tottrinnetetning utgjør fasadematerialet (kledningen) regnskjermen, og vindsperra utgjør luft-/vindtetningen, se figur 3.1.



Figur 3.1

Prinsipp-skisse av tottrinnetetning av horisontal fuge og fasade med en ventilert luftespalte (Byggforskserien 542.003)

Kledningen skal:

- ◆ fungere som regnskjerm slik at minst mulig nedbør kommer inn til vindsperrsjiktet
- ◆ fungere som mekanisk vern av bakveggen
- ◆ tåle de klimatiske og mekaniske påkjenninger den blir utsatt for
- ◆ gi bygningen ønsket estetisk kvalitet

Vindsperra i en tottrinnetetning utgjør:

- ◆ vindtetningen. Den hindrer at kald uteluft strømmer inn i varmeisolasjonslaget og forringer isolasjonsevnen.
- ◆ lufttetning. Som supplement til innvendig dampsperra hindrer den luftlekkasjer gjennom ytterveggen slik at veggkonstruksjonen ikke blir oppfuktet av varm inneluft som lekker ut. Samtidig bidrar vindsperra til å hindre sjenerende trekk innvendig, fra lekkasjer av kald uteluft.
- ◆ underkledning for vann som trenger inn bak kledningen i den ferdige konstruksjonen. Underkledningen må sikre at vann ikke trenger inn i bakveggen, men dreneres nedover i luft- og dreneringsspalten.
- ◆ midlertidig "kledning" i byggeperioden, det vil si i perioden fram til permanent kledning blir montert

Vindsperra må være så dampåpen som mulig, slik at eventuell fukt ikke stenges inne på baksiden. SINTEFs anbefalte grense for maksimal dampmotstand uttrykt ved en ekvivalent luftlagstykkelse¹ for vindsperrer, s_d -verdi, er 0,5 meter ($Z_p \leq 2,5 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$), se Byggforskserien 573.121.

¹ Ekvivalent luftlagstykkelse, s_d -verdi, er en enhet for dampmotstand som brukes i utstrakt grad i Norge og i andre land. At et materialsjikt har en s_d -verdi på 0,5 m, betyr at materialsjiktet har samme motstand mot vandampdiffusjon som et 0,5 m tykt lag med stillestående luft.

I tillegg til å være så dampåpen som mulig, må vindsperra både være vannavvisende og tåle vann, slik at slagregn som eventuelt kommer inn mot bakveggen ikke kan trenge lenger inn i veggkonstruksjonen. Det kan også være situasjoner der det stilles brannkrav til vindsperran, slik tilfellet er for bygningsintegreerte solceller. Valg av vindsperre er beskrevet i kapittel 4.2.

For at en tottrinnetning skal fungere må det være en luftespalte mellom regnskjermer og vindsperra. Denne luftespalten må være ventilert² og drenert.

Luft- og dreneringsspalten mellom regnskjermer og vindsperra skal:

- ◆ skille regnskjermer fra vindsperra slik at slagregn ikke blir suges kapillært eller renner inn i veggen bak
- ◆ drenerer ned og leder ut vann som trenger gjennom regnskjermer
- ◆ slippe ut eventuell fuktighet fra indre deler av veggen
- ◆ gi mulighet for at fuktighet kan tørke ut fra baksiden av regnskjermer
- ◆ bidra til å jevne ut lufttrykket mellom uteluft og lufta i luftespalten, slik at vann på regnskjermer ikke blir presset inn gjennom fuger i regnskjermer.

Luftveksling mellom utelufta og luftrommet bak regnskjermer skjer på grunn av trykkforskjeller introdusert av vind mot fasaden og av temperaturforskjeller mellom luftåpningene. Luftåpningene må plasseres og utformes slik at vann ikke kommer til, for eksempel nederst i veggen, over vinduer og under takutstikk. Luftespalten må ha åpninger i både bunn og topp. På steder med stor slagregns påkjønning bør fasader med vinduer utformes slik at vann kan ledes ut i hver etasje. Hvis man benytter forholdsvis åpne regnskjermer/kledninger, som trekledning, bør man på steder med stor slagregns påkjønning også dele opp vindusløse fasader etasjevis.

Siden fasader blir utsatt for store temperatur- og fuktvingninger må de utformes slik at kledningen eller bakveggen ikke påføres skader på grunn av fukt- og temperaturbevegelser. Murte forblendinger og ulike platekledninger må derfor deles opp i tilstrekkelige store felter med bevegelsesfuger. Bevegelsesfugene skal oppta fukt- og temperaturbevegelser og hindre oppsprekking, eventuelt utbuling. For plater løses dette i praksis ved at de alltid monteres med vertikale og horisontale fuger imellom for å gi rom for termiske bevegelser samt bevegelser som skyldes endringer i fuktforhold i materialene.

² En *luftespalte* har luftgjennomstrømning. Dette er en forutsetning for å sikre uttørking. Et *luftrom* (hulrom) trenger derimot ikke være ventilert. Mange misforståelser beror på uklarheter i begrepene *luftrom* kontra *luftespalte*. Det er derfor avgjørende å presisere at det her er snakk om en *ventilert luftespalte*.

3.2 Materialer til luftede kledninger

Materialer og produkttyper som blir brukt til utvendige luftede kledninger er svært ulike både i størrelse, geometri og innfestingsdetaljer. De vanligste, kategorisert med tanke på materialer, er:

- ◆ trekledninger av ulike typer
- ◆ profilerte plater og kassetter av metall
- ◆ falsede tynnplater på OSB- og kryssfinerplater
- ◆ sement- og plastbaserte plane plater
- ◆ pussprodukter på plane plater
- ◆ natursteinprodukter
- ◆ glassprodukter
- ◆ murte forblendinger
- ◆ bygningsintegrerte solceller (BIPV)

I flere perioder har utvendig luftet kledning av vannfaste kryssfinerplater blitt en del brukt, men dette anbefales ikke. Bestandigheten til vannfast kryssfinerplater er begrenset til tross for at “vannfast” inngår i navnet.

Kledningene monteres oftest på lekter og sløyfer av tre eller metall. Bakenforliggende konstruksjon kan være bindingsverk av tre eller tynnplateprofiler av metall, betong, murverk, sandwichelementer, massivtre-elementer (KLT) og i mer sjeldne tilfeller tømmervegger. Enkelte kledningstyper danner en kontinuerlig flate, mens andre har tilsiktede fuger, enten åpne eller med beslag.

Anvisninger for utforming av beslag mot nedbør er gitt i Kvande, Uvsløkk og Bergheim (2004 og 2006).

3.3 Tettematerialer for fuger

Det fins et stort antall svært forskjellige tettematerialer for fuger. Byggforskserien 573.102 gir oversikt over de mest alminnelige materialene til tetting av fuger i bygninger og beskriver bruksområde og funksjon for de enkelte materialene. Tettematerialer kan deles inn i følgende seks hovedgrupper:

- ◆ *Dytt* omfatter dyttetry, tjæredrev, mineralullremser og polyuretanskum. Dytt bør bare brukes som tilleggsetning i kombinasjon med andre materialer som fugemasser eller klemte pappremser. Dytt vil da først og fremst fungere som fugeutfyllingsmateriale og varmeisolasjon. Énkomponent polyuretanskum er behandlet i Byggforskserien 573.107.
- ◆ *Dekklister* omfatter stive lister av metall, tre, plast og sementbaserte materialer. Dekklister benyttes som regnskjerm og for å beskytte fugemasser og andre fugematerialer mot sollys og mekanisk påkjenning.
- ◆ *Papp og folie* omfatter bygningspapp, plastfolier m.m., og benyttes for å oppnå god og rimelig tetning mot damp- og luftgjennomgang.
- ◆ *Teip* benyttes stadig mer til bygningsmessige formål grunnet strengere krav til lufttetthet og energibruk i bygninger. Teip blir i hovedsak benyttet til å tette skjøteforbindelser, rørgjennomføringer, overganger mot vinduer og reparering av skader i vind- og dampsperrsjikt, og er ikke egnet som tetning av selve kledningen.
- ◆ *Stive masser* dekker tradisjonelle uorganiske mørtler, linoljekitt samt stive masser på bitumen- og plastbasis. Slike masser brukes kun der fugebevegelsene er ubetydelige. Først og fremst har stive masser til oppgave å overføre krefter, men de kan også fungere som luft- og dampstetning og i enkelte tilfeller som regnskjerm.

- ◆ *Fugemasser* omfatter et stort antall produkter med høyst varierende egenskaper. Felles for alle produktene er at de er basert på organiske materialer og har en pastalikhende konsistens under påføring. I herdet og aldret tilstand beholder de i det minste en viss grad av plastisitet og/eller elastisitet som gjør det mulig for dem å oppta større eller mindre fugebevegelser. Fugemasser anbefales kun brukt som luft- og/eller damp tetning, selv om en del produkter har vært benyttet som regnskjerm med godt resultat. Se Byggforskserien 573.104.
- ◆ *Tettelister og fugebånd* omfatter mer eller mindre elastiske produkter som leveres prefabrikkert og ferdig til bruk. Tettelister blir elastisk deformert ved bruk og må derfor stå under varig press for å kunne gi en tilfredsstillende tetning. Materialene som anvendes, er metaller, forskjellige fibermaterialer, ekspandert gummi og plast med åpne eller lukkede porer, samt massiv gummi og plast. Tettelister er utførlig beskrevet i Byggforskserien 573.105.

Valg av tettemateriale, samt utforming og utførelse av fuger og fugetetning, avhenger av aktuelle funksjoner (praktiske, tekniske og utseendemessige), type fugeflate og påkjenninger.

4 Anbefalinger for utforming av drenerte og luftede kledninger

4.1 Generelt om dimensjonering og utforming av luft- og dreneringsspalten

Luft- og dreneringsspalten mellom kledning og bakvegg skal ivareta en rekke funksjoner, se kapittel 3. For å oppfylle funksjonskravene må luftespalten derfor dimensjoneres med tanke på type veggkonstruksjon og stedlige klimaforhold.

For lite lufting kan gi for liten og sen uttørking og fare for fuktskader, spesielt på steder med høy luftfuktighet, mye stillestående luft og lite sol. Lite lufting kan også gi mangelfull trykkutjevning over kledningen og større fare for at regnvann blir sugd gjennom kledningen. Man må alltid regne med at noe regnvann trenger inn bak kledningen. Det er derfor viktig at det gis mulighet for at vannet blir drenert bort. På den annen side vil en lite ventilert luftspalte heve temperaturen på kledningen noe, slik at den ved liten slagregnsbelastning kan holde seg tørrere.

For mye lufting kan også være uheldig. Det kan gi oppfukting fra baksiden av kledningen fordi en kaldere kledning øker faren for kondens. Dette kan medføre algevekst og svertesopp på kledningen.

For å sikre nødvendig lufting må luft- og dreneringsspalten stå i kontakt med uteluft øverst på veggen, ved raft eller parapet. Åpninger ved raft eller parapet blir lett for trange, ofte under et uheldig utformet parapetbeslag. For store åpninger og knappe beslag er også uheldig siden åpningen ikke skal slippe inn for mye slagregn eller snø. For store åpninger er et problem spesielt på steder med stor slagregnsbelastning.

Samtidig som luft- og dreneringsspalten øverst på veggen må stå i kontakt med uteluft, må det også være en åpning mot det fri nede på veggen. En slik åpning kan komme i konflikt med tetning mot mus og fugler, horisontale klemleker og avslutninger mot beslag eller bord. Alle typer kledninger bør avsluttes i størrelsesorden 0,3 m fra bakkenivå for å hindre oppfukting og nedsmussing av kledningen på grunn av snøakkumulasjon og vannsprut, se figur 4.1. Avstanden kan reduseres til minimum 0,1 m på steder med liten fare for snøfonndannelse og uten spesielt store slagregnsplåskjenninger dersom det er takrenner på huset, godt takutstikk og terrengoverflaten ikke gjør at det spruter fra jord eller vanddammer.



Figur 4.1 Nordfasaden på ZEB Test Cell Laboratory i Trondheim viser med stor tydelighet betydningen av å avslutte kledninger i størrelsesorden 0,3 m fra bakkenivå for å hindre oppfukting og nedsmussing av kledningen på grunn av snøakkumulasjon og vannsprut.

4.2 Valg av vindsperre og bakveggenes regntetthet

Vindsperras primære funksjon er å forestå lufttetningen til veggen og å hindre at kald luft blåser inn i konstruksjonen. Til vindsperre brukes vanligvis plastbaserte rullprodukter, gipsplater eller ulike typer trefiberplater. Ved valg av vindsperre må det sjekkes om det er spesielle brannkrav knyttet til kledningsvalg. For eksempel vil bruk av solcellepaneler som kledning stille strengere krav til vindsperras egenskaper ved brannpåvirkning.

På spesielt slagregnsutsatte steder og ved bruk av åpne fasadesystemer/-løsninger er det behov for en ekstra regntett bakvegg/vindsperre. Erfaringer viser at for eksempel gipsplater ikke alltid er tilstrekkelig i slike tilfeller fordi fuktbelastningen over tid kan bli for stor. Det fins mange egnede plastbaserte rullprodukter på markedet i dag som kan brukes i kombinasjon med for eksempel gipsplater der det er behov for ekstra sikkerhet. Disse produktene har tilstrekkelig vanntetthet samtidig som de er svært dampåpne. Eksempelvis har plastfiberduk av polyetylen en s_d -verdi i området 0,008–0,017 m, se Byggforskserien 573.121. Ved montering av vindsperra er det nødvendig å sikre god drenering samt å hindre vanninndrev i skjøtene. Alle skjøter må derfor være klemte. Ved bruk av åpne fasadesystemer/-løsninger (åpne skjøter/fuger) må det brukes en vindsperre som i tillegg til å være regntett, har dokumentert UV-bestandighet.

Med skjerpede krav i forskrift til bygningskonstruksjoners lufttetthet fra 2007 har næringen hatt mye større fokus på lufttetthet av bygningskroppen, og det blir også gjort målinger i byggeprosessen. Skjerpelsen har også resultert i redusert risiko for inndrev av regn i bakveggen.

Vindsperra skal bestå av et dampåpent materiale. SINTEFs anbefalte grense for vanddampmotstand for vindsperrer er ekvivalent luftlagstykkelse, s_d -verdi, på maksimalt 0,5 meter ($Z_p \leq 2,5 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$). Sett fra et fuktteknisk synspunkt er det gunstigst med en mest mulig dampåpen vindsperre for å sikre god uttørring. Eksempelvis kan det observeres kondens, rim og islag på varm side av vindsperra i enkelte bygninger som føres opp vinterstid. Denne fukten kommer dels fra bindingsverket, men først og fremst fra resten av huset i perioden mellom montering av varmeisolasjon og dampsperre.

Byggfukt kan i kalde perioder vinterstid kondensere og til og med fryse til is på varm side av vindsperra. Byggfukten må tørke ut gjennom vindsperra. Tiden det tar er direkte avhengig av vindsperras vanddampmotstand (s_d -verdi). Så lenge temperaturen er lav er det liten fare for muggsoppvekst, men det kan være fare for muggsoppvekst hvis vindsperra og konstruksjonen innenfor fortsatt har høyt fuktinnhold (relativ luftfuktighet (RF) > ca. 80 %) etter at det er blitt varmere enn ca. 5 °C.

Inneklimaproblemer og den negative innvirkningen fuktige materialer har ved at de gir gode vekstforhold for mugg og annen uønsket biologisk aktivitet blir i dag viet stor oppmerksomhet. I tillegg til tiltak for å hindre oppfukting er tiltak for å øke uttørringsevnen avgjørende for fuktnivået i en konstruksjon. Best mulig uttørringsevne er derfor gunstig i alle tilfeller, og en mest mulig dampåpen vindsperre bidrar til dette.

Som tidligere nevnt, kan for liten tykkelse på luftespalten bidra til at veggen får redusert uttørringsevne. I tillegg til tykkelsen på sløyfer og lekter er det avgjørende at vindsperra er tilstrekkelig stiv. Myke fleksible vindsperrer kan presses ut av bakenforliggende isolasjon og redusere luftespaltens tykkelse. Det bidrar til redusert bredde på luftespalten og påfølgende dårligere forhold for drenering og ventilasjon.

4.3 Samlet oversikt over anbefalte minimumskrav

I tabell 4.3 har vi samlet anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av ulike typer luftede kledninger. I tabellen har vi benyttet den tredelte klimasoneinndelingen fra kapittel 2.5. Inndelingen er kun basert på slagregns påkjenning. Vi presiserer at tilpasninger etter lokale forhold alltid er nødvendig. Bygninger i *høyfjellsklima* må behandles spesielt.

Tabell 4.3 omhandler bare anbefalte krav til lufting og drenering og ikke for eksempel vindforankring av kledningen. Når vindsperre av rullprodukt er påkrevd, må krav til vindavstivning løses på annen måte. Vindavstivning kan for eksempel løses ved bruk av vindsperre av platemateriale på innsiden av vindsperre av rullprodukt. Lekter og sløyfer må for øvrig ha nødvendig stivhet til å klemme valgt vindsperretype. Det betyr at klemlekter verken kan være for myke eller for stive.

For detaljer når det gjelder utforming av parapetbeslag for å hindre inndrev av nedbør og samtidig sikre krav til lufting, vises det til Kvande, Uvsløkk og Bergheim (2006). Utforming av vannbrett- og sålbenkbeslag er omhandlet i Kvande, Uvsløkk og Bergheim (2004).

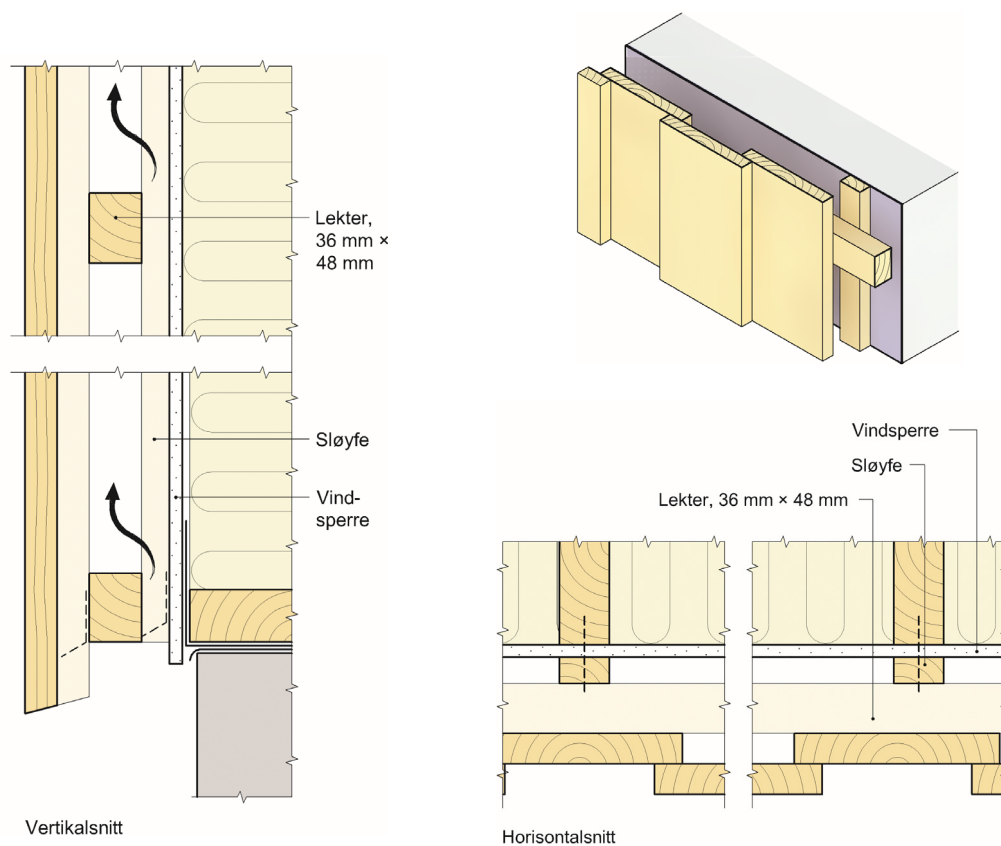
Tabell 4.3

SINTEFs anbefalte minimumskrav for å sikre tilstrekkelig lufting og drenering av luft- og dreneringspalter i luftede kledninger

Kledningstype	Lufting og drenering	Liten slagregnspåkjenning	Moderat slagregnspåkjenning	Stor slagregnspåkjenning
Stående trekledning Tømmerskledning, omvendt lekteledning, lekteledning, dobbeltfaset kledning og kledning med not og fjær Se figur 4.4 a–b Se Byggforskserien 542.101	Luftespaltebredde	≥ 30–36 mm	≥ 55 mm	≥ 55 mm
	Oppbygning	Sløyfer ≥ 19 mm, helst ≥ 23 mm. Lekter ≥ 30 mm Sløyfer kan eventuelt droppes for kledninger med over- og underligger	Sløyfer ≥ 19 mm, helst ≥ 23 mm Lekter ≥ 36 mm	Sløyfer ≥ 19 mm, helst ≥ 23 mm Lekter ≥ 36 mm
	Åpning oppe og nede	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter
	Andre forhold	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet. Hvis sløyfer droppes bør lektene ha skråningskåret overside med fall utover slik at vann som har drevet inn bak kledningen, ledes bort fra vindspærre.	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Vindspærre av rullprodukt, se kap. 4.2. Høye vegger bør utformes slik at vann kan ledes ut en gang for hver etasje.
Liggende trekledning Enkel, liggende kledning, Weatherboards og dobbeltfaset kledning Se figur 4.5 a–c Se Byggforskserien 542.102	Luftespaltebredde	≥ 19–23 mm	≥ 19–23 mm	≥ 19–23 mm
	Oppbygning	Lekter	Lekter	Lekter
	Åpning oppe og nede	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter	≥ 5 mm åpningsbredde ved klemllekter
	Andre forhold	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Vindspærre av rullprodukt. Høye vegger bør utformes slik at vann kan ledes ut en gang for hver etasje.
Profilerte plater, paneler og kassetter av metall Se figur 4.6 a–b Se Byggforskserien 542.201	Luftespaltebredde	≥ 23 mm	≥ 23 mm	≥ 23 mm
	Oppbygning	Kun vertikale lekter: Lekter ≥ 23 mm Både lekter og sløyfer: Lekter ≥ 30 mm Sløyfer ≥ 11 mm	Kun vertikale lekter: Lekter ≥ 23 mm Både lekter og sløyfer: Lekter ≥ 30 mm Sløyfer ≥ 11 mm	Kun vertikale lekter: Lekter ≥ 23 mm Både lekter og sløyfer: Lekter ≥ 30 mm Sløyfer ≥ 23 mm
	Åpning oppe og nede	≥ 5 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
	Andre forhold	Vindspærre må ha dokumentert regntetthet og UV-bestandighet dersom det er risiko for at det kan trenge inn vann i skjøtene	Vindspærre må ha dokumentert regntetthet og UV-bestandighet dersom det er risiko for at det kan trenge inn vann i skjøtene	Vindspærre av rullprodukt, se kap. 4.2. Vindusvegger bør ev. utformes slik at vann kan ledes ut en gang for hver etasje.
Plane plater og bånd- og skivekledning av fasede tynnplater Se figur 4.7 a–b Se Byggforskserien 542.502	Luftespaltebredde	≥ 23 mm. Åpne fuger krever større bredde.	≥ 23 mm. Åpne fuger krever større bredde.	≥ 23 mm. Åpne fuger krever større bredde.
	Oppbygning	Vert. lekter ≥ 23 mm Ev. sløyfer ≥ 11 mm Hor. lekter på vert. sløyfer ≥ 36 mm	Vert. lekter ≥ 23 mm Ev. sløyfer ≥ 11 mm Hor. lekter på vert. sløyfer ≥ 36 mm	Vert. lekter ≥ 23 mm Ev. sløyfer ≥ 11 mm Hor. lekter på vert. sløyfer ≥ 36 mm
	Åpning oppe og nede	≥ 5 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
	Andre forhold	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet.	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Vindspærre av rullprodukt, se kap. 4.2
Platekledning med naturstein Se figur 4.8 a–b Se Byggforskserien 542.302	Luftespaltebredde	≥ 20 mm	≥ 30 mm	≥ 30 mm
	Åpning oppe og nede	Ja Ekstra lufting (ev. også sideveis) av store felter med tette fuger	Ja Ekstra lufting (ev. også sideveis) av store felter med tette fuger	Ja Ekstra lufting (ev. også sideveis) av store felter med tette fuger
	Drenering	Nede og over vindu	Nede og over vindu	Nede og over vindu
	Andre forhold	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Ingen særskilte krav til vindspærre foruten til dampåpenhet	Vindspærre av rullprodukt. Vindusvegger bør ev. utformes slik at vann kan ledes ut en gang for hver etasje.
Skallmurvegger og murte forblendingsvegger Se figur 4.9 a–b Se Byggforskserien 523.231 og 542.301	Luftespaltebredde mot varmeisolasjon med avrenningsnett	25–30 mm	25–30 med mer	25–30 mm
	Luftespaltebredde mot vindspærre for murt forblending	≥ 50 mm	≥ 50 mm	≥ 50 mm
	Åpning nede	Som regel er det tilstrekkelig med en åpning per meter Ytre vange av farget lettlinkerblokk har en relativt åpen struktur som krever at alle stussfuger (dvs. to per m) er åpne i minst 50 mm høyde. Indre vange må være lufttett.	Som regel er det tilstrekkelig med en åpning per meter. Ev. to per meter for spesielt høye vegger Ytre vange av farget lettlinkerblokk har en relativt åpen struktur som krever at alle stussfuger (dvs. to per m) er åpne i minst 50 mm høyde. Indre vange må være lufttett.	To åpninger per meter Ytre vange av farget lettlinkerblokk har en relativt åpen struktur som krever at alle stussfuger (dvs. to per m) er åpne i minst 50 mm høyde. Indre vange må være lufttett.
	Åpning oppe	Som regel er det tilstrekkelig med en åpning per meter	Som regel er det tilstrekkelig med en åpning per meter	Som regel er det tilstrekkelig med en åpning per meter
Puss på lufta kledning Se figur 4.10 Se fasadesystemer med SINTEF Teknisk Godkjenning	Luftespaltebredde	≥ 21 mm	≥ 21 mm	≥ 21 mm
	Oppbygning luftespalte	Se eventuelle spesifikasjoner fra systemleverandøren	Se eventuelle spesifikasjoner fra systemleverandøren	Se eventuelle spesifikasjoner fra systemleverandøren
	Åpning oppe og nede	≥ 5 mm Avslutning nede med egen startlist	≥ 5 mm Avslutning nede med egen startlist	≥ 5 mm Avslutning nede med egen startlist
Andre forhold	Brannkrav kan gi spesielle krav til utforming av luftespalten	Brannkrav kan gi spesielle krav til utforming av luftespalten	Brannkrav kan gi spesielle krav til utforming av luftespalten	

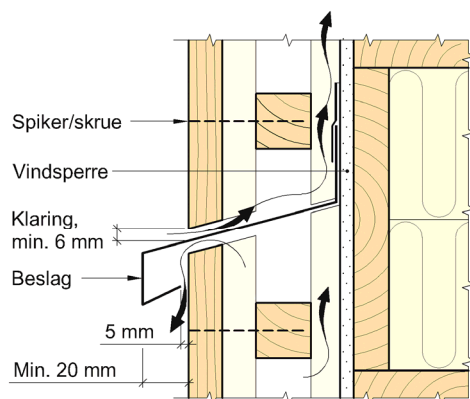
4.4 Stående trekledning

Figur 4.4 a–b viser eksempler på sentrale detaljløsninger for stående trekledninger.



Figur 4.4 a

Utlektet tømmermannskledning. Lektetykkelse er 36 mm (Byggforskserien 542.101)



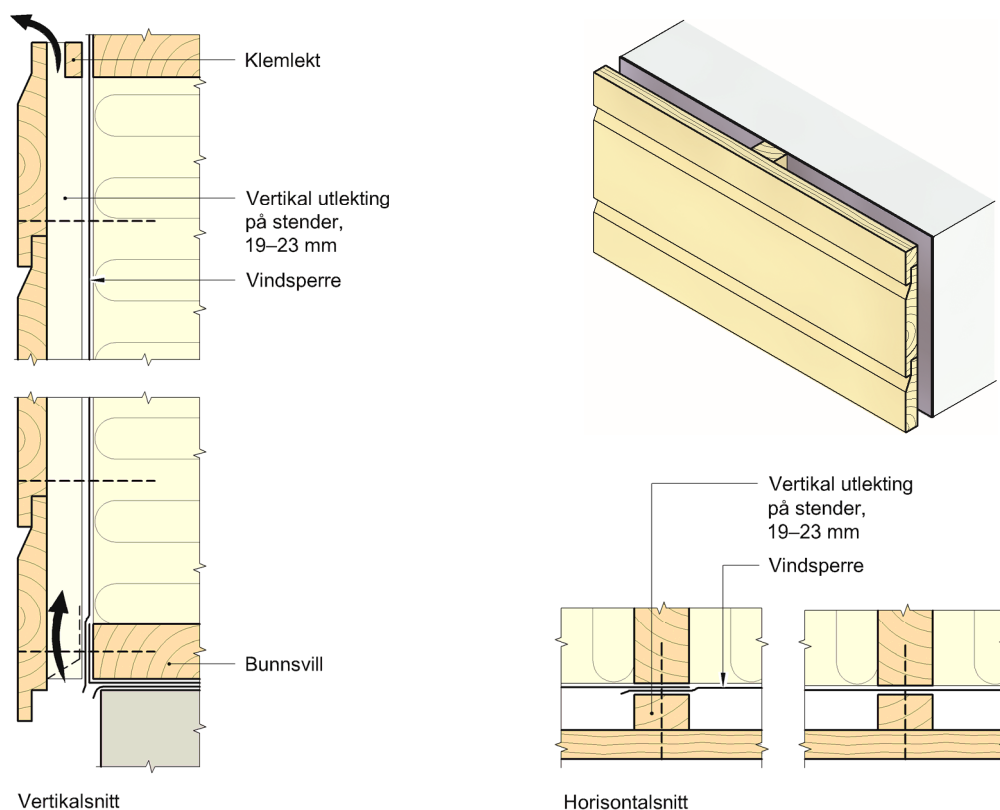
II.

Figur 4.4 b

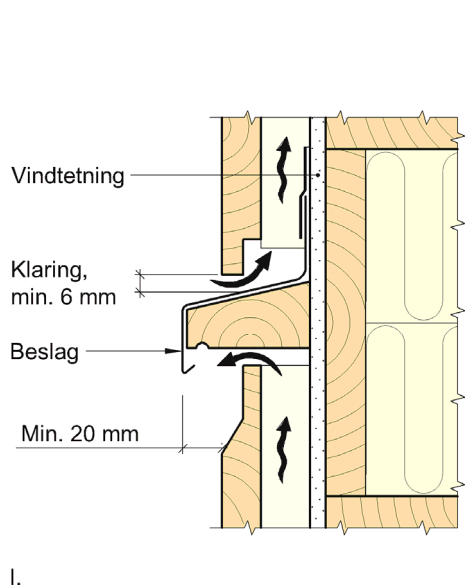
Beslag som deler opp luften- og dreneringsspalten bak trekledningen i felter (Byggforskserien 542.101)

4.5 Liggende trekledning

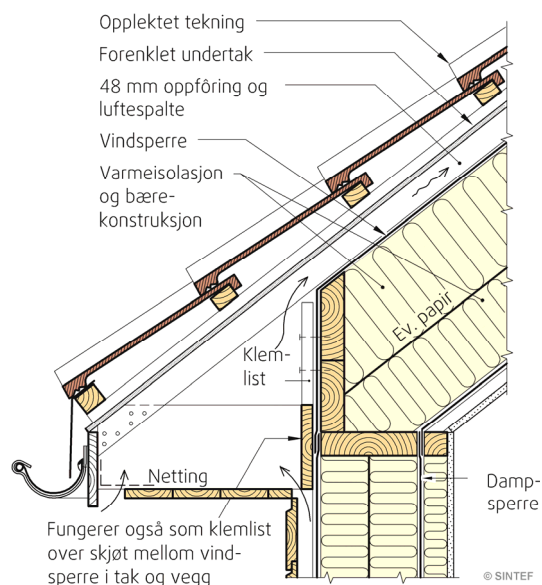
Figur 4.5 a–c viser eksempler på sentrale detaljløsninger for liggende trekledninger.



Figur 4.5 a
Utlektet dobbeltfalsset liggende kledning (Byggforskserien 542.101)



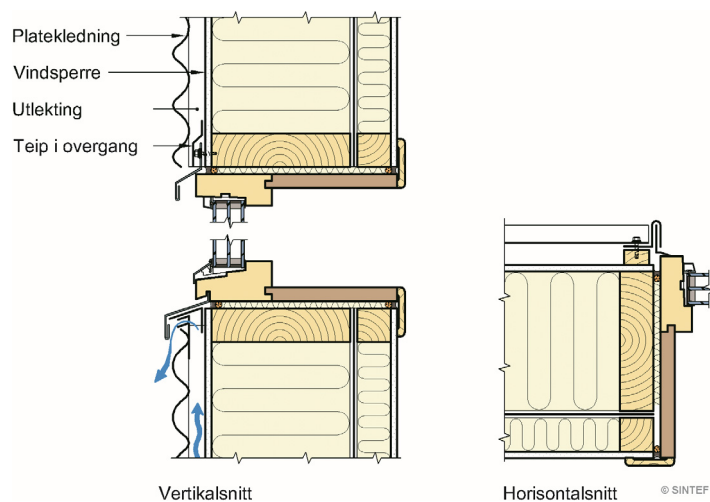
Figur 4.5 b
Beslag som deler opp luften og dreneringsspalten bak trekledningen i felter (Byggforskserien 542.101)



Figur 4.5 c
Prinsipp for lufting ved raft for liggende kledning og tak med sperreutstikk (Byggforskserien 525.101)

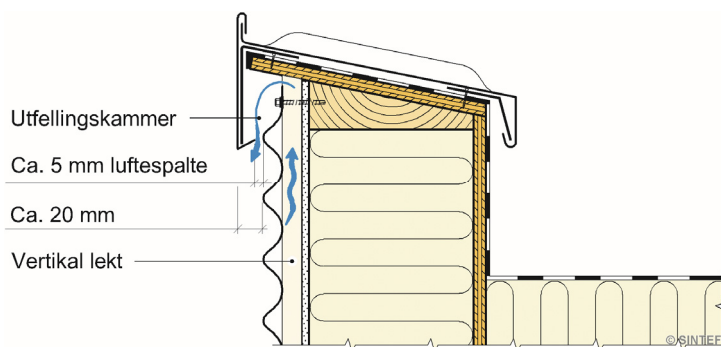
4.6 Profilerte plater, paneler og kassetter av metall

Figur 4.6 a og b viser eksempler på sentrale detaljløsninger for profilerte plater, paneler og kassetter av metall.



Figur 4.6 a

Lufting av fasadefelt med profilerte plater over og under vindu (Byggforskserien 542.201)

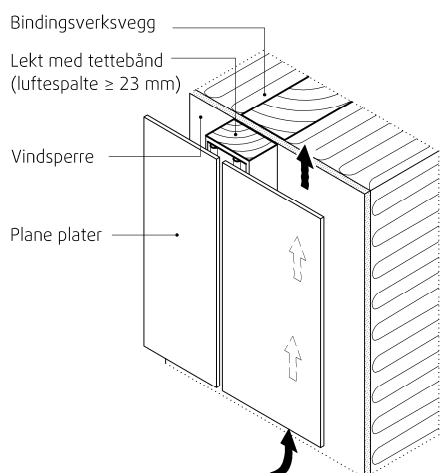


Figur 4.6 b

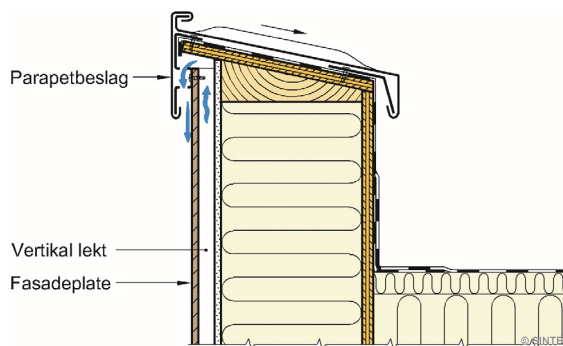
Avslutning av kassettkledning inn under parapetbeslag. Beslaget må festes med skruer til et fast underlag. Utlufting gjennom hull i parapetbeslaget (Byggforskserien 542.201)

4.7 Plane plater og bånd- og skivekledning

Figur 4.7 a og b viser eksempler på sentrale detaljløsninger for plane plater og båndkledning.



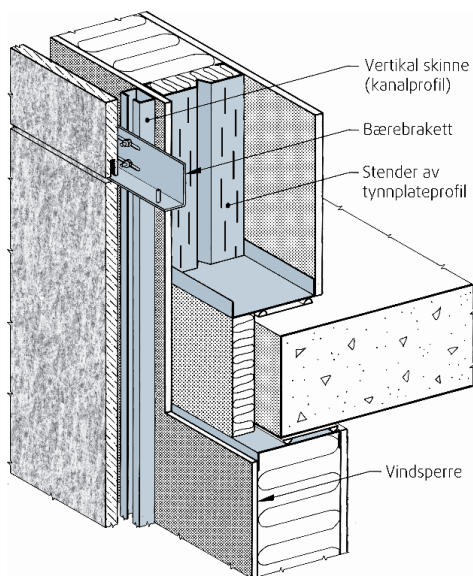
Figur 4.7 a
Prinsipp for lufting av plan platekledning



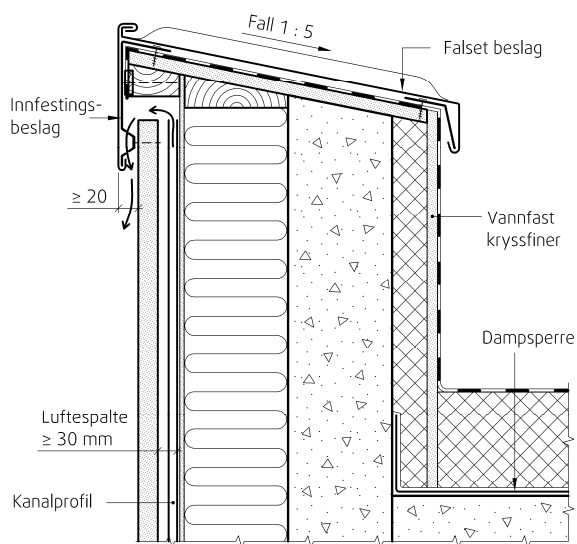
Figur 4.7 b
Avslutning av platekledningen i forbindelse med parapetbeslag (Byggforskserien 542.502)

4.8 Platekledning med naturstein

Figur 4.8 a og b viser eksempler på sentrale detaljløsninger for platekledning med naturstein.



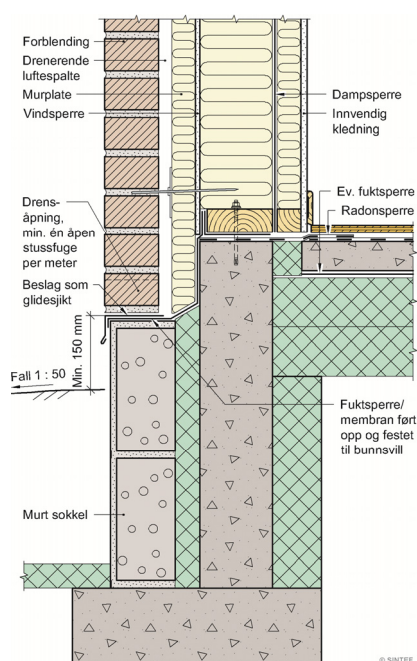
Figur 4.8 a
Opphenging av steinplater på utfyllende bindingsverk av tynnplateprofiler (Byggforskserien 542.302)



Figur 4.8 b
Eksempel på anbefalt parapetavslutning for platekledning av naturstein

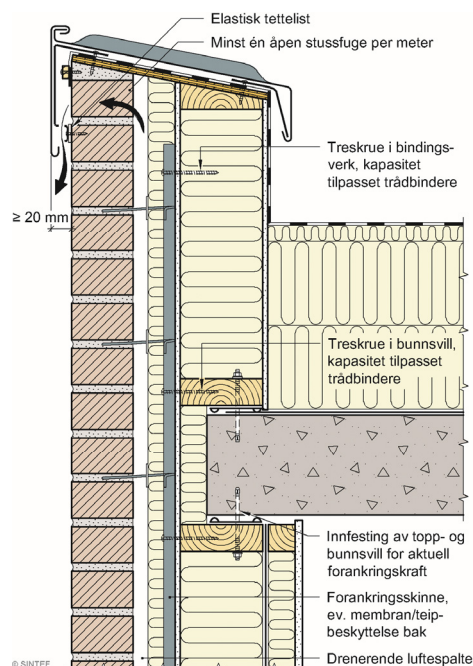
4.9 Skallmurvegger og murte forblendingsvegger

Figur 4.9 a og b viser eksempler på sentrale detaljløsninger for murte forblendingsvegger.



Figur 4.9 a

Grunnmurskrone ved trebjelkelag og bakvegg av bindingsverk. Dreningsåpninger sikrer også nødvendig lufting (Byggforskserien 542.301)

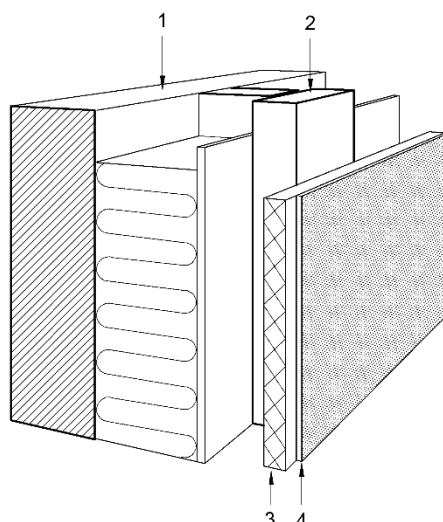


Figur 4.9 b

Eksempel på parapetavslutning for murt forblending som tillater relative bevegelser mellom teglforblending og bakvegg (Byggforskserien 542.301)

4.10 Puss på lufta kledning

Som et alternativ til fasadesystem med puss på isolasjon er puss på lufta kledning med pussbærer av fuktbestandige bygningsplater et godt alternativ. Se figur 4.10. Løsningen gir en fugefri, pusset fasade, samtidig som løsningen følger prinsippet om tottrinnetning. Dette gir fasadeløsningen større sikkerhet mot fuktskader enn puss på isolasjon. Puss på lufta kledning leveres som komplette systemer med puss, pussbærer og nødvendig tilbehør. Vi anbefaler sterkt at systemer med Teknisk Godkjenning benyttes. Komponenter kan ikke byttes mellom ulike systemer.



Figur 4.10

Puss på luftet kledning. 1) Bakenforliggende konstruksjon med varmeisolasjon og vindsperre. 2) Utlekking. 3) Pussbærer av fuktbestandig bygningsplate 4) Armert pussystem. (Blom m.fl., 2001)

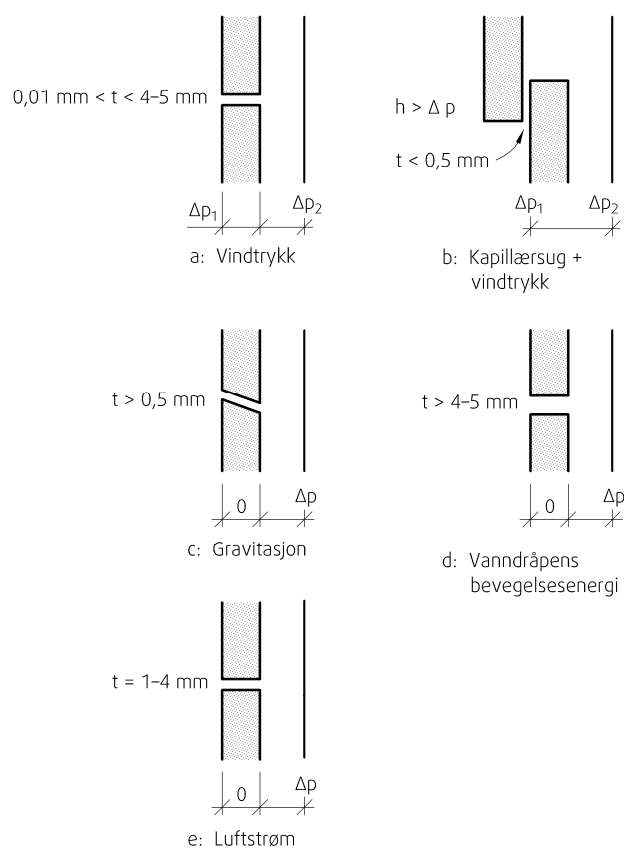
4.11 Bygningsintegrerte solceller (BIPV)

Bygningsintegrerte solceller (BIPV) brukt som kledning på fasader monteres med åpne fuger slik at luft kan strømme inn mellom solcellepanelene og bidra til avkjøling av panelene. Dette er viktig for å bedre solcellenes virkningsgrad. Kledninger med åpne fuger fører til enkelte utfordringer for den bakenforliggende konstruksjonen, for eksempel slagregns- og UV-påkjenninger direkte mot vindsperre. Valg av vindsperre for åpne kledninger er beskrevet i kapittel 4.2. Montering av BIPV skal følge prinsippet om totrinnstetting, med et luftet og drenert hulrom mellom solcellepanelene og bakenforliggende konstruksjon. I tillegg til å sikre drenering og uttørring av eventuell fuktighet, skal lufting i hulrommet bidra til avkjøling av panelene. Luftespalten bør være ekstra bred for å redusere regn- og UV-påkjenningen på vindsperre.

5 Anbefalinger for utforming av fuger

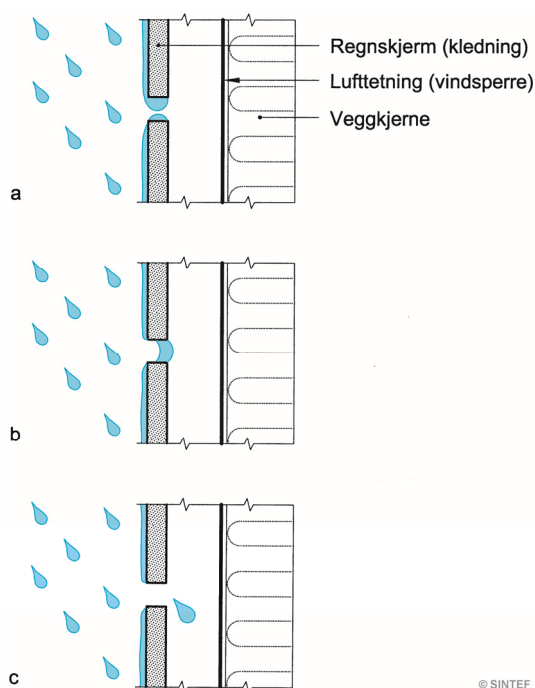
5.1 Vanninntrenging i fuger

Trykkforskjeller, tyngdekraft, bevegelsesenergi og kapillærsug kan medvirke til at regnvann trenger gjennom fuger. Figur 5.1 a viser skjematisk de forskjellige måtene vann kan trenge inn i sprekker og åpninger på, ifølge Birkeland (1963). Når regnvann treffer en fasade, kan det dannes en vannfilm utenpå fasaden. Vannfilmen vil være tykkere på den nedre delen av vegg enn på den øvre delen. Vannfilmen bygger bru over alle sprekker og åpninger som er små nok. Vind mot vegg gir en trykkdifferanse over vannfilmen som fører til at vann blir presset inn i vegg, se figur 5.1 b. I tillegg kommer kapillærsug, som er viktig for riss/åpninger mindre enn 0,5 mm. Den beste måten å hindre vanninntrenging på er å ventilere luftespalten bak den ytre kledningen, og på denne måten forebygge trykkdifferansen.



Figur 5.1 a

Ulike måter vann kan trenge inn i fuger, sprekker og åpninger på (Birkeland, 1963)

**Figur 5.1 b**

Vanninntrenging i små åpninger og spalter (mindre enn 6 mm) forårsaket av trykkforskjell over regnskjermer (kledningen) (Byggforskserien 542.003)

- Dråper i ferd med å danne bru/hinne
- Hinna blåser innover i og gjennom åpningen
- Hinna brister og vann spruter inn i luften- og dreneringsspalten. Vann kan også sprute inn på vindsperra.

5.2 Beskyttelse av fuger

For å begrense mengden vann som driver inn i luftespalten bak lufta kledninger og fukter opp den bakenforliggende konstruksjonen, bør man unngå bruk av åpne fuger. Tett regnskjerm er spesielt viktig i situasjoner med mye slagregn, som for kystnære steder eller på høye bygninger. SINTEF anbefaler at fuger blir beskyttet med beslag eller gis en utforming som sikrer beskyttelse av vindsperra/bakveggen på en annen måte. For å beskytte fugene i platekledninger kan man benytte ulike typer fugedekkende metallprofiler og tetterremser, både i vertikale og horisontale fuger. Metallprofilene må være tilpasset aktuell platetype og monteringsløsning. Fugeforsegling med elastisk fugemasse er nærmere behandlet i Byggforskserien 520.406.

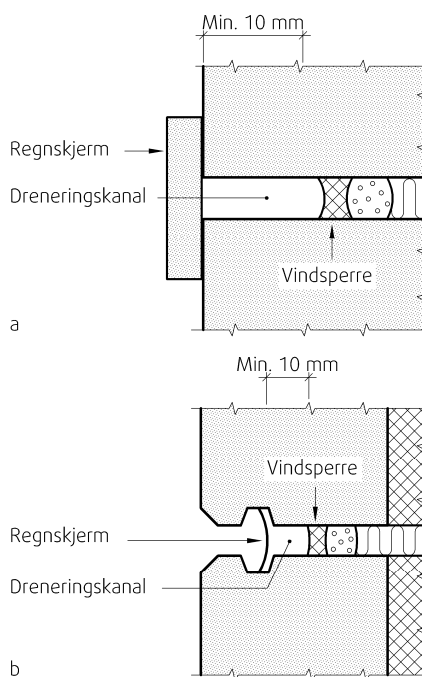
For enkelte bygg er det likevel ønskelig å benytte fasader med åpne fuger. I slike tilfeller må man gjennomføre en risikovurdering av fasadene og materialvalg i bakveggen må vurderes særskilt. Ved valg av kledning med åpne fuger må man stille strengere krav til bakveggen og vindsperras regntetthet, fuktbestandighet og UV-bestandighet. Se kapittel 4.2. Det er også en forutsetning at baksiden av kledningen tåler den økte fuktbelastningen og at luftespalten bak kledningen har ekstra god drenering og ventilering. For å unngå at vann blir stående i åpne fuger bør fugebredden som hovedregel være minst 5 mm for alle typer kledninger med åpne fuger. For kledninger med plane plater vil plateproduktene termiske bevegelser og bevegelser som skyldes endringer i fuktforhold (dimensjonsstabilitet), påvirke hvor store fuger som er nødvendig.

5.3 Vertikale fuger

Vind langs vegg driver rennende vann inn mot vertikale ledd. Åpne vertikale fuger tar inn mye mer av "sideflom" enn direkte treff. Det betyr at de vertikale fugene må håndtere mer vann enn det som treffer fugen direkte.

Tidligere forsøk har vist at åpne, vertikale fuger ikke bør være bredere enn 3 mm for å hindre at regndråper trenger inn til vindsperra, når vindsperra ligger 45 mm bak den ytre fugeåpningen, jf. Byggeforskerien 542.003. Brede fuger mellom elementer må ha en regnskjerm ytterst, se figur 5.3 a. For stående trekledning med fuger mellom kledningsbordene (låvepanel) bør imidlertid fugene være minst 5 mm for å forhindre at vann blir stående mellom bordene, jf. Byggeforskerien 542.101. SINTEF anbefaler at denne typen kledning kun brukes på steder med lite slagregn. Også for andre kledningstyper enn treverk er det uheldig at vann blir stående i fugen. Stående vann kan bidra til skjemmende begroing. Min. 5 mm fugebredde bør derfor være regelen for alle typer åpne kledninger.

Ved vertikale fuger har man som regel kontinuerlig understøttelse av vertikale lekter. Da er det ofte nok å legge inn tetteremser av for eksempel EPDM-gummi mellom kledningen og lektene for å beskytte fugene mot solinnstråling og slagregn. Se figur 5.3 b.

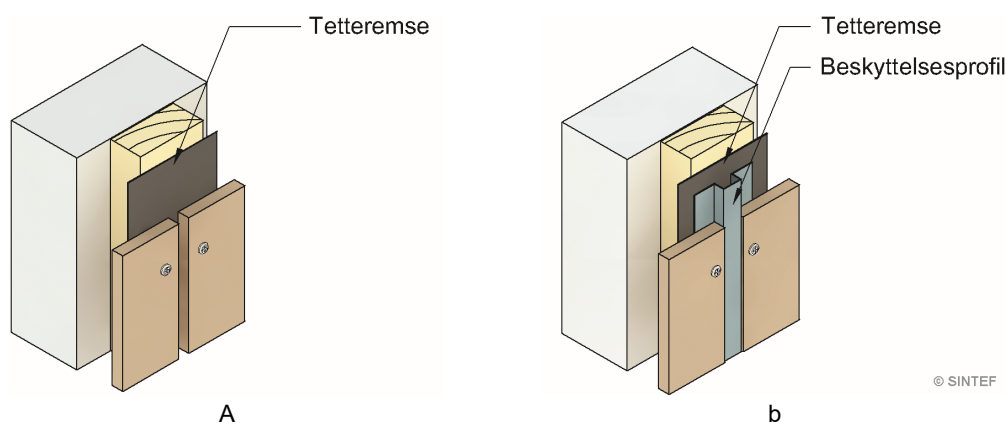


Figur 5.3 a

Prinsipp for utforming av vertikale fuger (Byggeforskerien 542.003)

a. Med utvendig regnskjerm (dekkprofil)

b. Med inntrukket regnskjerm

**Figur 5.3 b**

Eksempel på utforming av vertikal fuge i platekledning (Byggforskserien 542.502).

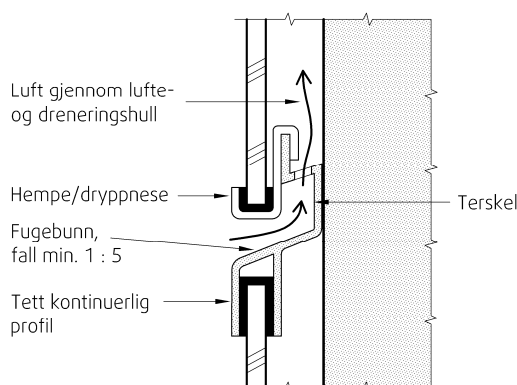
a. Uten beskyttelsesprofil

b. Med beskyttelsesprofil

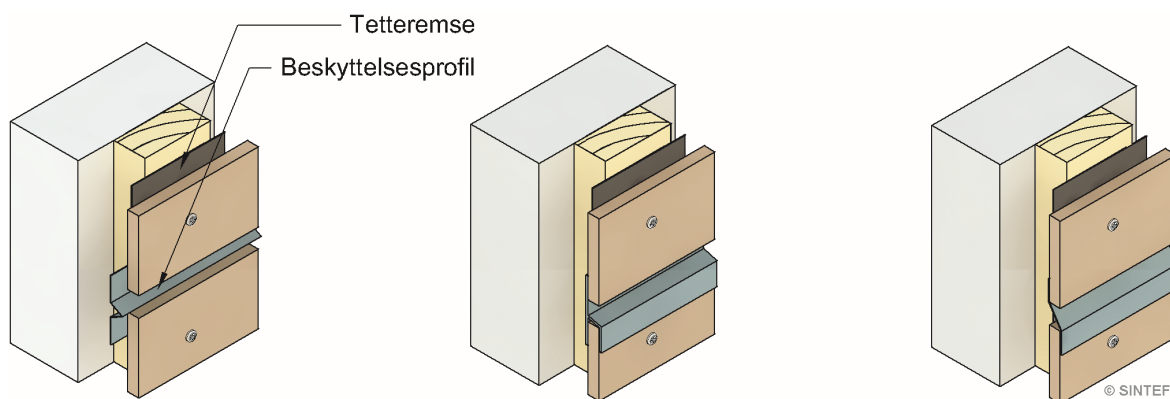
5.4 Horisontale fuger

Plane plater er et eksempel på fasadekledning hvor åpne horisontale fuger brukes i stor utstrekning. Slike kledninger er vanlige både i forbindelse med nybygg og etterisolering. Generelt bør åpne horisontale fuger bare brukes i områder med lite slagregn, og da med en høyde på minst 5 mm slik at vannråper ikke forbinder fugeflatene. Samtidig bør fugene ikke ha særlig større høyde, da risikoen for vanninntrenging øker betydelig fra 5 mm til 10 mm.

SINTEF anbefaler at horisontale fuger utføres med beslag eller gis en utforming som sikrer beskyttelse av vindsperra/ bakveggen på annen måte. Det er i dag mange forskjellige typer beslag på markedet. Type beslag er avhengig av om vann skal dreneres ut av fugen og/eller luft skal tas inn, eventuelt om fugen bare skal lukkes for å beskytte veggen bak mot vannindrev. Klaring mellom nedkant plate og beslag bør være 5 mm eller mer. Fallet på beslaget bør være minst 1:5 slik at faren for å etablere motfall ved montering ikke er til stede. I tillegg til at manglende beslag kan gi problemer med at vann trenger inn på bakveggen og skader denne, kan mangelfullt utførte beslag gi problemer med for eksempel begroing viss fuktighet blir stående for lenge før det får tørke ut. Eksempel på horisontalfuge med beslag er vist i figur 5.4 a og b.

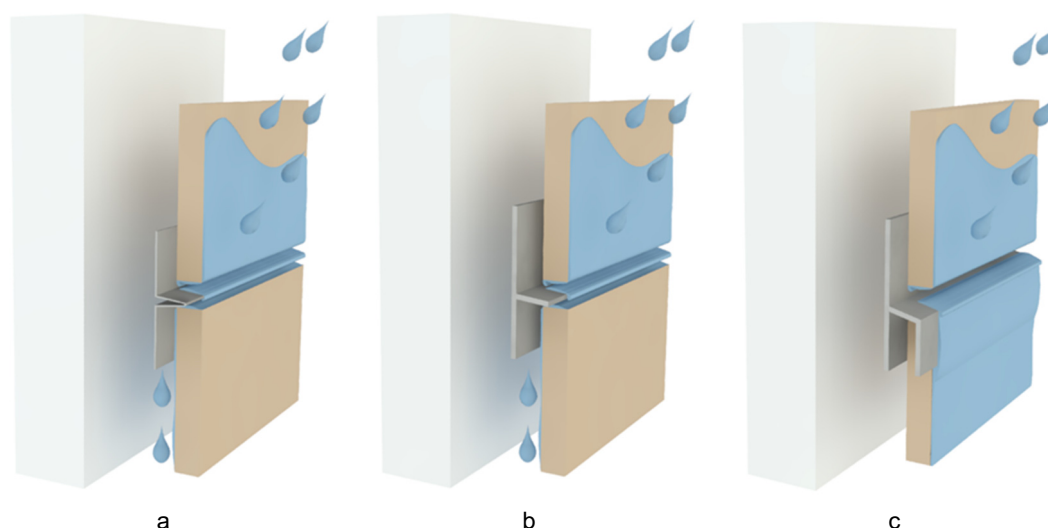
**Figur 5.4 a**

Eksempel på utforming av horisontalbeslag og fuge i luftet platekledning (Byggforskserien 542.003)



Figur 5.4 b.
Eksempel på utforming av horisontalbeslag og fuge i luftet platekledning (Byggforskserien 542.502)

Regntetthetsprøving av horisontalfuger med ulike beslag viser at noen typer beslag kan bidra til å lede mer vann inn bak platekledning enn ved bruk av åpne horisontale fuger (Mo og Lid, 2020). Vann ledes rundt beslagene på grunn av beslagenes geometriske utforming, som vist i figur 5.4 c. Beslag a og b kan lede vann inn bak platekledningen, mens beslag c gir god beskyttelse mot regninntrenging gjennom horisontalfugene.

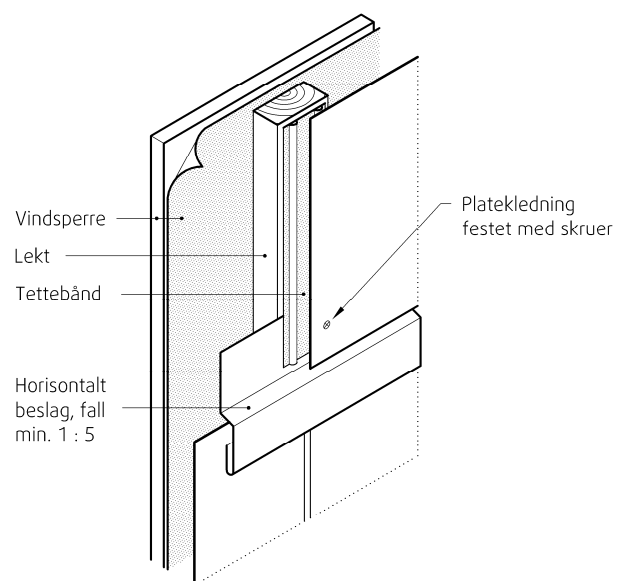


Figur 5.4 c
Eksempler på utforming av metallprofil og fuge i luftet platekledning. Beslag a og b kan lede vann inn bak platekledningen, mens beslag c gir god beskyttelse mot regninntrenging (Kvande m.fl., 2020).

5.5 Fugekryss

Fugekryssene, hvor horisontale og vertikale fuger møtes, er sårbare punkter med tanke på lekkasjer inn i veggkonstruksjonen. Det fins i dag flere ulike fugekryssløsninger avhengig av fasadesystem. Felles for mange av systemene er at løsningenes funksjonsdyktighet ikke er dokumentert.

Som regel bør en utforme fugekryssene slik at vannet ledes ut av vertikalfugen der hvor den møter horisontalfugen, se figur 5.5. Bak fugekryssene skal vindsperra være utformet slik at vann ikke kan bli ledet inn i konstruksjonen.



Figur 5.5
Eksempel på fugekryss i kledning med plane plater (Byggforskserien 542.003)

6 Oppsummering

Et klima i endring, med mer nedbør og slagregn samt temperaturøkning, gir behov for økt oppmerksomhet på bedre klimatilpasning av luftede kledninger for å redusere risiko for skader.

Skader og problemer i tilknytning til luftede kledninger er i hovedsak relatert til utførelse som avviker fra grunnleggende prinsipper som har vært kjent i lang tid. I tillegg oppstår mange skader på grunn av uheldig bruk av nye eller endrede materialer og konstruksjoner, og nye kombinasjoner og bruksområder. Produktspektret som brukes til kledninger i dag er svært mangfoldig. Nyere erfaringer har også vist at det oppstår skader på fasader som tidligere har fungert godt i et gitt område.

For å gi et effektivt og varig vern mot slagregn må tetting av både fasader og fuger skje i to trinn. I en såkalt totrinnstetning fungerer kledningen som regnskjerm, og vindsperra utgjør luft-/vindtetningen. For at en totrinnstetning skal fungere må det være en ventilert og drenert luftespalte mellom kledningen (regnskjermen) og vindsperra.

Detaljutformingen av en fasade må tilpasses den enkelte kledningstypen, den aktuelle bygningen og dagens- og framtidens værforhold på stedet.

7 Litteratur

Birkeland, Ø. (1963). *Rain Penetration Investigations – A summary of the findings of CIB Working Commission on Rain Penetration*. Rapport 36, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo

Blom, P, Kvande, T & Lisø, K.R. (2001). *Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon*. Anvisning 43, SINTEF Byggforsk, Oslo

Byggforskserien fra SINTEF:

Byggdetaljer:

520.406 Fugetting med elastisk fugemasse (2002)

523.002 Yttervegger over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Krav og anbefalinger (2008)

523.231 Skallmurvegg med vanger av murstein og murblokker (1996)

542.003 Totrinnstetning mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger (2013)

542.101 Stående trekledning (2011 /2020)

542.102 Liggende trekledning (2012 /2020)

542.201 Fasadekledning av metall (2019)

542.301 Murt forblending. (2019)

542.302 Naturstein i fasader. Luftet kledning (2004)

542.502 Utvendig kledning med plane plater (2019)

573.102 Tettmaterialer for fuger. Gruppering og terminologi (2001)

573.104 Fugemasser. Egenskaper og materialvalg (2001)

573.105 Tettelister. Egenskaper og materialvalg (2004)

573.107 Fugeskum av énkomponent polyuretan. Egenskaper og bruk (2003)

573.121 Materialer til luft- og dampetting (2003)

Byggforvaltning:

723.235 Murte fasader. Skader og utbedringsalternativer (2013)

Bunkholt, N.S & Kvande, T (2020). Mer regn, men bedre bygningsregelverk. *Byggeindustrien* 19/2020, s. 22

Field, C.B m.fl., red. (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge

Geving, S (2011). *Fuktskader – årsaker, utredning og tiltak*. Håndbok 3, SINTEF Byggforsk, Oslo.

Geving, S, Erichsen, T.H, Nore, K & Time, B (2006). *Hygrothermal conditions in wooden claddings – Test house measurements*. SINTEF Project Report 407, Climate 2000

Hanssen-Bauer, I m.fl. (2015). *Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*, NCCS report no. 2/2015, Norsk Klimaservicesenter.

Isaksen, T (1966). *Åpne fuger i utvendige kledninger*. Særtrykk 138, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo

Kvande, T (2015). Nytt klima: Nye laster. *Byggeindustrien* 11/2015 s 36

Kvande, Bakken, Bergheim & Thue (2018). Durability of ETICS with Rendering in Norway—Experimental and Field Investigations. *Buildings* 2018, Vol 8(7), p. 93

- Kvande, T, Geving, G & Time, B (2020). Regntette fuger i plan platekledning. *Byggeindustrien* 15/2020, s. 24
- Kvande, T, Lisø K.R, Hygen, H.O & Time, B (2015). Mot normalt! *Byggeindustrien* 15/2015 s 222
- Kvande, T, Lisø, K.R & Time, B (2007). *Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger*. Rapport 2, SINTEF Byggforsk, Oslo
- Kvande, T & Tajet, H.T.T (2018). Norske ekstremvær. *Byggeindustrien* 3/2018, s. 32
- Kvande, T, Uvsløkk, S & Bergheim, E (2004). *Utforming av vassbrettbeslag. Delrapport frå prosjekt 5 i FoU-programmet "Klima 2000"*. Rapport 118, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Kvande, T, Uvsløkk, S & Bergheim, E (2006). *Utforming av parapetbeslag. Delrapport frå prosjekt 5 i FoU-programmet "Klima 2000"*. Rapport 120, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Lisø, K.R (2006). *Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design*. Doctoral thesis at NTNU 2006:185, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim
- Lisø, K.R, Hygen, H.O, Kvande, T & Thue, J.V (2006). Decay potential in wood structures using climate data. *Building Research & Information* 34(6), 546-551
- Lisø, K.R & Kvande, T (2007). *Klimatilpasning av bygninger*. SINTEF Byggforsk, Oslo
- Lisø, K.R, Kvande, T & Myhre, L (2003). Klimaendringer, byggeskader og norsk byggeskikk. *Plan*, nr 5/2003
- Lund, T (2002). Begroing av overflater utendørs. *Fargemagasinet*, nr. 3/2002
- McKnight, T & Hess, D (2000). Climate zones and types: The Köppen system. *Physical Geography: A Landscape Appreciation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. p. 205–211
- Mo, B.H & Lid, H.S (2020). *Slagregninntrenging i horisontale fuger på fasader med plane plater*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim
- Rubel, F & Kottek, M (2010). Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Koppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*, 19(2), p. 135–141
- Rydock, J.P m.fl. (2005). A driving rain exposure index for Norway. *Building and Environment*, 40(11), p. 1450–1458
- Rønningen, E (2020). *Feltstudie av klimatiske forhold i luftespalter bak kledning og takteknning*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim
- Slapø, F (2017). *Kvalitetsvariasjon i murverk som følge av vannmengde i mørtelen*. Masteroppgave. NTNU, Trondheim
- Slapø, F, Kvande, T, Bakken, N, Haugen, M & Lohne, J (2017). Masonry's Resistance to Driving Rain: Mortar Water Content and Impregnation. *Buildings* 2017, Vol. 7(3), p. 70

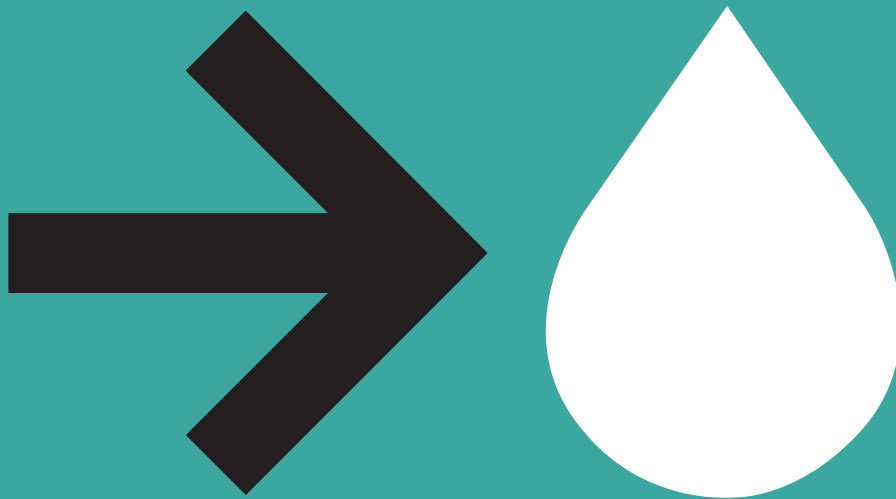
Svendsen, S.D (1955). *Driving rain: Experimental research on the resistance of external walls against rain penetration*. Rapport 20, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo

Scheffer, T.C (1971). A climate Index for Estimating Potential for Decay in Wood Structures Above Ground. *Forest Products Journal* 21(10), p. 25-31

Stocker, T.F m.fl., red. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Cambridge University Press, Cambridge

Tajet, H.T.T & Hygen, H.O (2017). *Potential Risk of Wood Decay*. MET Rapport nr. 8. Meteorologisk institutt

Thodesen, B, Kvande, T, Tajet, H.T.T, Time, B & Lohne, J (2018). Adapting green-blue roofs to Nordic climate. *Nordic Journal of Architectural Research*, 2/2018, p. 99-126



CONSORTIUM

Private sector

SKANSKA

MESTERHUS

Multiconsult

Finans Norge

SKJÆVELAND
GRUPPEN

NORGESHUS

Leca

isola

Public sector



Statens vegvesen



Noregs
vassdrags- og
energidirektorat

AVINOR



Jernbane-
direktoratet



STATSBYGG



TRONDHEIM KOMMUNE

Research & education

SINTEF

BI

NTNU



Meteorologisk
institutt

NGI