
RAPPORT

Eidsvåg skole – Nybygg, rehabilitering og stor idrettshall

OPPDRAKSGIVER

Bergen Kommune - Etat for utbygging

EMNE

Bygningsfysiske premisser - nybygg og flerbrukshall

DATO / REVISJON: 13. mars 2020 / 02

DOKUMENTKODE: 617029-RIBfy-RAP-002



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Eidsvåg skole – Nybygg, rehabilitering og stor idrettshall	DOKUMENTKODE	617029-RIBfy-RAP-002
EMNE	Bygningsfysiske premisser - nybygg og stor idrettshall	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Bergen Kommune - Etat for utbygging	OPPDRAGSLEDER	Tom Arne Olsen
KONTAKTPERSON	Siv Stavseng	UTARBEIDET AV	Tonje M. Tredal
		ANSVARLIG ENHET	10233043 Bergen Bygningsforvaltning og bygningsfysikk

SAMMENDRAG

Denne rapporten omhandler bygningsfysiske premisser for planlagte nybygg på Eidsvåg skole, hvilket inkluderer en nytt skolebygg og en stor idrettshall. Premissene skal danne grunnlaget for den videre detaljprosjekteringen, samt utførelsen.

Rapporten oppsummerer de ulike krav, anbefalinger og egenskaper mht. bygningsfysikk som er aktuelle mht. Teknisk forskrift til Plan- og Bygningsloven (TEK17). I tillegg skal nytt skolebygg prosjekteres som passivhus etter standarden NS 3701.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
02	13.03.2020	Oppdaterte tall fra energiberegninger i kap. 5	Tonje M. Tredal	Marte Wigen Nilsson	Tom Arne Olsen
01	08.06.2018	Revidert kap. 8.4: Supplert med anbefalt løsning for takterrasse Revidert kap. 8.5: Fra omvendt tak til duo takkonstruksjon Lagt til kap. 8.10.5 - Balkonger	Tonje M. Tredal	Bjarne Høstmark	Bjarne Høstmark
00	06.11.2017	Utsendt	Tonje M. Tredal	Bjarne Høstmark	Bjarne Høstmark

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Oppsummering	6
3	Om prosjektet.....	7
4	Bygningsfysisk rådgivning	7
4.1	Premissrapport	7
4.2	Kvalitetssikring av detaljtegninger	7
4.3	Ansvarsforhold.....	8
5	Byggeforskrift, normer, anbefalinger og prosjektforutsetninger	8
5.1	Energibruk.....	8
5.1.1	Energirammer	9
5.1.2	Kriterier for passivhus	10
5.2	Tetthet.....	10
5.3	Fukt.....	11
5.4	Uavhengig kontroll.....	12
6	Ute- og inneklime	13
6.1	Uteklime.....	13
6.2	Inneklime	15
6.2.1	Termisk inneklime	15
6.2.2	Fukt	15
7	Fuktsikkerhet.....	17
7.1	Fukt fra grunnen	17
7.2	Overvann	17
7.3	Nedbør	18
7.4	Fukt fra inneluft	18
7.5	Byggfukt.....	19
7.6	Våtrom og rom med vanninstallasjoner	21
8	Bygningsdeler	22
8.1	Generelt	22
8.2	Yttervegger over terreng - nybygg	22
8.2.1	Kravsnivå.....	22
8.2.2	Tetthet og fuktsikring.....	23
8.2.3	Lufting og drenering.....	25
8.2.4	Glassfasader	27
8.3	Yttervegger over terreng - idrettshall.....	29
8.3.1	Kravsnivå.....	29
8.3.2	Tetthet og fuktsikring.....	29
8.3.3	Lufting og drenering.....	30
8.4	Tak og terrasser - nybygg	31
8.4.1	Kravsnivå	31
8.4.2	Tetthet og fuktsikring, flate kompakte tak.....	31
8.4.3	Tetthet og fuktsikring, takterrasser over oppvarmet areal.....	33
8.5	Tak og terrasser - idrettshall	35
8.5.1	Kravsnivå.....	35
8.5.2	Tetthet og fuktsikring.....	36
8.6	Vinduer, dører og porter - nybygg	36
8.6.1	Kravsnivå.....	36
8.6.2	Tetthet og fuktsikring.....	37
8.6.3	Glassfasader	39
8.6.4	Solskjerming.....	39
8.7	Vinduer, dører og porter - idrettshall	40
8.7.1	Kravsnivå.....	40
8.7.2	Tetthet og fuktsikring.....	40
8.7.3	Solskjerming.....	41
8.8	Gulv på grunn og mot det fri.....	41
8.8.1	Kravsnivå.....	41
8.8.2	Tetthet og fuktsikring.....	41
8.9	Bygningsdeler mot terreng og mot uoppvarmede arealer	42
8.9.1	Nybygg	42

8.9.2	Idrettshall.....	42
8.10	Spesielle rom og konstruksjoner.....	43
8.10.1	Våtrom.....	43
8.10.2	Kjøle- og fryserom.....	43
8.10.3	Sjakter.....	43
8.10.4	Radon.....	43
8.10.5	Balkonger.....	44

1 Innledning

Denne rapporten inneholder bygningsfysiske premisser ifm. Oppføring av nytt skolebygg (nybygget), samt en stor idrettshall, på Eidsvåg Skole i Bergen. Premissene er i tillegg brukt som grunnlag for kontroll av energistandard mot krav i Teknisk forskrift og NS 3701, se Multiconsult sin rapport 617029-RIBfy-RAP-003 *Energikonsept og Energiberegninger*.

Rapporten oppsummerer de ulike krav, anbefalinger og egenskaper mht. som er aktuelle for å tilfredsstille prosjektkrav og Teknisk forskrift til Plan- og Bygningsloven.

Gjeldende forskrift for prosjektet er Teknisk forskrift av 2017 (heretter benevnt TEK17). I tillegg skal nybygget tilfredsstille kriteriene for passivhus i NS 3701.

2 Oppsummering

Kravene mht. varmemotstand og energibruk satt i denne rapporten er følgende:

Tabell 1: Oppsummering av krav til varmemotstand og tetthet for nytt skolebygg og flerbrukshall, hentet fra Multiconsult sin rapport «617029-RIBfy-RAP-003 Energikonsept og Energiberegninger».

Beskrivelse	Nytt skolebygg	Stor idrettshall
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,10	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,08	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	0,09
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	0,75	1,0
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03	0,09
Lekkasjetall [h ⁻¹]	0,6	1,0

I den videre detaljprosjekteringen og i utførelsesfasen bør det være et fokus på blant annet følgende:

- Lufttetthet: Gode og robuste løsninger og grundig detaljering av vind- og dampsperrsjikt.
- Varmeisolering: Gode og robuste løsninger, samt minimalisering av kuldebroer.
- Fuktsikring: Gode og robuste løsninger og materialer, grundig detaljering av fuktsperresjikt, samt minimalisering av byggfukt.
- Materialbruk: Gode og robuste materialer som tåler de påkjenninger de blir utsatt for, samt innehar dokumenterte varige egenskaper.

Ved å følge de angitte kravene nedfelt i denne rapporten vil både nybygget og flerbrukshallen tilfredsstille energikravene i TEK17. Nybygget vil i tillegg tilfredsstille kriteriene til passivhus i NS 3701.

3 Om prosjektet

Nye Eidsvåg Skole er planlagt med tre hovedbygninger, hvorav to er nybygg og ett er en eksisterende bygning som skal rehabiliteres. Denne rapporten omhandler de to nybyggene, der det ene bygget er planlagt som en nytt skolebygg (nybygget), mens det andre bygget blir en stor idrettshall.

Nybygget skal oppføres med massivtre som hovedbæresystem, og skal tilfredsstillende kriteriene til passivhus i NS 3701. Idrettshallen skal ha bæresystem av stål og betong, og yttervegger er planlagt som en kombinasjon av betongvegger og lette sandwichelementer. Tak på idrettshallen er planlagt som et aktivt tak som inngår i skolens uteområde.

4 Bygningsfysisk rådgivning

4.1 Premissrapport

Bygningsfysikk omfatter de prosesser som påvirker bygningen som følge av ytre og indre klimapåkjenninger, og kan sammenfattes med følgende hovedpunkter: Varme-, luft- og fukttransport, samt materialbruk.

Multiconsult sin rolle som bygningsfysisk rådgiver i prosjekter hvor man er engasjert som ansvarlig prosjekterende Bygningsfysikk (PRO) er å sørge for å dokumentere at prosjektets løsninger har tilfredsstillende bygningsfysiske ytelser, samt tilfredsstillende de gjeldende forskriftskrav som berører fagområdet, først og fremst kapittel 13 Miljø og helse og kapittel 14 Energi i TEK17. Foreliggende premissrapport ivaretar disse momentene.

4.2 Kvalitetssikring av detaljtegninger

Et bygg med gode bygningsfysiske kvaliteter vil være et resultat av at seriøse og dyktige fagarbeidere utfører arbeidet etter gjennomarbeidede og tydelige detaljtegninger.

Gjennomarbeidede og tydelige detaljer betinger en god prosess fra skisser og frem til endelige arbeidstegninger. Prosessen frem mot endelige detaljer er avhengig av et tett og godt samarbeid mellom bygningsfysiker, arkitekt og utførende. Generelt bør prosessen mellom RIBfy og ARK foregå som følger:

- RIBfy utarbeider premisser for viktige bygningsdeler, eventuelt lokalisering av utfordrende detaljer.
- ARK etablerer en tegningsliste med fremdriftsplan for produksjon av detaljer. Det skal settes av minimum én uke til TFK (tværfaglig kontroll) for RIBfy for hver bolk. I tillegg skal det settes av nødvendig tid for ARK til revisjon etter TFK før tegninger får status som endelige arbeidstegninger.

ARK-tegninger som skal kontrolleres av RIBfy gjelder alle kritiske snitt i forhold til fukt og energi. Formålet bak denne kontrollen er å kvalitetssikre at viktige detaljer ikke løses på plassen.

ARK-tegninger som oversendes til kontroll skal være komplette og entydige som arbeidsgrunnlag. Detaljer skal alltid vise alle tetteløsninger, skjøting av tettesjikt og innfesting av ulike komponenter. Materialer skal være endelige valg og detalj skal være kontrollert mot monteringsanvisninger fra produsent.

- Ved uavhengig kontroll vil KPR (Kontroll Prosjektering) ta utgangspunkt i tegningslisten for å se hvilke detaljer som ligger til grunn for ferdig bygg.

4.3 Ansvarsforhold

Prosjektet er planlagt gjennomført som en totalentreprise, men entreprenør er foreløpig ikke engasjert. Ansvarlig søker og arkitekt er Link Arkitektur AS. Multiconsult Norge AS er ansvarlig prosjekterende (PRO) Bygningsfysikk, og har ansvar for prosjektering av energieffektivitet, varmeisolering, kuldebroer, tetthet, fukt og passive radontiltak. Fastsettelse av ytelser og tekniske løsninger for lys og innemiljø er ikke inkludert i erklæringen om ansvarsrett for Bygningsfysikk og må dekkes inn av øvrige ansvarlige prosjekterende, alternativt av ansvarlig søker (SØK).

Den bygningsfysiske prosjekteringen anbefales plassert i tiltaksklasse 2.

5 Byggeforskrift, normer, anbefalinger og prosjektforutsetninger

Kravgrunnlaget for bygningsfysisk prosjektering er gitt i Plan- og bygningsloven med tilhørende Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17). I forskriftenes Kapittel 13 "Inneklima og Helse" er det gitt bestemmelser vedrørende fuktsikkerhet, mens Kapittel 14 "Energi" inneholder bestemmelser om varmeisolering og energibruk. Spesielt nevnes:

- § 13-9 Generelle krav om fukt
- § 14-2 Krav til energieffektivitet

Videre legges det til grunn at funksjonskravene gitt i Tekniske forskrifter for en stor del oppfylles ved bruk av anerkjente og preaksepterte løsninger, angitt blant annet i SINTEF Byggforsk sine Byggforskblad. Det kan imidlertid også forekomme større eller mindre avvik fra preaksepterte løsninger. Slike avvik kan være gjenstand for grundigere analyser og vurderinger for å dokumentere løsningens egnethet.

I henhold i § 14-2 i Byggesaksforskriften skal det gjennomføres uavhengig kontroll av blant annet bygningsfysikk for tiltaksklasse 2 og 3.

5.1 Energibruk

Både nybygget og idrettshallen skal tilfredsstillere energikravene i TEK17. Det er imidlertid også satt prosjektkrav om å prosjektere nybygget etter passivhusstandarden. Dette medfører at det er stilt strengere krav til det nybygget enn til idrettshallen.

Krav i TEK17 og prosjektkrav

Etter TEK17 skal et skolebygg være så energieffektivt at det tilfredsstiller krav til samlet netto energibehov (rammekrav). I tillegg gjelder minstekrav til U-verdier som uansett ikke skal overskrides.

Kravene i Tabell 2 er derfor satt slik at man tilfredsstiller energikravene i TEK17 ved beregning av energiramme, samt oppnåelse av passivhuskrav til nybygget. *Verdier er hentet fra Multiconsult sin rapport 617029-RIBfy-RAP-003 Energikonsept og Energiberegninger.*

Tabell 2: Krav til U-verdier, normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall sammenlignet med minstekrav.

Beskrivelse	Prosjektkrav nybygg	Prosjektkrav idrettshall	Minstekrav TEK17	Minstekrav NS 3701
U-verdi yttervegg: [W/m ² K]	0,10	0,18	0,22	-
U-verdi yttertak [W/m ² K]	0,08	0,13	0,18	-
U-verdi gulv [W/m ² K]:	0,08	0,09	0,18	-
U-verdi vinduer, dører og porter [W/m ² K]	0,75	1,0	1,2	0,8
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03	0,09	-	0,03
Lekkasjetall ved 50 Pa, [h ⁻¹]	0,6	1,0	1,5	0,6

U-verdiene gjelder som et gjennomsnitt for bygningsdelene. Dette betyr for eksempel at enkelte yttervegger kan ha lavere varmemotstand og høyere U-verdi, så fremt gjennomsnittet av alle yttervegger i oppvarmede soner er iht. verdier angitt i Tabell 2.

For arealer som defineres som oppvarmet areal (selv om de ikke er fullt oppvarmet) er det krav til U-verdier for bygningsdeler. Definisjon av oppvarmede arealer finnes i TEK17 og NS 3031.

Soner som ikke skal varmes opp eller kjøles inngår ikke i bygningens oppvarmede areal. Det stilles derfor heller ikke energi- og varmemotstandskrav til disse. Imidlertid må oppvarmede arealer med skillekonstruksjoner mot uoppvarmede arealer ha bygningsdeler med varmemotstand som om de var bygningsdeler mot det fri. Uavhengig av energi- og varmemotstandskrav bør uoppvarmede arealer generelt sett isoleres noe for å redusere risikoen for kondensdannelse.

5.1.1 Energirammer

Etter TEK17 er det kun mulighet til å benytte energirammemodellen for yrkesbygninger. Tabell 3 energirammekravene som gjelder for nybygg og idrettshall med hensyn på evaluering mot kravene i TEK17.

Tabell 3: Prosjektkrav til netto energibehov sammenliknet med energirammemodellen.

Beskrivelse	Prosjektkrav [kWh/m ²]	Energirammemodellen TEK17 [kWh/m ²]
Netto Energibehov Nybygg	85,3	≤ 110
Netto Energibehov Flerbrukshall	138,9	≤ 145

5.1.2 Kriterier for passivhus

Norsk Standard NS 3701:2012, gir kriterier for passivhus og lavenergibygninger som defineres som yrkesbygninger. Det stilles krav til varmetapstall, netto oppvarmingsbehov, netto kjølebehov og til effektbehov til belysning. NS 3701 Setter også minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall.

NS 3701 stiller følgende krav for nybygget:

Tabell 4: Kriterier for å tilfredsstillere passivhuskravet i NS 3701 for skolebygning.

Beskrivelse	Prosjektkrav	Krav i NS 3701
Netto årlig oppvarmingsbehov [kWh/m ²]	13,7	20
Varmetapstall [kWh/m ²]	0,40	0,4
Netto kjøling [kWh/m ²]	1,5	2,7
Gjennomsnittlig effektbehov til belysning [W/m ²]	4,5	4,5

5.2 Tetthet

I prosjektering- og byggefasen bør det være fokus på tetthet. Luftlekkasjer gjennom klimaskjermen kan stå for en betydelig andel av bygningens varmetap, men vil også påvirke komfort og luftkvalitet. En annen viktig årsak til å være påpasselig med tetthet i klimaskjermen er å unngå fuktskader.

Krav til lufttetthet er satt til hhv. 0,6 og 1,0 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell for nybygg og flerbrukshall. For å oppnå dette bør følgende anbefalinger følges der hvor de er aktuelle:

- Fokus på gode tettetdetaljer både når det gjelder den utvendig vindtettingen, og innvendig dampsperre.
- Mot tilstøtende betongkonstruksjoner eller lignende må dampsperran avsluttes med klemming og ekstra tetting i form av fugemasse, tettebånd eller tilsvarende, slik at tilfredsstillende tetthet oppnås.
- Hull i dampsperran som oppstår i byggeperioden må tettes med produkter som har dokumentert lang levetid og vedheft.
- Kontinuerlig tett vindsperre av plater med utenpåliggende vindsperreduk som klemmes med klemler.
- Alle fuger utføres med to-trinns tetting, dvs. med separat lufttetting som beskyttes mot nedbør og sollys med regnskjerm. Det må benyttes fugemasser med dokumenterte tilfredsstillende langtidsegenskaper i forhold til aktuelle fugebredder og bevegelser.
- Innsetningsfuger for vinduer tettes fortrinnsvis med elastisk fuge med bunnfylling, både inne og ute. Utvendig kan vindtettingen eventuelt være i form av systemløsninger av vindsperreprodukt tilpasset vinduet.
- Gjennomføringer i vind- og dampsjikt må minimeres. Alle gjennomføringer som bryter vind- og/eller dampsperrsjiktet må tettes spesielt, fortrinnsvis med mansjetter tilpasset den aktuelle membranen.

- Sørge for lufttetthet i etasjeskillere, slik at oppdriftseffekter begrenses og derav lavere potensiale for luftlekkasjer.
- Alle bygningsdetaljer må prosjekteres og underlegges bygningsfysisk kontroll. Dette innebærer at tegningene skal være ferdige til kontroll på arbeidstegningsnivå. Eksempelvis er overgang mellom bygningsdeler i klimaskjermen, i tillegg til gjennomføringer, viktig å planlegge spesifikt med gode detaljtegninger.
- Korrekt og nøyaktig utførelse må sikres med tilfredsstillende utførelseskontroll, både dokumentert egenkontroll ved bruk av sjekklister og en uavhengig stikkprøvekontroll.
- Bygget bør trykktestes når lufttettesjiktet er etablert. Alle vinduer, dører og tekniske installasjoner skal være montert, men uten at veggene er blitt isolert og lukket. Lokalisering og utbedring av eventuelle lekkasjepunkter vil på dette stadiet kunne utbedres på en enkel og kostnadseffektiv måte. Det spesifiseres at det skilles mellom denne anbefalte trykktestingen, og pålagt måling av lekkasjetallet som skal gjøres ved ferdig bygg.

Ved ferdigstilling av bygget må lekkasjetallet dokumenteres av entreprenør. Dette skal gjøres ved hjelp av trykktesting av bygget iht. NS-EN ISO 9972:2015. Det er her viktig å presisere at lekkasjetallet skal måles både ved 50 Pa undertrykk og 50 Pa overtrykk. Lekkasjetallet fremkommer som middelverdien av disse to målingene.

5.3 Fukt

Kravene i Teknisk forskrift er ikke-kvantifisert og det overordnede generelle kravet er (§ 13-9):

- Grunnvann, overflatevann, nedbør, bruksvann og luftfuktighet skal ikke trenge inn og gi fuktskader, mugg- og soppdannelse eller andre hygieniske problemer.

For øvrig stilles krav til:

- Fukt fra grunnen, overvann og nedbør (§ 13-10 – 13-12).
- Fukt fra inneluft, dvs. å unngå oppfukning av konstruksjonen av kondensert vanndamp fra inneluften (§ 13-13).
- Byggfukt, dvs. å unngå innbygging av fuktige materialer (§ 13-14).
- Våtrom og rom med vanninstallasjoner, dvs. sluk, fall, vanntetthet og materialbruk (§ 13-15).

Disse kravene må vies stor oppmerksomhet i den videre detaljprosjekteringen der hvor de berøres.

Nybygget vil i hovedsak ha normal luftfuktighet, lufttrykk og temperatur. Sikring mot fuktskader vil derfor være av normal kompleksitet. Imidlertid skal man være oppmerksom på spesielle rom og problemstillinger knyttet til løsninger som avviker fra tradisjonelle, gjennomprøvde og robuste løsninger.

For idrettshallen vil det kunne bli relativt høyt lufttrykk oppunder tak. Dette medfører at det må være et fokus på god tetting i overgang vegger/tak for idrettshallen i byggeprosessen, så ikke varm og fuktig inneluft lekker ut i veggene og kondenserer i elementer. I tillegg vil det i en idrettshall kunne være noe høyere luftfuktighet enn normalt ved aktivitet.

5.4 Uavhengig kontroll

Bygningsfysikk er underlagt uavhengig kontroll, nedfelt i Forskrift om byggesak (SAK 10). Det skal gjennomføres uavhengig kontroll i samsvar med SAK10 §14-6 av fuktsikring ved søknadspliktig bygging av våtrom i boliger, når dette arbeidet omfattes av Plan- og Bygningsloven §20-1 første ledd bokstav a eller b, og med lufttetthet i nye boliger. Ansvarlig kontrollerende skal kontrollere at det er gjennomført tilstrekkelig prosjektering av fuktsikring, herunder utforming av viktige løsninger, at det foreligger nødvendig produksjonsunderlag innenfor kontrollområdet, og at utførelsen er gjennomført i samsvar med produksjonsunderlaget.

I tillegg til uavhengig kontroll etter første ledd skal det også gjennomføres uavhengig kontroll i samsvar med §14-7 for blant annet Bygningsfysikk i tiltaksklasse 2 og 3. For Bygningsfysikk begrenses kontrollkravet for prosjektering til energieffektivitet og detaljprosjektering av lufttetthet og fuktsikring i yttervegger, tak og terrasser. Kontrollkravet for utførelse begrenses til byggfukt, lufttetthet og ventilasjon, og at dette er gjennomført og dokumentert som prosjektert.

Iht. kravet om uavhengig kontroll for Bygningsfysikk kreves minimum følgende detaljtegninger for alle ulike tilfeller av:

- Vertikalsnitt som viser plassering av dampsperrsjikt og vindsperrsjikt i yttervegg, tak og overganger vegg/tak.
- Oppbygging av tak og terrasser som også viser føring av membran og fall, samt avslutning mot tilstøtende bygningsdeler.

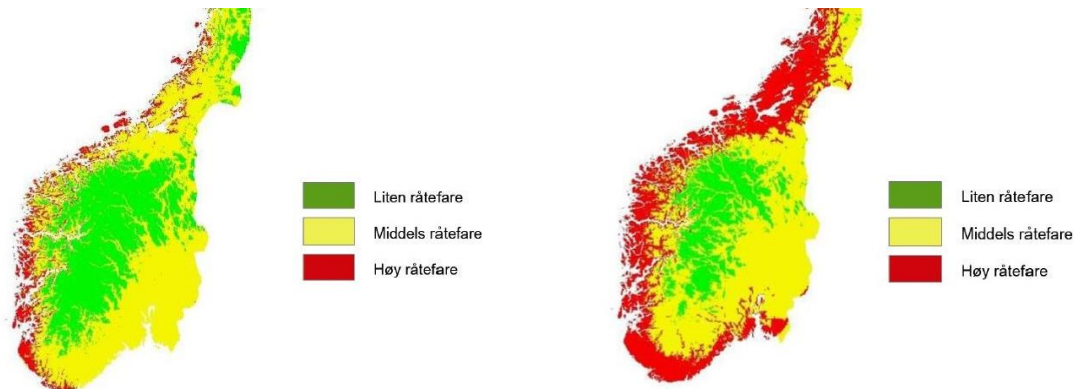
6 Ute- og inneklima

6.1 Uteklima

Eidsvåg Skole ligger i Åsane bydel i Bergen kommune med tilhørende klimadata. Dimensjonerende utetemperatur (laveste tredøgnsmiddel) er $-12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, og årsmiddeltemperatur er $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Dimensjonerende frostmengde, gitt ved F_{50} er $3000\text{ h}^{\circ}\text{C}$ og dimensjonerende frostdybde er $0,6\text{ m}$.

Bergen kommune har et mildt og fuktig kystklima med forholdsvis små temperaturendringer gjennom året. Nærmeste målestasjon ligger på Florida i Bergen. Grunnet sin plassering langs kysten har Bergen i gjennomsnitt omtrent 260 døgn med årlig registrert nedbør. Gjennomsnittlig årlig nedbørsmengde er $2\ 250\text{ mm}$. Klimaet er imidlertid i endring og klimaprognoiser for fremtidig klima de neste 30 årene viser et mildere og våtere klima enn det som gjenspeiles i eksisterende klimanormaler for perioden 1961-1990. Dette gir større risiko for fuktskader og nedbrytning av bygninger i Bergensområdet, se Figur 1 og 2 nedenfor.

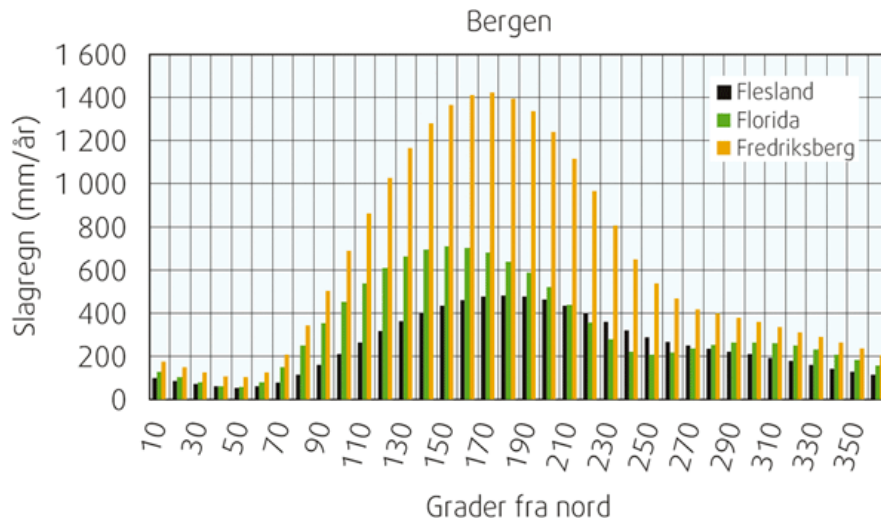


Figur 1 - Råterisiko iht. normalklima 1961-1990

Figur 2 - Fremskrevet råterisiko for perioden 2021-2050

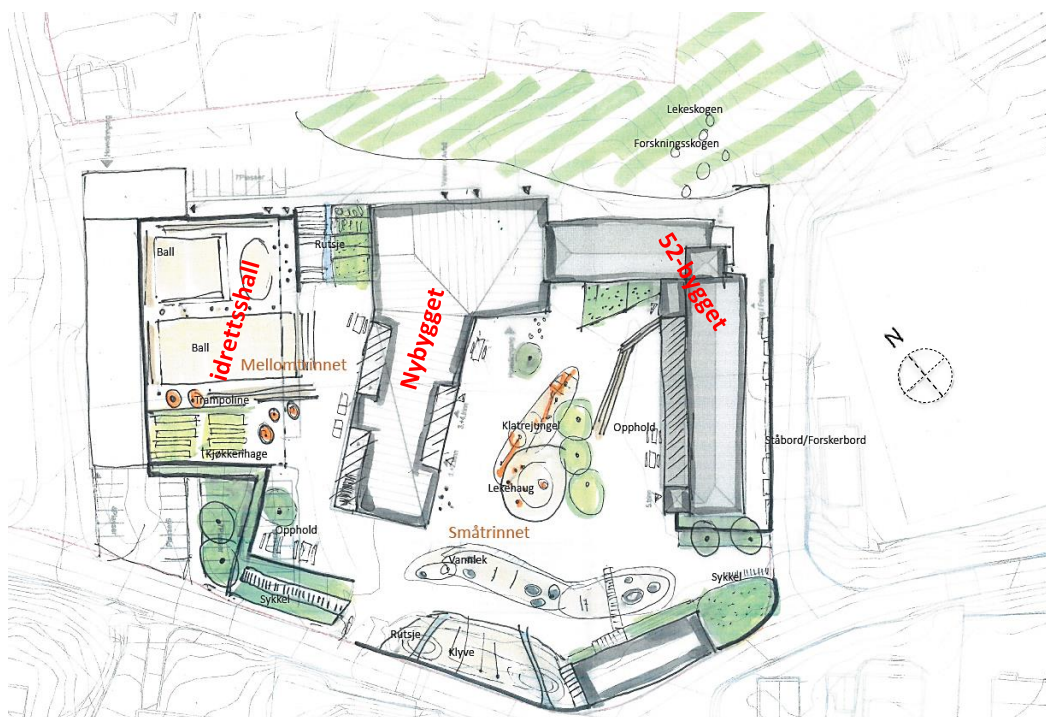
Varmere vintre på Vestlandet medfører trolig flere frysepunktpasseringer i løpet av en vintersesong. Dersom også vinternedbøren i større grad kommer som slagregn og ytterveggene blir fuktigere enn tidligere, så øker også risikoen for frostskafer i materialer som ikke er helt frostbestandige.

Figur 3 nedenfor viser slagregnmengder for alle 10-graders sektorer for tre steder i Bergen for normalperioden 1961-1990. Målestasjonen på Florida er den som er mest representativ for Eidsvåg skole og diagrammet viser at slagregn hovedsakelig opptrer på vegger i sektorene 80-340 grader, noe som tilsvarer fasader fra øst til og med nordvest.



Figur 3 - Slagregnmengder for Bergen [SINTEF Byggforsk]

Figur 4 nedenfor viser byggets plassering i terrenget. Slagregnpåkjenningen over byggets fire hovedfasader vil variere fra omtrent 100 mm/år til 700 mm/år. Slagregnmengder over 400 mm/år faller inn under klimasonen «Stor slagregnpåkjenning», noe som er typisk for Vestlandet generelt og Bergens-området spesielt. Fasader mot sørøst er mest utsatt og vil ha stor slagregnpåkjenning med omtrent 700 mm/år. Slagregnmengdene vil ventelig også øke i fremtiden.



Figur 4: Orientering av bygget (Foreløpig situasjonsplan, LARK)

6.2 Inneklima

6.2.1 Termisk inneklima

TEK17 stiller følgende krav til termisk inneklima:

- 1) *Termisk inneklima i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensyn til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.*
- 2) *I rom for varig opphold skal minst ett vindu eller en dør mot det fri kunne åpnes mot det fri og til uteluft.*
- 3) *Annet ledd gjelder ikke for rom i arbeids- og publikumsbygg der åpningsbare vinduer er uønsket ut fra bruken.*

Minste anbefalte operativ innendørstemperatur er iht. veiledning til TEK17 19° for lett arbeid, 16°C for middels arbeid og 10°C for tungt arbeid. Høyere temperaturer enn 26°C innendørs bør begrenses av passive tiltak som kan bidra til å unngå overtemperatur. Eksempel på slike tiltak er:

- Redusert vindusareal i solbelastede fasader
- Eksponert termisk masse inne
- Utvendig solskjerming.
- Åpningsbare vinduer som gir mulighet for gjennomlufting.
- Plassering av luftinntak/utforming av ventilasjonsanlegg slik at temperaturstigning i anlegget på grunn av høy utetemperatur blir minimal (< 2 °C).

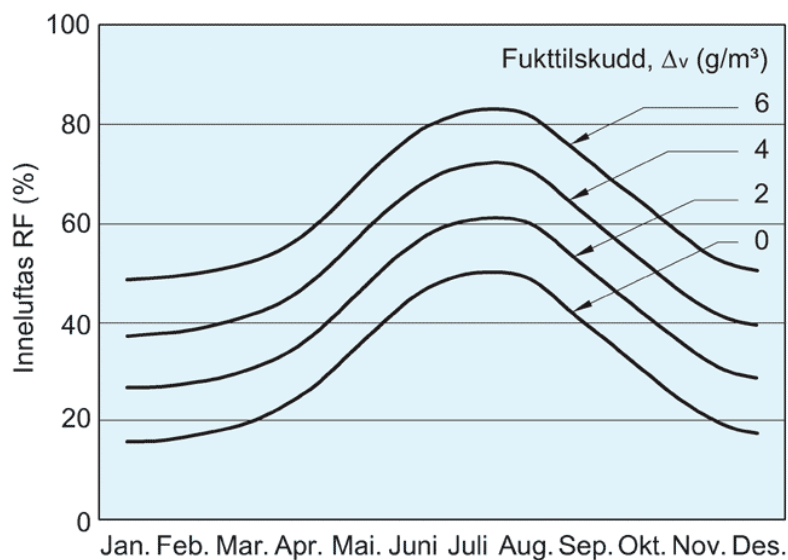
På generell basis anbefales det for alle prosjekter at det som en del av detaljprosjekteringen gjennomføres en detaljert vurdering av termisk inneklima, inkludert behov for solskjerming.

6.2.2 Fukt

For arealer med moderne ventilasjonsanlegg uten luftbefuktning og stor luftveksling er inneklimaet avhengig av fuktinnholdet i uteluften og vil ventelig variere mye gjennom året, se Figur 5. Når uteluft tas inn og varmes opp vil den relative fuktigheten synke.

Fukttilskuddet i en bygning varierer etter personbelastning og fukttilførende aktiviteter, hvilket gjør at kjøkken og sanitærom vil ha et høyere fukttilskudd enn eksempelvis kontorer. Det antas at dimensjonerende fukttilskudd fra personer og aktiviteter i en skolebygning vil være i størrelsesorden 2 g/m³, som tilsvarer fukttilskuddsklasse 2. Dette medfører at man vinterstid kan forvente relativ fuktighet på 25 %, og sommerstid vil relativ fuktighet være omtrent 60 %. Når det ikke er aktivitet i rommene vil man vinterstid kunne forvente relativ fuktighet under 20 % og sommerstid vil forventet relativ fuktighet være omtrent 50 %. For idrettsbygg og garderober vil ha dimensjonerende RF opp mot 45% vinterstid og RF opp mot 75% sommerstid. I tillegg vil flerbrukshallen ha et høyt lufttrykk, som nevnt i kapittel 5.3, mens garderober vil ha høy luftfuktighet og temperatur.

Lav fuktighet virker uttørrende på slimhinner og kan virke irriterende, og langvarige perioder med RF under 20 % bør unngås. RF over 60 % øker faren for støvmidd, og bedrer levevilkårene for bakterier og virus. I forhold til byggeskader bør man være særlig oppmerksom på økt luftfuktighet vinterstid, ettersom kondensfaren er størst på denne tiden.



Figur 5: Innendørs luftfuktighet gjennom året [SINTEF Byggforsk]

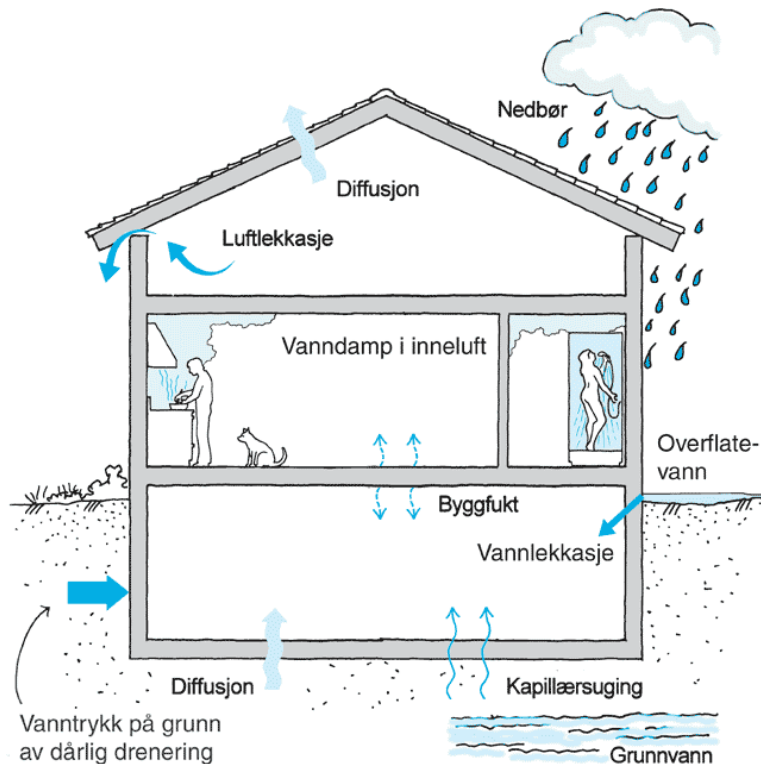
Et velfungerende ventilasjonsanlegg vil sørge for at potensialet for fukttransport ut i konstruksjonen er minimal. For å forsikre seg om minimal fuktbelastning også utenfor driftstid, anbefales det at ventilasjonsanlegget ikke skrur av, men kjører på minimums luftmengder.

Rom der høy fuktbelastning kan oppstå over kortere perioder, må bygges med materialer og konstruksjonsprinsipper som tar hensyn til dette.

7 Fuktsikkerhet

For å oppnå et bygg med godt innemiljø og lang levetid må man blant annet sørge for god sikkerhet mot fuktskader. Det er primært fire hovedpunkter som må vies ekstra oppmerksomhet:

- Begrensning av fukt tilført utenfra.
- Begrensning av fukt tilført konstruksjonene innenfra.
- Begrensning av byggfukt (fra byggematerialer).
- Etablering av konstruksjoner med god uttørkningsevne.



Figur 6: Vanlige fuktpåkjenninger og -transportformer [SINTEF Byggforsk]

7.1 Fukt fra grunnen

Rundt bygningsdeler under terreng og under gulvkonstruksjoner på bakken skal det treffes nødvendige tiltak for å lede bort sigevann og hindre at fukt trenger inn i konstruksjonene.

Begge byggene planlegges med støpt golv på grunnen. Det er da viktig at grunnen er drenert, og at det benyttes fiberduk og drensag av pukk for å hindre vann å trenge opp i materialene. Golvet skal bygges opp slik at det blir beskyttet både mot kapillært oppsugd vann og fukt transportert ved diffusjon. Utformingen av bygningsdeler mot terreng er nærmere behandlet i kapittel 8.

7.2 Overvann

Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overflatevann. Et tiltak som kan benyttes for å hindre at vann renner inn mot bygget er eksempelvis avskjæring med renner og/eller grøfter.

På generelt grunnlag skal terreng rundt bygget utformes med et fall på minst 1:50 bort fra bygget, men helst på 1:20. I tillegg er det anbefalt at massene i terrengoverflaten bør være relativt vanntette, slik at kun begrensede mengder nedbør og overflatevann renner ned i bakken inntil byggverket.

7.3 Nedbør

Eidsvåg skole er lokalisert på et sted med stor slagregns påkjenning. Det er derfor viktig å fokusere på riktig utførelse av bygningsdetaljer med tanke på fuktsikring. Dette gjelder tak, fasadekledning, vinduer, dører og andre installasjoner som penetrerer klimaskjermen.

Spesielt nevnes at vegger, tak, fuger og gjennomføringer bør utføres etter prinsippet om totrinns tetting mot regn- og vindpåkjenning. Dette innebærer at det er et drenert og ventilert luftrom bak den primære tettingen mot nedbør.

Utformingen av de ulike bygningsdelene som er utsatt for nedbør er nærmere behandlet i kapittel 8.

7.4 Fukt fra inneluft

For å redusere faren for kondens og mikrobiologisk vekst, er det viktig at relativ luftfuktighet holdes på et begrenset nivå, særlig vinterstid. Det er derfor viktig med et velbalansert klimaanlegg, som sørger for tilstrekkelige ventilasjon av inneluften. Luftfuktighet, lufttrykk og temperatur skal holdes på et begrenset, balansert og normalt nivå.

Bygningsdeler og konstruksjoner skal prosjekteres og utføres slik at de ikke blir skadelig oppfuktet av kondensert vanndamp fra inneluften. Følgende forhåndsregler bør følges:

- Ventilasjon må etableres med luftskifte minimum iht. krav i Byggteknisk forskrift §13-3. Materialvalg i alle inner- og ytterkonstruksjoner skal prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår fare for fuktskader pga. kondensert vanndamp fra inneluft.
- Det bør ikke foretas noen form for kunstig befuktning av inneluften. Vinterstid kan kunstig befuktning øke faren for bygningskader og muggvekst. Ventilasjonen må utføres slik at det heller ikke blir for tørr luft i bygget. Dersom oppvarming skal skje via ventilasjon, må man derfor vurdere om oppvarmingen av luften kan føre til for tørr inneluft. Luftfuktigheten i rom hvor brukere skal oppholde seg over lengre tid (rom for varig opphold) bør ligge på 25-60 % RF. Erfaringsmessig vil den relative fuktigheten kunne falle under 25 % i kalde perioder, eksempelvis om vinteren.
- I rom hvor det forventes sporadisk økt fuktbelastning (våtrom, tekniske rom, kjøkken, mm.) skal materialvalg og ventilasjonsluftmengder tilpasses dette. Det skal ikke brukes organiske materialer på overflater. Tilstrekkelig luftskifte for å holde temperatur og relativ luftfuktighet på et akseptabelt nivå skal derfor etableres. Dersom det er rom hvor det forventes permanent økt fuktbelastning pga. utstyr/aktiviteter, må det være døgnkontinuerlig drift med ventilasjon for å unngå oppfuktning om natten eller lignende.
- I varmeisolerte yttervegger og tak, samt i innvendige skillkonstruksjoner mellom varme og kalde rom, må det være et lufttett sjikt og et damptett sjikt.
- Dampsperrsjiktet utføres med dampsperre på varm side av varmeisolasjonen. For vegger av massivtreelementer med utvendig isolert påføring skal dampsperran legges mellom påføringen og massivtre, mens den for bindingsverksvegger kan tillates å trekkes 50 mm inni veggen. Dampsperrsjiktet som skal benyttes må ha vanndampmotstand Z_p på minimum $50 \times 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$ eller diffusjonsekvivalent luftlagstykkelse S_d større eller lik 10 m.
- Vindsperrsjiktet på utsiden av varmeisolasjonen skal være mest mulig dampåpent og vende mot et ventilert og drenert hulrom. Vindsperrsjiktet som skal benyttes må ha vanndampmotstand Z_p på maksimalt $2,5 \times 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$ eller S_d -verdi mindre eller lik 0,5 m. For å sørge for bedre uttørkingsevne for vegger med høy isolasjonstykkelse anbefales det å benytte vindsperrer med enda lavere S_d -verdi, og da mindre eller lik 0,2 m.

- Dampsperre- og vindspærresjiktene skal utføres med lufttette skjøter.
- Eventuell innebygd fukt må kunne tørke ut mot ventilert og drenert luftespalte bak ytterkledning og tekning.
- I varmeisolerte konstruksjoner bør det monteres dampsperre straks isolasjonen er montert. Dette for å hindre oppfukning av yttervegger og tak i byggeperioden. Spesielt i den kalde årstiden er dette momentet viktig.

7.5 Byggfukt

Byggfukt er den fuktmengden som må tørkes ut for at materialene skal komme i fuktlikevekt med omgivelsene når bygningen er i normal bruk. Byggfukt finnes dels i materialene når de kommer til byggeplassen, men vil også kunne bli tilført under lagring og under byggingen. Særlig betong, trevirke og platemateriale kan inneholde mye byggfukt.

For å unngå fuktskader må man være særskilt oppmerksom på å ikke bygge forhøyede fuktmengder inn i konstruksjonen. Teknisk forskrift sier at materialer og konstruksjoner skal være så tørre ved innbygging/forsegling at det ikke oppstår problemer med mugg- og soppdannelse, nedbrytning av organiske materialer eller økt avgassing (TEK17). Man må være påpasselig med fuktinnhold i materialer under transport, lagring, og innbygging. Nødvendig tildekking og uttørking er viktig.

For å unngå skader på grunn av byggfukt bør man velge materialer, konstruksjoner og utforming som inneholder lite byggfukt, ikke tar opp fukt lett, tåler fukt godt og tørker lett. Man bør i tillegg ta følgende forhåndsregler, der hvor de er aktuelle:

- Materialer og konstruksjoner må tørkes til et fuktinnhold under den kritiske verdi for de materialer som inngår i konstruksjonene. Det er viktig at materialer som bygges inn er under øvre akseptable grense. I grove trekk kan disse grensene benyttes:
 - Trevirke < 20 vekt-% for hurtigtørkende konstruksjoner
 - Trevirke < 15 vekt-% for saktetørkende konstruksjoner
 - Belegg på betong: RF < 85-90%
 - Belegg på golv med gulvvarme: RF < 75%
- Utforme bygningsdeler med god uttørkingsevne, slik at eventuell restfukt tørker ut raskest mulig. Eksempel vil være bruk av vannavstøtende, men mest mulig dampåpen vindspærreduk.
- Unngå kompakte konstruksjoner med fuktfølsomme materialer mellom damptette sjikt.
- Benytte kapillærbrytende sjikt mellom treverk og betong/murverk.
- Prioritere god logistikk på byggeplass. Beskytte materialer mot nedbør under transport, lagring og montering. Ved mellomlagring av materialer på byggeplass må disse oppbevares tildekket, opp fra bakken og ikke utsettes for oppfukning.
- Porøse/lette materialer må flyttes inn i den temperaturen/klimasonen de skal monteres en stund før de skal monteres, slik at disse er i likevekt med omgivelsene før oppføring. Dersom porøse materialer mot formodning får fuktskader ved transport, mellomlagring eller oppføring, skal disse fjernes fra bygget. Porøse materialer som har vært oppfuktet skal ikke bygges inn på grunn av faren for mugg- og soppvekst.

- Sørge for tett bygg (tak og yttervegger) så tidlig som mulig i byggefasen. Dersom ekstra vindsperreduk benyttes bør denne monteres snarest mulig etter montering av vindsperreplate for å redusere oppfukting av sistnevnte.
- Vurdere bruk av telt/værbeskyttet byggeprosess i byggeperioden.
- Benytte byggetidsteking av tak.
- Isolasjon i form av murplate og lignende må tildekkes og beskyttes mot nedfukting inntil forblendingen/værhuden er på plass.
- Straks bygget er lukket bør fukttilførende arbeid (for eksempel puss og støpe arbeid) være avsluttet. I hovedsak bør nevnte type arbeid, slik som betongsaging og betongboring bli utført så tidlig som mulig i byggeprosessen.
- Unngå at varm og fuktig luft drives til et sted med kaldere bygningsdeler, og fører til kondens. Oppvarming bør foregå jevnt i hele bygningen, og ikke la deler være kalde. Det er også viktig å montere dampsperran rett etter at varmeisolasjonen er på plass.
- Det må settes av tilstrekkelig tid til uttørking av byggfukt i alle konstruksjoner i fremdriftsplanleggingen. Ensidig uttørking av betong tar særlig tid.
- Avfukting og uttørking av bygget før det monteres fuktsensitive material.
- Det bør lages en egen sjekklister for rekkefølge av tiltak, samt kontrollskjema for fuktmålinger underveis i prosessen.
- Materialene skal behandles i henhold til anbefalinger fra leverandør.

7.6 Våtrom og rom med vanninstallasjoner

- Våtrom skal prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår skade på konstruksjoner og materialer på grunn av vannsøl, lekkasjevann og kondens.
- Våtrom skal ha sluk og gulv med tilstrekkelig fall mot sluk for de deler av gulvet som må antas å bli utsatt for vann i brukssituasjonen. Rom med sluk skal være utformet slik at eventuelt lekkasjevann ledes til sluk.
- I våtrom skal bakenforliggende konstruksjoner som kan påvirkes negativt av fukt være beskyttet av et egnet vanntett sjikt. Gjennomføringer skal ikke svekke tettheten. Materialer skal velges slik at faren for mugg- og soppdannelse er minimal.
- I rom som ikke har sluk og vanntett gulv, skal vanninstallasjoner ha overløp eller tilsvarende sikring mot fuktskader. Gulv og vegger som kan komme til å bli utsatt for vannsøl, lekkasjevann eller kondens, skal utføres med fuktbestandige materialer.
- Rom uten sluk skal utformes slik at eventuelle lekkasjer synliggjøres.
- Vegger med innebygde sisterner eller lignende skal sikres mot fuktinntrengning fra lekkasjer fra installasjonen. Eventuelle lekkasjer skal synliggjøres og i andre rom enn våtrom skal lekkasje føre til automatisk avstengning av vannet.
- Våtromsnormen fra SINTEF Byggforsk/ Fagrådet for våtrom skal legges til grunn.
- Rørføringer og sanitærinstallasjoner i bygget skal utføres med rør i rør eller andre systemer med varsling som hindrer eventuelle lekkasjer å gi fuktskader på konstruksjonene.

8 Bygningsdeler

8.1 Generelt

Konstruksjons- og materialvalg bør baseres på anerkjente og velprøvde løsninger og utførelser for å ivareta varmesisolering, tetthet og fukt. Det vises i denne sammenheng til aktuelle publikasjoner, rapporter og byggedetaljblader fra Byggforsk.

I henhold til TEK17, kapittel 2 og 3 skal det dokumenteres at løsninger og produkter som er valgt oppfyller forskriftens krav, for eksempel med Teknisk godkjenning. Det er viktig at produkter som skal samvirke, passer sammen, for eksempel sluk og membran.

Det skal benyttes byggevarer som innehar dokumentasjon av produktegenskaper i henhold til Norsk Standard eller tilsvarende tekniske spesifikasjoner. Produktegenskaper for de ulike materialene til klimaskjermen skal fremlegges, som for eksempel varmekonduktivitet og fuktegenskaper. Videre skal FDV-dokumentasjon for materialer, produkt og anlegg utarbeides, slik at bygget kan vedlikeholdes etter egnet metode.

I den videre detaljprosjekteringen og i utførelsesfasen må det rettes et spesielt fokus på lufttetthet, fuktsikkerhet og god varmesisolering. Det bør også gjennomføres en samling med de utførende håndverkere for å informere og bevisstgjøre om betydningen av tetting, fuktsikring og isolering.

8.2 Yttervegger over terreng - nybygg

Nybygget er planlagt oppført som et massivtrebygg, og er følgelig også planlagt med massivtrevegger.

Alternativt kan det benyttes et innvendig bæresystem av massivtre og vanlige bindingsverksvegger som yttervegger.

8.2.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for yttervegger er $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. TEK17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle yttervegger i bygget.

Ved bruk av energirammemodellen i TEK17 for å dokumentere energieffektivitet er det ikke minstekrav til normalisert kuldebroverdi, mens det for evaluering mot passivhus-krav stilles krav til normalisert kuldebroverdi lik eller lavere enn $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Anbefalt løsning

Krav til U-verdi for yttervegger i bygget er satt til $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kravet kan tilfredsstilles ved bruk av 300 mm kontinuerlig utvendig isolasjon av trykkfaste isolasjonsplater av mineralull, før luftet kledning. Det antas benyttet 140 mm massivtre. Dette forutsetter isolasjon med varmekonduktivitet lik eller lavere enn $0,034 \text{ W/mK}$.

Alternativt kan yttervegger bygges opp som vanlige bindingsverksvegger med kontinuerlig utvendig isolasjon. Da kan kravet kan nås med total isolasjonstykkelse lik 400 mm, hvorav 150 mm er kontinuerlig utvendig isolasjon, samt luftet kledning. Dette forutsetter mineralullisolasjon med varmekonduktivitet lik eller lavere enn $0,032 \text{ W/mK}$.

Krav til normalisert kuldebroverdi for nybygget er satt til $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette innebærer at gjennomgående kuldebroer må unngås. For å oppnå lavest mulig normalisert kuldebroverdi bør klimaskjermen i sin helhet monteres utenpå bæresystemet. Imidlertid vil det være fordelaktig med svill plassert noe inn på dekket for å sørge for bedre byggbarhet, og tilstrekkelig tetthet over etasjeskillere. Som følge av prosjektkrav om passivhusnivå må det benyttes minimum 200 mm

kuldebrobryter i dekkeforkant. I tillegg må utkragede balkonger kontinuerlig isoleres utvendig, se kapittel 8.10.5.

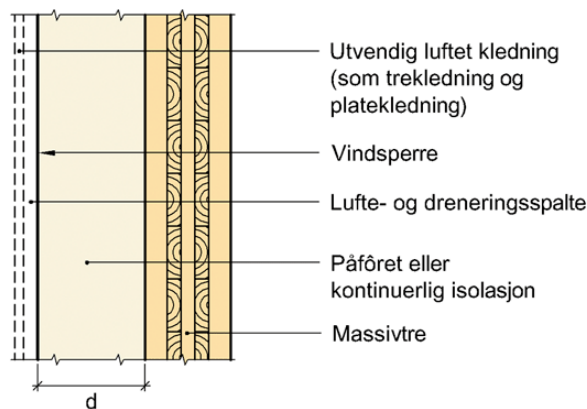
Normalisert kuldebroverdi og U-verdier for yttervegger må dokumenteres nærmere ved endelig valgt løsning.

8.2.2 Tetthet og fuktsikring

Dampsperresjikt

Løsning med massivtreelementer:

Det anbefales å isolere massivtreegger utvendig med kontinuerlig trykkfast isolasjon av mineralull eller trefiberisolasjon. Det skal legges en dampsperre på varm side av isolasjon, slik som for bindingsverksvegger. Utvendig skal det benyttes en vindsperre før utlektet, luftet kledning, se Figur 7.



Figur 7: Prinsipiell oppbygning av vegg av massivtre med påfôret eller kontinuerlig isolasjon [SINTEF Byggforsk]

I utgangspunktet er de fleste massivtreelementer relativt damptette, men undersøkelser presentert i SINTEF Byggforsk's prosjektrapport 81 viser at det kan være relativt store luftlekkasjer i skjøtene mellom massivtreelementer. Dermed er det fare for oppfukning av isolasjonen fra inneluften ved kun lokal tetting, og det anbefales å legge kontinuerlig dampsperre mellom massivtre og isolasjon. Skjøter og overganger utføres med omlegg og tapes. Isolasjonen festes til massivtreet med egnet festemiddel. I tillegg vil lekter for luftet kledning måtte festes i massivtre-elementer.

Løsning med bindingsverksvegger:

For alternativ løsning med isolerte bindingsverksvegger med kontinuerlig utvendig isolasjon skal det også legges en dampsperre på varm side. Dampsperren kan tillates å være montert 50 mm fra innvendig sjikt. Skal dampsperren monteres lenger ut i isolasjonssjiktet bør det gjennomføres en diffusjonsberegning. For å unngå kondensutredning med fuktteknisk beregning, begrenses isolasjonsandelen på varm side av dampsperren til $\frac{1}{4}$ av den totale varmemotstanden i veggen. For å sikre at overganger og skjøter blir tette, skal de klemmes i hele lengden, for eksempel mellom stender og lekt. I overganger mot tak anbefales det å benytte egne klemlekter, 48 mm tykk lekt splittet i to, som skrues til svill, eventuelt med bruk av tettemasse for å sørge for god klemming av dampsperre i hele lengden.

Generelt bør gjennomføringer i dampsperresjiktet unngås i størst mulig grad. Om det skal legges kabler/føringer i veggen bør disse legges utenpå innvendig kledning, alternativt innenfor inntrukket dampsperre. Av hensyn til tetthet og bestandighet bør det ikke benyttes dampsperre med tykkelse under 0,2 mm.

Det må sørges for god tilslutning og tetting mellom dampsperre og vindu i begge tilfeller. Denne tilslutningen tettes i hovedsak med bunnfyllingslist og elastiskfugemasse. Dette er kritiske punkt, ettersom vinduskarmene i stor grad vil ha lavere temperatur enn andre bygningsdeler, og slik være ekstra utsatt for kondens.

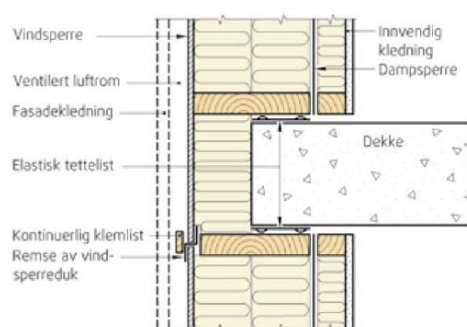
Lufttetting

Vindsperre og dampsperre i kombinasjon sørger for tilstrekkelig lufttetting og fuksikkerhet på tvers av klimaskallet. Det bør tilstrebes at disse legges mest mulig kontinuerlig, og med god tetting i skjøter og overganger.

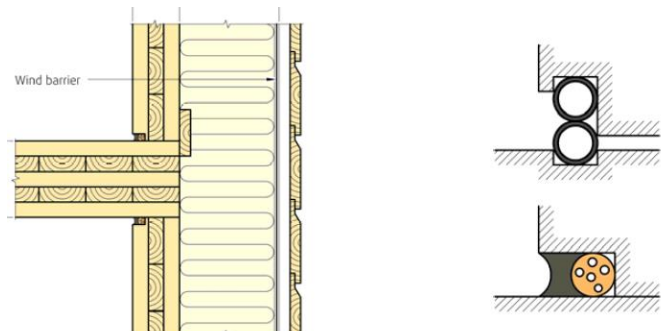
For god sikring mot fukskader og luftlekkasjer anbefales det at vindsperran består av egnede vindsperreplater med ekstra vindsperreduk på utsiden. Denne duken må være særlig diffusjonsåpen, og bestå av for eksempel plastfiber av polyetylen eller polypropylen. I en høyisolert konstruksjon er det ekstra viktig at vindsperran har en lav dampmotstand. Total S_d -verdi for vindsperreresjiktet bør derfor ikke overstige 0,2 m.

Den ekstra vindsperran vil i hovedsak gi god tetting, og være en fordel i områder med stor slagregnbelastning. Den gir økt sikkerhet over horisontale plateskjøter, og i overgang mot beslag. Vindduken kan da føres utenpå beslaget og sørge for god avrenning fra veggen. Den kan også benyttes som utvendig vindtetting av fuger, og kunne fungere som byggetidstetting. Alternativt kan ekstra vindsperre sløyfes, men det fordrer at alle skjøter og overganger fuges/tapes.

Over og under dekker er det viktig med lufttett utførelse, slik at man ikke risikerer luftlekkasje ut i veggen i overgang mellom vegg og dekke. Dette gjelder i hovedsak for bindingsverksvegger, men man kan med fordel også legge inn en ekstra tetting for massivtrevegger, se Figur 9. Ved kontinuerlig utvendig isolasjon vil man ikke feste og klemme vindsperran til bunnsvill og toppsvill i overgang mot dekke, som vist i Figur 8. Prinsippene for tetting mellom dekke og vegg utføres som i Figur 8, enten ved tettelist eller elastisk fugemasse og bunnfyllingslist i mellom svill og dekke. Tettelister fordrer at sviller og stendere får god klem mot dekket, og kan benyttes så lenge ujevnheter i dekket ikke er større enn at de greier å ta opp disse. Tetting med elastisk fugemasse og bunnfylling kan ta opp større ujevnheter, og er det sikreste alternativet for å redusere flanketransmisjon av lyd.

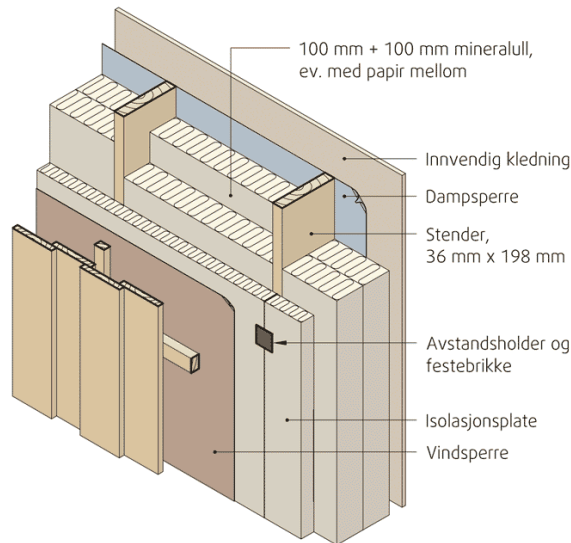


Figur 8: Eksempel på lufttetting i overgang mot dekke, med vindsperre festet til svill og fugetetning med elastisk tettelist [SINTEF Byggforsk]



Figur 9: Eksempler på lokal tetting mot luftlekkasjer mellom gulv- og veggelementer med pakninger og fugemasse [SINTEF Byggforsk Prosjektrapport 81]

Vindsperre og spikerslag festes via egne kombinerte festebricker og avstandsholdere som er tilpasset systemet som benyttes. Alle plateskjøter og kantavslutninger skal klemmes kontinuerlig med trelekter eller lister. Lektene for utvendig kledning skal festes med skruer som går gjennom festebrickene og avstandsholderne og inn i treverket.



Figur 10: Yttervegg med isolasjonsplater til montering på utsiden av bindingsverksvegg [SINTEF Byggforsk]

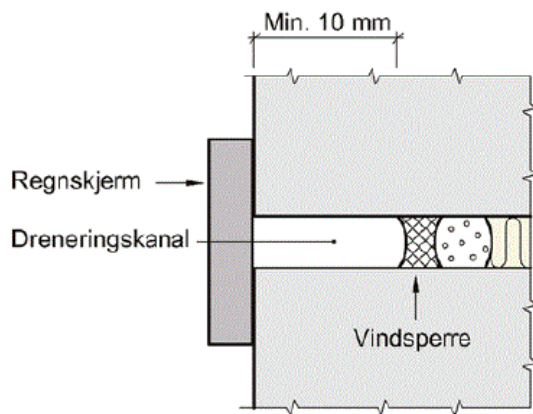
Mellom trevirke og betong, må det benyttes kapillærbrytende sjikt av grunnmurspapp, eller tilsvarende. Mot murkroner bør det benyttes svillemembran som i tillegg til å hindre svill i å trekke fukt fra betongen, sikrer lufttett overgang med vindspærre.

8.2.3 Lufting og drenering

Generelt

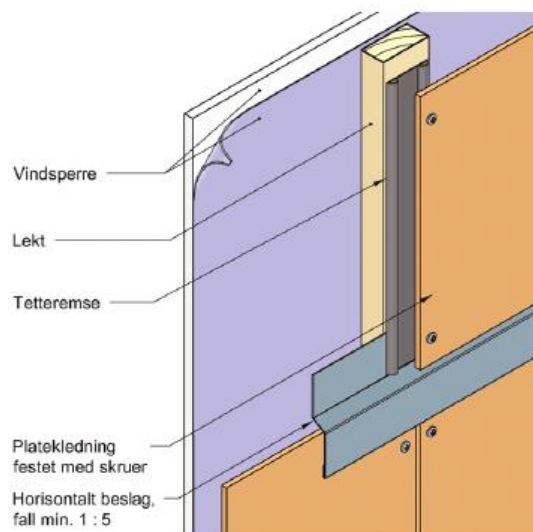
Alle yttervegger bygges i henhold til prinsippet om to-trinns tetting, det vil si separat vindtetting og regnskjerm, med et drenert hulrom i mellom. Etasjehøye eller høyere fasader må ha åpninger i luftespalten i både topp og bunn, samt også over og under vinduer/dører eller lignende. Nedbør kan trenge inn bak kledningen, og det må derfor være drene mulighet over vinduer og andre åpninger, over underliggende inntrukket vegg osv. Luft- og dreneringsspalten må derfor skille regnskjermen fra vindspærren, slik at slagregn ikke kan suges kapillært eller renne inn i veggen bak. I tillegg må spalten dreneres og lede ut vann som trenger gjennom regnskjermen og slik gi mulighet for opptørking baksiden av regnskjermen etter regnskyll. Spalten vil bidra til å jevne ut lufttrykket mellom uteluft og luften i luftespalten, slik at vann på regnskjermen ikke blir presset inn gjennom fuger i regnskjermen. Den vil også være viktig i forhold til å gi mulighet for tørke ut eventuell fuktighet fra indre deler av veggen.

Alle fuger må også utføres etter prinsippet for 2-trinns tetting, dvs. separat regn- og lufttetting. I praksis betyr dette at fuger, for eksempel innsettingsfuge for vinduer, lufttettes utvendig med elastisk fugemasse som fuges mot bunnfyllingslist og tettes mot nedbør med dekklist ev. vindusomramning, se Figur 11.



Figur 11: Prinsipp for utforming av vertikale fuger i massive vegger [Sintef Byggforsk]

Fuger i platekledninger bør utformes med regnskjerm i form av et beslag som tetter mot inndrev av nedbør og som leder vann ut av de vertikale kanalene. Beslaget må ikke blokkere lufting og drenering bak kledningen. Beslag som går helt inntil bakveggen må ha lufte- og dreneringshull. Punkter hvor horisontale og vertikale fuger møtes er spesielt sårbare mht. lekkasjer inn i veggkonstruksjonen. Utformingen av disse fugekryssene bør generelt være slik at vannet ledes ut av vertikalfugen der hvor den møter horisontalfugen, se Figur 12 for eksempel på utforming av fugekryss, horisontale- og vertikale fuger for kledning med plane plater.



Figur 12: Eksempel på utforming av fugekryss i kledning med plane plater [SINTEF Byggforsk]

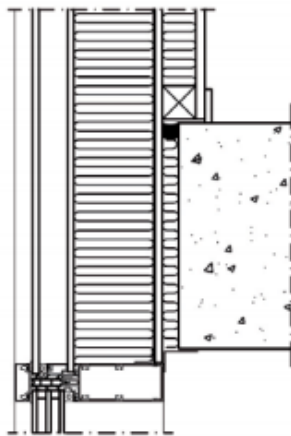
8.2.4 Glassfasader

Isolerte tettfelt i systemfasader av glass og aluminium må ha U-verdi og isolasjonstykkelse tilsvarende som for øvrige vegger. Man bør være oppmerksom på at slike felter kan få en svært høy U-verdi dersom feltene er små og profilandelen er stor.

Profilene i glassfasadene skal være utført med kuldebrobrytere mellom klemlist og bæreprofil. Disse må da være av lite varmeledende materiale, som forbinder indre og ytre metallprofil. En alternativ løsning kan være at profilene forbindes punktvis, slik at kuldebroen blir minimal. Her er det viktig at forbindelsen ikke går gjennom profilen. Gjennomføringer fra kald til varm side gjennom profiler er i hovedsak noe som bør unngås.

Det anses som positivt for begrensnig av kuldebroeffekten dersom de utvendige profilene blir utformet så små som mulig og at de innvendige profilene er store.

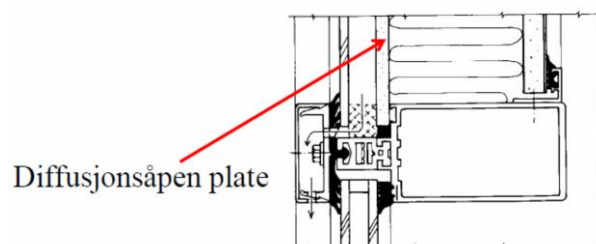
Gjennomgående, uisolerte kuldebroer bør ikke forekomme. Glassfasadens plassering i relasjon til bærende konstruksjoner må være slik at dekkeforkanter, søyler og bjelker brytes av et isolasjonssjikt med tykkelse minimum 200 mm. For å oppnå så lav kuldebroverdi som mulig bør klimaskjermen i sin helhet monteres utenpå bæresystemet, se Figur 13.



Figur 13: Eksempel på tilslutning mellom etasjeskiller og glassfasade (Veileder «Glass i fasader – Kuldebroer»)

Tetthet og fuktsikring

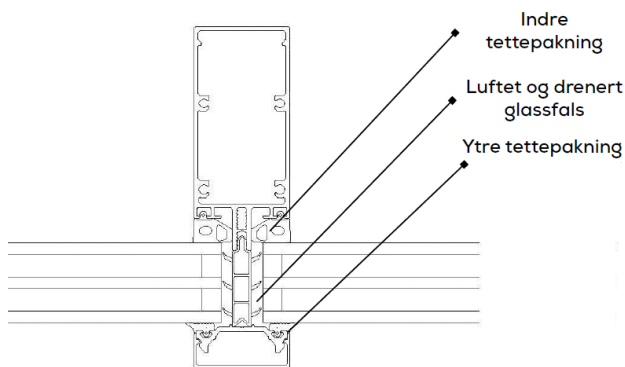
Det anbefales at alle yttervegger bygges i henhold til prinsippet om to-trinns tetting, det vil si separat vindtetting og regnskjerm, med et drenert hulrom i mellom. Det anbefales derfor at deler av glassfasaden med isolert skjørt og brystning tillater eventuell fuktighet inne i foringen å tørke ut. Glassystemet bør da utformes med diffusjonsåpen plate utenfor den isolerte foringen, se eksempel i Figur 14 Dette sjiktet skal være vindtett og hindre infiltrasjon av uteluft inn i isolasjonssjiktet.



Figur 14: Brystningselement med diffusjonsåpenplate i vertikalsnitt (Geving, 2014). Glassfasade er utført med drenert bunnglassfals.

Bunnglassfalsene må dreneres, se Figur 14. Ettersom stående vann vil påkjenne forseglinger, er det viktig at alle horisontale sprosser må være konstruert slik at vann som trenger inn i falsene dreneres raskt ut. Drenering til sidene, til vertikale sprosser er ikke å anbefale, da nedbøyninger kan føre til stående vann.

Også profiler i vinduer, dører og glassfasader i glassfasadene skal være utformet med totrinns tetteprinsipp, se eksempel i Figur 17. Det bør benyttes gummilister til denne tettingen, og systemer som bygger på silikolfugemasser bør unngås.



Figur 15: Totrinns tetteprinsipp i glassfasadeprofil (Veileder «Glass i fasader – Lufttetthet»)

Dekkprofiler skal være av en form som tillater vann og smeltende snø å renne av, slik at stående vann ikke forekommer. Is som bygger seg opp langs profiler kan føre til degradering av materialer og sammenføyninger, og det er derfor viktig at vann dreneres vekk.

Glassfasader plassert nærme dekke eller mot bakken bør stå på sokkel eller ha en langsgående renne slik at ikke vann renner helt inn til glassfasaden.

8.3 Yttervegger over terreng - idrettshall

Yttervegger i idrettshall vil være ha en kombinasjon av lettvegger og betongvegger mot terreng. Bæresystem i bygget er forutsatt å være en kombinasjon av stål og betong.

8.3.1 Kravsnivå

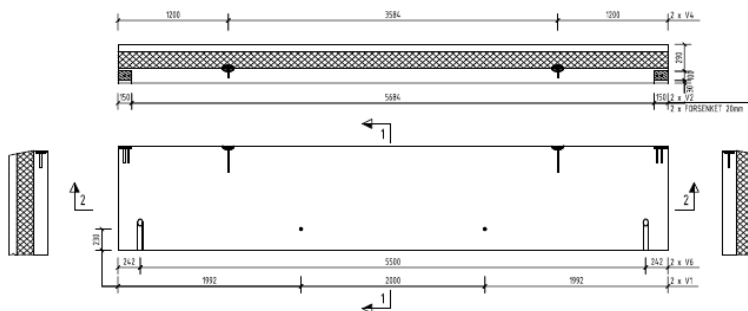
Minstekrav til U-verdi for yttervegger er $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. TEK17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle yttervegger i bygget.

Ved bruk av energirammemodellen i TEK17 for å dokumentere energieffektivitet er det ikke minstekrav til normalisert kuldebroverdi.

Anbefalt løsning

For yttervegger over terreng er krav til U-verdi satt til $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette er kravet satt til en kombinasjonen av brystningselement av betong og sandwichelementer. For vegg over brystningselement anbefales det å benytte PAROC-elementer eller tilsvarende med nominell tykkelse på 200 mm. Varmekonduktivitet for isolasjonen forutsettes å være lavere eller lik $0,035 \text{ W/mK}$.

For brystningselementer anbefales det å benytte betong med utvendig, pusset plastisolasjon. For å oppnå en U-verdi på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ benyttes 200 mm tykke betongelementer med 200 mm utenpåliggende pusset isolasjon. Dette forutsetter en minimum varmekonduktivitet for isolasjonen på $0,035 \text{ W/mK}$. Figur 16 nedenfor viser eksempel på oppbygning av brystningselement.



Figur 16: Eksempel på oppbygning av brystningselement [NOBI sine nettsider]

Krav til normalisert kuldebroverdi er satt til $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ for bæresystem av stål og betong. Forutsatt at det benyttes minimum 100 mm kuldebrobryter i dekkeforkant trenger ikke normalisert kuldebroverdi dokumenteres nærmere, og preakseptert verdi lik $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ fra NS 3031 kan brukes.

8.3.2 Tetthet og fuktsikring

Sandwichelementer er som regel bygget opp med yttersjikt av platematerialer, enten av stålplater eller plater av glassfiberarmert plast. Elementene har en kjerne av mineralull, EPS/XPS eller PUR/PIR, og er vanligvis fabrikk-produserte. Det forutsettes dermed at lufttetthet og fuktsikring er ivaretatt av produsent.

Det poengteres viktigheten av at monteringsanvisning fra produsent følges, og at produktet benyttes som forutsatt av produsent.

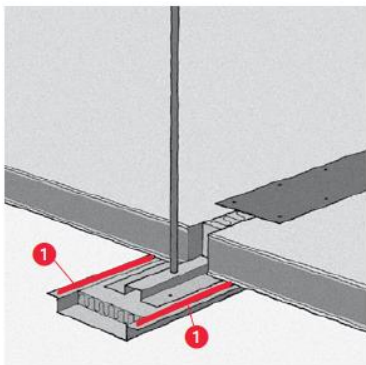
Overganger mellom paneler og inntil andre konstruksjoner må alltid utføres med to-trinns tetting.

Dampsperrsjikt

Sandwichelementer med plater av metall eller glassfiberarmert plast har svært liten uttørkingsevne innvendig. Det er viktig å være oppmerksom på muligheten for kondens og oppfukning av elementene på grunn av luftlekkasjer. Spesielt bør det tas hensyn til muligheten for oppfukning av elementene hvis det er benyttet isolasjon av mineralull eller EPS.

Generelt gjelder anbefalingene for dampmotstand på kald og varm side også for sandwichelementer, avhengig av fuktbelastningen de blir utsatt for. Produsenten må angi og dokumentere i hvilke konstruksjoner og miljøer elementene kan brukes.

Luft- og dampetting i skjøter må sikres ved bruk av fugemasse og/eller tettelister av gummi som er klemt eller klebet mot sandwichelementenes hud. I tillegg bør overganger dekkes med beslag. Eksempelvis kan det ved sammenføring av elementene benyttes steinullsremser på elementene før beslagene monteres. Tetningsmasse påføres mellom beslagene og elementene for å beholde fuktsperran, se Figur 17 under der tetningsmasse er markert. Det må påføres ekstra tetningsmasse der belag og elementfuger krysser hverandre.



Figur 17: Monteringsanvisning for sammenføring mellom fasadelementer [PAROC sine nettsider]

Lufttetting

Sandwichelementer har plater på hver side og er i seg selv lufttette. Lufttettheten til elementkonstruksjoner bestemmes derfor av utforming av skjøter og tilslutninger samt eventuelle perforeringer, gjennomføringer o.l. Man må være særlig oppmerksom på faren for luftlekkasjer i elementer med luftåpen isolasjon, som mineralull og til dels også i elementer med isolasjon av EPS. Sammenføringer mellom elementene utføres med tetningsfuge og beslag.

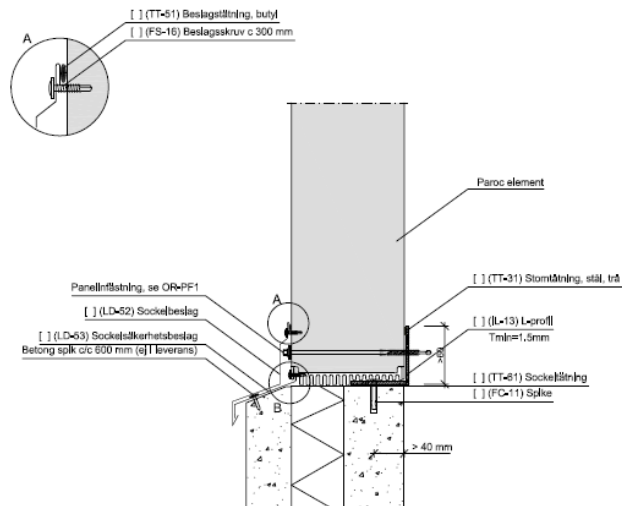
Luft- og dampetting i skjøter må sikres ved bruk av fugemasse og/eller tettelister av gummi som er klemt eller klebet mot sandwichelementenes hud.

Det forutsettes at monteringsanvisning følges, og at produktet benyttes som forutsatt av produsent.

8.3.3 Lufting og drenering

Generelt anbefales yttervegger bygget opp etter prinsippet for to-trinns tetting, det vil si separat vindtetting og regnskjerm, med et drenert hulrom mellom. Sandwichelementer er dog ikke bygget opp etter dette prinsippet. Disse utføres som kompakte elementer uten lufting. Ulike produsenter har ulike måter å sikre en bestandig konstruksjon på uten å benytte seg av prinsippet om to-trinns tetting. Det forutsettes dermed at monteringsanvisninger og beskrivelser utarbeidet av produsent følges.

For innfesting til brystningselement må det dyttes med mineralull og tettes med beslag, som vist i Figur 18 nedenfor.



Figur 18: Innfesting av veggelementer til brystningselement [Hentet fra PAROC sine nettsider]

8.4 Tak og terrasser - nybygg

Nybygget er planlagt med en takterrasse over oppvarmet areal. Tak er planlagt bygget opp som flatt, kompakt tak på bæring av massive treelementer. Takterrasse anbefales utformet som duo takkonstruksjon, mens tak er planlagt som en rettventd konstruksjon.

8.4.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for tak er $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. TEK17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle takflater på bygget.

Anbefalt løsning

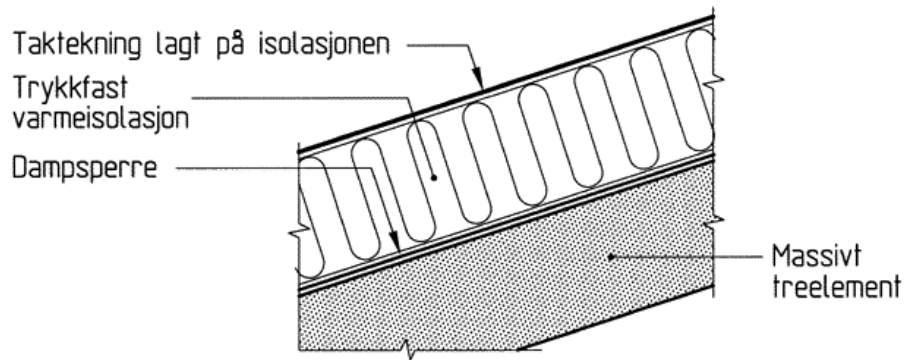
Krav til U-verdi for yttertak er satt til $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det forutsetter massivtreelementer med en tykkelse på 140 mm. Kravet kan tilfredsstilles ved bruk av 400 mm gjennomsnittlig tykkelse på oversiden av tak og terrasser mot det fri, enten i form av kompakt mineralull eller EPS/XPS. Dette forutsetter trykfast isolasjon med varmekonduktivitet lik eller lavere enn $0,034 \text{ W/mK}$.

U-verdier for yttertak må dokumenteres nærmere ved endelig valgt løsning.

8.4.2 Tetthet og fuktsikring, flate kompakte tak

Yttertak bygges som kompakt rettventd tak mens terrasser bygges som en duo takkonstruksjon, begge med innvendige taknedløp.

For kompakte tak skal i hovedsak all isolasjon legges oppå bærekonstruksjonen. Fuktsensitive materialer som trevirke skal aldri bygges inn mellom to damptette sjikt, eksempelvis mellom dampsperre og taktekning. Figur 19 nedenfor viser en prinsipiell oppbygning med massive treelementer som bærekonstruksjon og synlig innvendig overflate.



Figur 19: Kompakt tak der isolasjonen er lagt på oversiden av bærekonstruksjonen. Taket kan være flatt eller skrått, men må ha innvendig nedløp. [Sintef Byggforsk]

I henhold til TEK17 skal alle tak ha tilstrekkelig fall, slik at regn og smeltevann renner av. Flate tak skal følgelig som hovedregel prosjekteres med fall 1:40 mot sluk eller mot renner med fall til sluk. Renner og vinkelrenner bør ha fall minst 1:60. Flatene må inndeles slik at takarealet pr. sluk blir passende og isolasjonstykkelser er godt fordelt på takplanet. Fall mot sluk bygges opp ved å benytte skråskåret isolasjon. Fallplan for tak skal utarbeides.

Det må tas hensyn til nedbøyninger slik at det alltid er tilstrekkelig fall til sluk over alt, også ved full snølast. Sluket bør derfor plasseres midt i spennet, og ikke ved bærekonstruksjonenes opplegg. Alle nedløp må i tillegg sikres med fastmonterte løvrister. Slukene skal ha en lokal nedsenkning slik at stående vann og ising forhindres

Taket skal også utformes med et nødoverløp som sikkerhet for oppdemming. Nødoverløpet bør plasseres slik at driftsansvarlig raskt oppdager eventuell vannavrenning, og kan renske tette sluk.

Kompakte tak må tekkes med en solid takmembran som tåler belastningen fra aktuelle påkjenninger, som vanntrykk og isskuring. Takmembran helsettes og festes mekanisk med festeskiver og skruer. Aktuelle tekningsmaterialer er takbelegg av asfalt-, plast- eller gummimembraner med limte eller sveisede skjøter. 2-lags asfalt takbelegg med sveisede skjøter er å anbefale. Lufttetthet i overgangen mellom yttervegg og tak sikres ved å avslutte elementene ved yttervegg (takfot) slik at dampsperrersjikt i tak og vegg kan kobles sammen. Takutspring kan etableres med separate sperreutstikk.

Det må legges dampsperre mellom bærekonstruksjonen og isolasjonen. Dampsperran bør ikke utføres med løse omleggsskjøter. Skjøtene må ha 200 mm omlegg, tapes med heftvarig byggtape, og belastes/ klemmes med isolasjon. For massivtrebygg med yttervegger av massive tre-elementer som innerste sjikt bør dampsperran føres kontinuerlig fra vegg og over tak.

Tilstrekkelig sikkerhet, tetthet og beskyttelse i byggetiden må vurderes. Det anbefales derfor bruk av byggetidstekking, altså en midlertidig takmembran direkte på takdekket. Denne vil fungere som dampsperre ved ferdig bygg. Denne bør bli tilkoblet umiddelbart til endelig avanningsystem. Det er fordelaktig om byggetidstekkingen er lagt opp på parapet for å begrense vannbelastningen på fasaden. For å ta hensyn til eventuelle dilatasjonsfuger i dekket, legges en løs remse av takbelegg på minst 250 mm sentrisk over fugen. Takbelegget vil slik ikke hefte til underlaget her, men kunne ta opp bevegelsen ved naturlig forlengelse i materialet.

Når takisolasjonen legges er det viktig at denne beskyttes, slik at den ikke blir fuktig av regn. Arbeiderene må være påpasselige slik at membranen ikke skades.

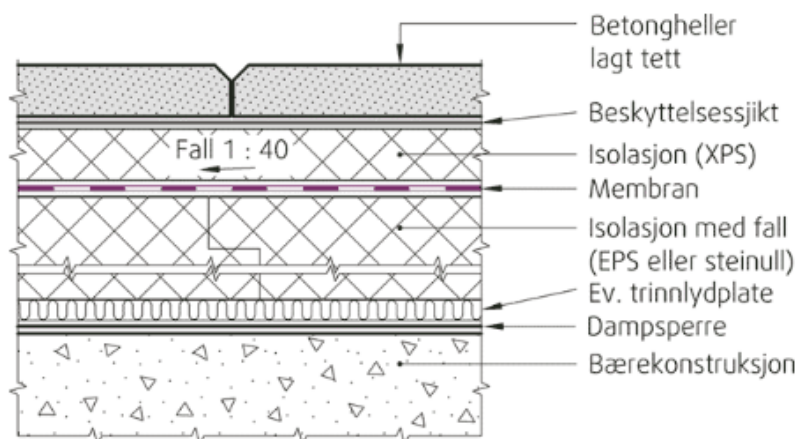
Det er vanlig å teste takmembranen med en vanntrykkstest. Denne må utføres før innendørsarbeid og lukking av vegger starter. For å kontrollere at takbelegget er tett, settes takbelegget under vanntrykk i minst to døgn.

Videre bør følgende prinsipper for detaljprosjektering og utførelse av kompakte tak følges:

- Horisontale beslag, for eksempel på parapet/gesims bør ha fall minst 1:5 inn mot takflaten.
- Membran må trekkes minst 150 mm opp på tilstøtende vegger eller andre konstruksjoner.
- Gjennomføringer (for eksempel piper, rør, kanaler, rekkverksinnfesting) må tettes tilstrekkelig, ved bruk av mansjetter eller lignende. Gjennomføringene bør alltid ha et tverrsnitt som enkelt lar seg tekke inn, fortrinnsvis sirkulært.

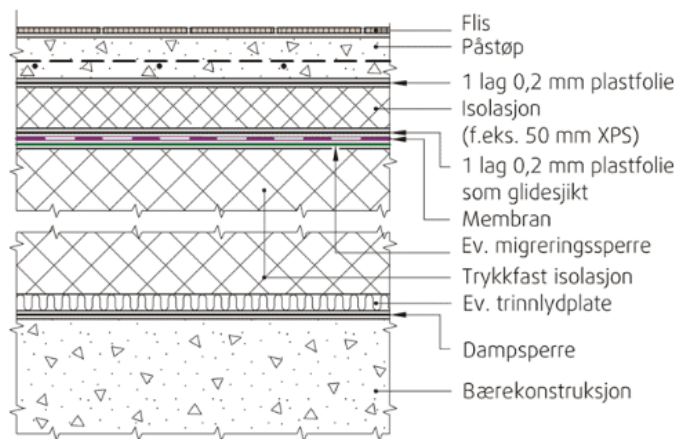
8.4.3 Tetthet og fuktsikring, takterrasser over oppvarmet areal

Det anbefales at terrassene bygges opp etter prinsipper for duo takkonstruksjoner. Membranen ligger da mellom to isolasjonssjikt, se Figur 20.



Figur 20: Duo konstruksjon: Det ligger varmeisolasjon på begge sider av membran [SINTEF Byggforsk]

På duo- og omvendte konstruksjoner benyttes slitelag av betongheller, belegningsstein i sand eller påstøp. Betonghellene legges ikke på klosser, men på beskyttelsessjikt direkte på isolasjonen. Et beskyttelses-, glide- og separasjonssjikt på isolasjonen er nødvendig for å beskytte membranen fra partikler eller fukt- og temperaturbevegelser i overbygning og slitelag. Vanligvis utføres separasjonssjiktet av ca. 50 mm isolasjon med ett lag av 0,2 mm PE-folie på hver side som vist på Figur 21. Ved isolasjonstykkelser større enn 100 mm kan beskyttelses-, glide- og separasjonssjiktet bestå av et lag ca. 300 g/m² polypropylenfilt over isolasjonen. Der slitelaget er armert påstøp, anbefales i tillegg et lag PE-folie lagt under filten slik at betong med stor flyteevne ikke trenger igjennom filten og renner ned mellom isolasjonsplatene og danner "kniver" ned mot membranen.



Figur 21: Eksempel på duo takterrasse med glidesjikt utført av polystyren og plastfolier [SINTEF Byggforsk]

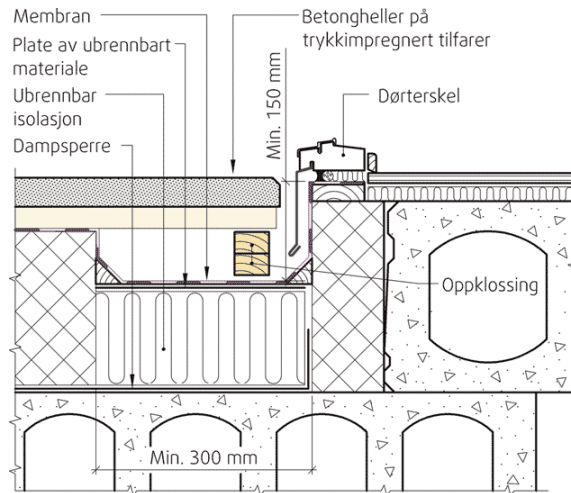
Krav til fall for takterrasser er tilsvarende som krav til fall for kompakte tak, dvs. membranen må ha fall på 1:40 mot sluk eller mot renner med fall til sluk, samt renner med fall på minst 1:60. Det anbefales å helklebe en byggetidstekning på bærekonstruksjonen, som også fungerer som dampspærre og ekstra sikkerhet når bygget settes i drift. Alternativt kan det benyttes dampspærre av 0,2 mm PE-folie med tapede skjøter.

Valg av isolasjonsmateriale må avstemmes med branntekniske krav. For duo tak er det mest vanlig å bruke ubrennbar isolasjon som mineralull eller brennbar isolasjon som EPS, alternativt en kombinasjon, under membran, mens det må benyttes isolasjon med lukket cellestruktur og lavt fuktupptak (XPS) der isolasjonen ligger over membranen. Det må være minimum 50 mm XPS over membranen. Erfaringen med å bare bruke mineralull i nedre sjikt er at den føles myk og at den blir mykere etter hvert. For å få et stabilt underlag må man bruke isolasjon med en trykkfasthet på minst 60 kN/m² ved 10 % deformasjon.

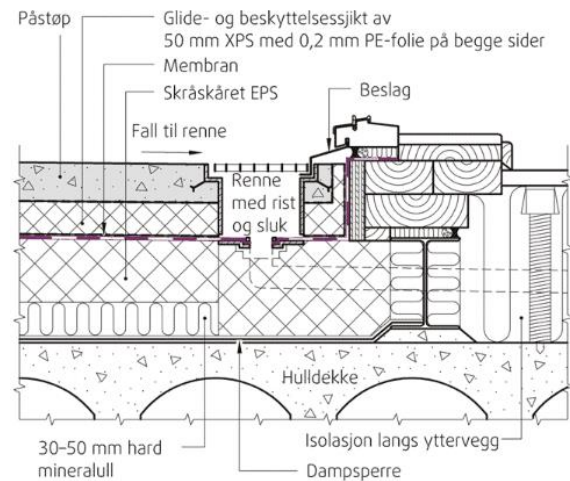
Materialer til membran kan være asfaltbelegg eller takfolie. Membranen skal legges med sveiste skjøter, og fastholdes mot vindlast med mekanisk innfesting eller vekten av slitelaget. Når membranen er lagt ferdig må den umiddelbart beskyttes mot skader. Asfaltbelegg legges som ett- eller tolags tekning på samme måte som på flate tak. Anbefaler at det legges to lag dersom asfaltbelegg skal benyttes. Takfolie legges alltid som ettlagsløsning. Dersom det benyttes membran av PVC-folie på plastisolasjon må det legges en migreringssperre av ca. 100 g/m² glassfilt imellom for å hindre myknervandring.

Mht. avslutning av membran mot tilstøtende konstruksjoner skal denne føres så høyt opp på tilstøtende konstruksjoner og gjennomføringer at den har vanntett utførelse i en høyde på minst 150 mm regnet fra overflaten av slitelaget. Membranen må avsluttes slik at vann ikke kan trenge inn bak membranoppbretten. Ved bruk av åpent slitelag, som eksempelvis betongheller på klosser, kan oppkanten på 150 mm måles fra overflaten av membranen. Ved tilslutning til vegger skal membranen føres opp bak veggens vindspærre.

Takterrasser som er helt uten overbygg må ha en membranoppkant på minst 150 mm også mot dørterskel. Nivåforskjell mellom terskel og terrassegulv bør unngås, med hensyn til universell utforming. Figur 22 viser eksempel med nedsenket renne og nedsenket dekke, men prinsippet kan også benyttes for konstruksjoner uten nedsenket dekke. Rennen må være tilknyttet sluk, eller lede vannet videre ut på tak, som så fører til sluk. Det er også mulig å benytte brefabrikkerte renner med rist og sluk, se Figur 23. Løsningen medfører redusert isolasjonsmengde i renne, men det er like fullt ønskelig med minst 100 mm med isolasjon.



Figur 22: Eksempel på utførelse foran terrassedør på terrasse med nedsenket renne [SINTEF Byggforsk]

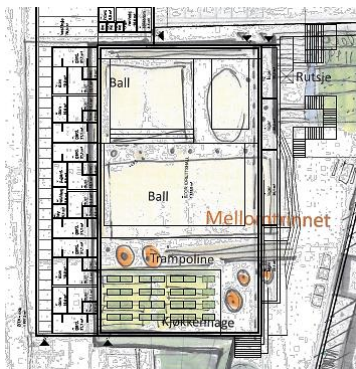


Figur 23: Utførelse foran terrassedør for duokonstruksjon med slitelag av betong, eventuelt med flis, og renne med rist foran dørterskel.

Terrasser over oppvarmede areal skal ha innvendig nedløp. Nedløpet føres gjennom oppvarmede rom eller beskyttes mot frost på annen måte. Sluk bør plasseres der hvor snøen først smelter, som regel innerst ved veggen og ha vannlås lagt i varm sone.

8.5 Tak og terrasser - idrettshall

Tak på idrettshall er planlagt som et flatt kompakt tak på bæring av hulldekker, og vil fungere som en takterrasse. Da taket skal brukes som en del av skolens uteområde må membran beskyttes mot skader. Det anbefales dermed å bygge opp taket som et duo tak med membranen mellom to isolasjonssjikt.



Figur 24: Planlagt bruk av taket på idrettshallen [LARK]

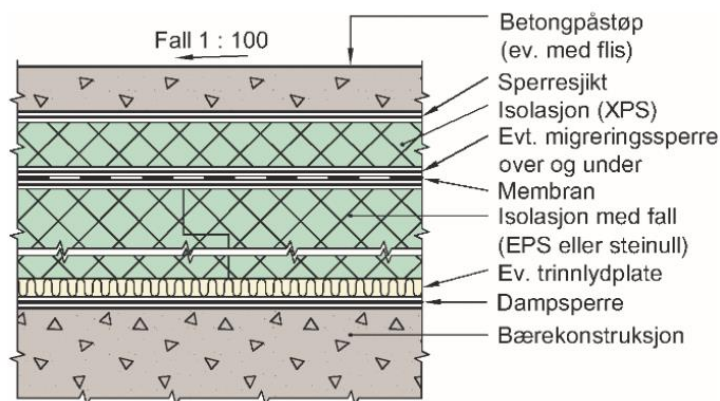
8.5.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for tak er $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. TEK17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle takflater på bygget.

Anbefalt løsning

Krav til U-verdi for yttertak er satt til $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Taket bygges som et duotak, der det legges en dampspærre direkte på bærekonstruksjonen, og membran legges mellom to isolasjonssjikt, før separasjonssjikt/beskyttelsessjikt og slitelag, se Figur 25. Ved å forutsette bæring av hulldekker med en tykkelse på 200 mm, kan prosjektkrav til U-verdi tilfredstilles ved bruk av 250 mm gjennomsnittlig isolasjonstykkelse over bærekonstruksjonen. Dette forutsetter isolasjon med

varmekonduktivitet lik eller lavere enn 0,035 W/mK. Som slitelag anbefales 50-100 mm plasstøpt betong.



Figur 25: Duo takterrasse med isolasjon både over og under membranen

U-verdier for yttertak må dokumenteres nærmere ved endelig valgt løsning.

8.5.2 Tetthet og fuktsikring

Kapittel 8.4.2 beskriver fallforhold og andre viktige momenter i forbindelse med flate, kompakte tak, og 8.4.3 beskriver viktige momenter i forbindelse med takterrasser over oppvarmede rom. Det gjøres oppmerksom på at det er enkelte forskjeller mellom rettvendte tak og duotak. Nedenfor er det listet opp punkter man må være oppmerksom på for duotak beregnet for moderat trafikk:

- I takkonstruksjoner der varmeisolasjonen plasseres over membranen, må man bruke isolasjon med lukkede celler og lavt luftopptak, for eksempel skumglass eller ekstrudert polystyren (XPS). Under membranen kan det benyttes EPS, som vist i Figur 25.
- Det må benyttes minimum 50 mm isolasjon over membranen.
- For duo takkonstruksjoner der isolasjonstykkelse er større enn 100 mm over membranen kan beskyttelses-, glide- og separasjonssjiktet bestå av et lag ca. 300 g/m² polypropylenfilt over isolasjonen. Der slitelaget er armert påstøp, anbefales i tillegg et lag PE-folie lagt under filten slik at betong med stor flyteevne ikke trenger igjennom filten og renner ned mellom isolasjonsplatene og danner "kniver" ned mot membranen.

8.6 Vinduer, dører og porter - nybygg

8.6.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi vinduer og dører er 0,8 W/m²K iht. NS 3701, og 1,2 W/m²K iht. TEK17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle vinduer, glassfelt, ytterdører og porter, inklusiv karm/ramme.

Kravet gjelder total U-verdi for konstruksjonen, som en kombinasjon av U-verdi i rutens senterpunkt (U_g), U-verdi til karm/ramme (U_r) og kuldebroverdi i randsone (Ψ).

Anbefalt løsning

Prosjektkrav til U-verdi for vinduer og dører er satt til 0,75 W/m²K. U-verdi-fordelingen mellom bygningsdelene må arealvektes, slik at gjennomsnittsverdien tilfredsstillers minstekravet i NS 3701. Det må tas høyde for at U-verdier for dører, porter og takvinduer er høyere enn 0,80 W/m²K. Dette betyr at vinduer og glassfelt må ha lavere U-verdi enn gjennomsnittlig verdi.

For å nå kravet bør det benyttes 3-lags glass med argonfylling, varmkant isolerende avstandslist og isolert trekarm med utenpåliggende sol og regnskjerm av aluminium.

De gassfylte energi-vinduene som kreves gir liten varmegjennomgang, og kan føre til kondensdannelse på utvendig side. Dette er kun et estetisk problem. Tidspunktet hvor strålingsutvekslingen med horisonten vil medføre utvendig kondens er i løpet av nattetimene og tidlig på morgenen.

Sikkerhetsvinduer

Det henvises til TEK17 § 12-17 og NS 3510 om vindu og glassfelt i yttervegg. Det er planlagt vinduer med brystning lavere enn 800 mm, og det vil derfor være påkrevd med sikkerhetsvinduer, se Figur 26. Det bør gjøres en egen utredning av egnede sikkerhetsruter i bygget i den videre detaljprosjekteringen.



Figur 26: Høye vinduer med lav brystning som utløser krav til personsikkerhetsglass. Utklipp fra IFC-fil ARK.

Kaldras

Fasadene er planlagt med stor andel vinduer med høyde på over 2,5 m. Faren for kaldras øker dess høyere vinduene er, og vinduer over 1,8 m er særlig utsatte. Ettersom vinduene har høye flater, bør det utføres en særskilt vurdering av behov for kaldrassikring i detaljprosjekteringsfasen. Særlig der lese- og/eller arbeidsplasser plasseres tett inntil vindu er det viktig at man gjør tiltak.

Kaldrasfaren reduseres imidlertid ved at det benyttes vinduer med lave U-verdier. Økt overflatetemperatur vil medføre lavere lufthastighet ved vinduet, og reduksjon av kald stråling fra vinduet.

8.6.2 Tetthet og fuktsikring

For innfesting av vinduer i massivtrevegger må det etableres utsparinger i elementene. Videre kan man benytte braketter for innfesting av vinduer til bærende massivtreelementer der vinduene er av en dimensjon som ikke overskrider brakettens bæreevne. For innfesting av store vinduer eller glassarealer etableres det egne kasser i veggene som vinduene settes inn i. Kassene kan være av tre, eller av andre materialer med dokumentert bæreevne og funksjon.

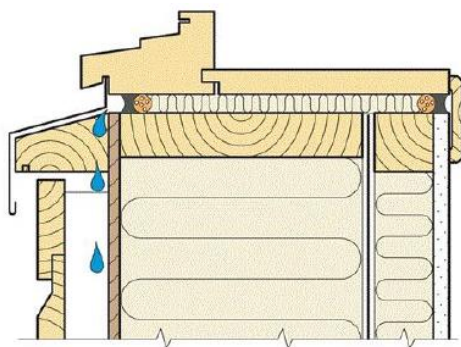
Prinsippet om to-trinns tetting med adskilt regnskjerm og lufttetting med et luftet og drenert hulrom imellom, må benyttes også for vindusinnsetting. Tetting mellom vinduer og utsparing/yttervegg bør utføres med elastisk fugemasse mot bunnfyllingslist og dyttet mineralull, se Figur 27 og Figur 28. Det poengteres viktigheten av at fuge- og lufttetting utføres nøyaktig, da eventuelle mangler vil kunne medføre råte og muggvekst i veggpartier under vinduene, se Figur 29. Innsetting med

polyuretanskum anbefales ikke. Dette fordi skummet kan sprekke opp ved temperaturbevegelser i vinduskonstruksjonen.

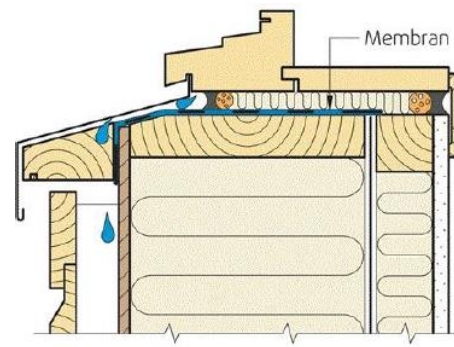
Hvordan vinduet er plassert i vegglivet er en viktig faktor ved vurdering av fuksikring og kuldebro. Det anbefales at vinduer plasseres slik at sporet i bunnkarmen for sålbenkbeslaget aldri ligger lengre ut i vegglivet enn vindtettingssjiktet. Figur 27 viser en løsning hvor sporet i bunnkarmen for sålbenkbeslaget er plassert i plan med vindspærren. Dette for å få en bedre fuksikring for overgang vindu/yttervegg.

En bedre løsning med tanke på kuldebro er å plassere vinduet lengre inn i vegglivet, som vist i Figur 28. Dette krever ekstra fuksikring under karm og sålbenkbeslag. I de tilfeller hvor denne løsningen blir valgt, er det viktig å sørge for at membranen er helklebende.

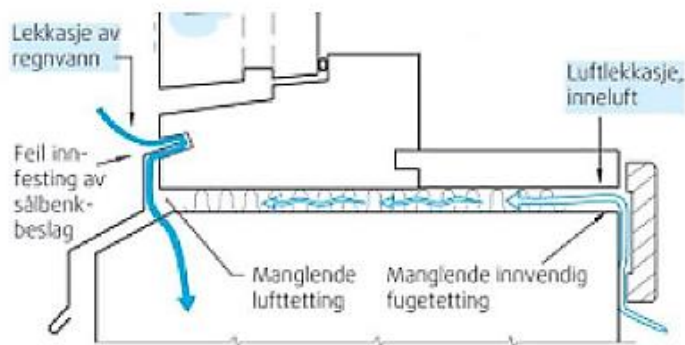
Membranen må ha oppbrett i sider på samme måte som for beslag vist i Figur 31.



Figur 27: Vindu plassert med sporet i bunnkarmen for sålbenkbeslaget i plan med vindspærre [SINTEF Byggforsk]



Figur 28: Vindu plassert et stykke inn i isolasjonssjiktet i vegg, og med ekstra fuksikring under karm og sålbenkbeslag [SINTEF Byggforsk]

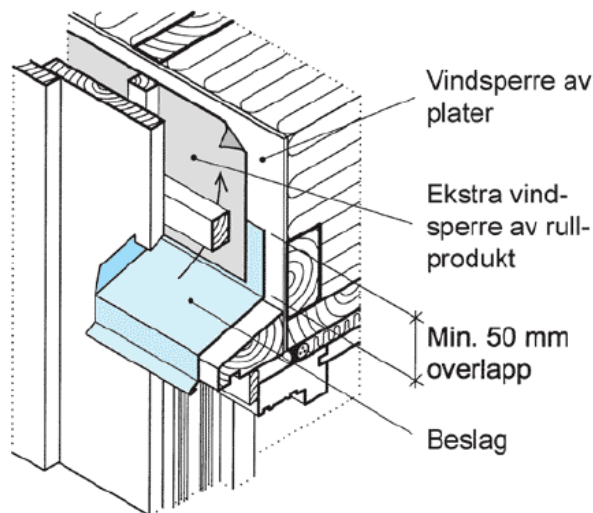


Figur 29: Vanlige oppfukningsmekanismer og skadeårsaker i vinduer og omkringliggende vegg [SINTEF byggforsk]

Det anbefales at vinduer plasseres slik det er vist på Figur 27. Dette fordi løsningen er enklest å få fuksikker, samt grunnet slagregns- og nedbørsmengdene i Bergen. Løsningen vil gi en noe større kuldebroverdi sammenlignet med løsningen hvor vinduer er plassert lengre inn i vegglivet, men dette bør ikke prioriteres høyere enn fuksikring.

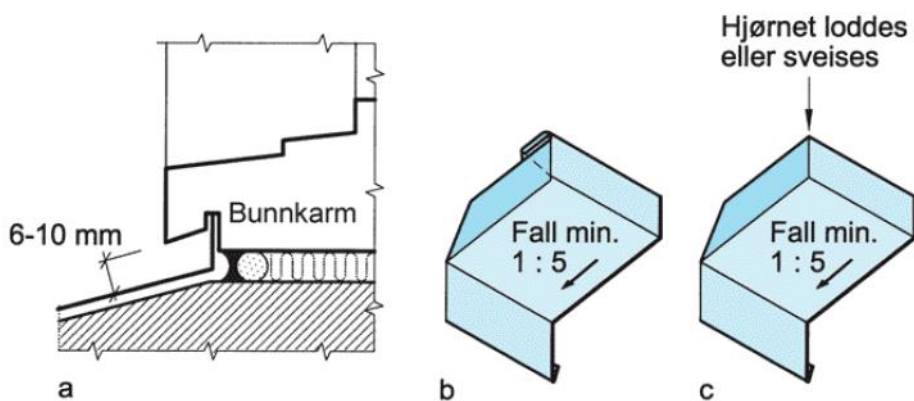
Plassering i plan med vindspærren innebærer at vinduer plasseres slik at oppbretten i bakkant av vannbrettbeslaget kommer rett på utsiden av vindspærren av plater, se Figur 30 for prinsipputføring. Oppbretten må være minst 50 mm og skal føres opp mellom vindspærren av rullprodukt (vindspærreduken) og platevindspærren (eksempelvis GU-plate). Alle sålbenkbeslag må ha

dryppkant som går minst 20 mm ut fra fasaden/underlaget, samt har en nedbrett på minst 30-40 mm.



Figur 30: Prinsipp for plassering av vannbrettbeslag i overkant vindu [SINTEF Byggforsk]

Sålbenk- og vannbrettbeslag må ha oppbrett i begge ender mot vindusmyg, og i bakkant mot vinduets bunnkarm. Oppbretten i bakkant av beslaget må presses helt opp i sporet i bunnkarmen, se Figur 31a. Hjørnene må være vanntette. Dette utføres enten som vist i Figur 31b, hvor hjørnet er brettet, eller alternativt som i Figur 31c, hvor hjørnet er sveiset/loddet. Løsningen hvor hjørnet er brettet gir helt tette hjørner og anbefales.



Figur 31: Oppbrett i ender og bakkant av sålbenk- og vannbrettbeslag [SINTEF Byggforsk]

8.6.3 Glassfasader

Nybygget er planlagt med to større glassfelt som regnes som glassfasader. Disse er omtalt under kapittel 8.2.4.

8.6.4 Solskjerming

Den beste form for solskjerming er utvendig og automatisk styrt. God solskjerming reduserer behovet for lokal kjøling og bedrer inneklimaet på vår, sommer og høst.

Det anbefales at alle vinduer i solbelastet fasade utføres med utvendig solavskjerming. Solbelastet fasade er alle fasader mellom 45° og 315° himmelretning. Eksempelvis kan det benyttes et utvendig screen-system. Systemet bør være utformet slik at screenen går i skinner som er installert på hver

side av vinduet. Dette er den mest robuste løsningen for hardt vær. I tillegg bør systemet være styrt automatisk og utvendig solflux for aktivering bør være omtrent 100 W/m^2 .

Dersom det velges å ikke benytte utvendig solavskjerming, og heller velges vinduer og glassfasader med solbeskyttelsesbelegg, så bør dette valget baseres på en nærmere detaljvurdering av det termiske innklimaet. Takvinduer bør uansett utføres med solbeskyttelsesbelegg og innvendig solskjerming.

8.7 Vinduer, dører og porter - idrettshall

For bygg med vegger av sandwichelementer monteres vanligvis vinduer, dører og porter i utskårne felter i elementene.

Enkelte produsenter leverer elementer med fabrikkmonterte vinduer, eller de leverer vinduer og dører med spesiell innfesting som standard. I sistnevnte tilfelle skal vinduer og dører monteres etter leverandørens anvisning for det aktuelle innfestingssystemet.

8.7.1 Kravsnivå

Minimumskrav til U-verdi for vinduer, dører og porter i klimaskjermen er $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle vinduer, glassfelt og ytterdører, inklusiv karm/ramme.

Kravet gjelder total U-verdi for konstruksjonen, som en kombinasjon av U-verdi i rutens senterpunkt (U_g), U-verdi til karm/ramme (U_f) og kuldebroverdi i randsone (Ψ).

Anbefalt løsning

Krav til samlet U-verdi for vinduer, dører og porter er i flerbrukshallen satt til $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

For vinduer og glassdører kan dette løses med 3-lags ruter med solbeskyttelses- og energispareglass som ytterste glass, vanlig floatglass som midterste glass, og energispareglass som innerste glass. Hulrom forutsettes fylt med argongass. Det bør benyttes karm og ramme av aluminium med kuldebroyter og varmkant.

Dører som ikke skal utføres som glassdører må være isolerte for å oppnå en U-verdi på $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

8.7.2 Tetthet og fuktsikring

Vinduer settes inn etter anvisning fra produsenten. Innsetting av vinduer i fasader utføres generelt etter standardprinsippet om to-trinns tetting med adskilt regnskjerm og lufttetting, med et luftet og drenert hulrom imellom. Mange produsenter har et ferdig system for innsetting av vinduer i elementene.

Dersom elementene kommer uten et slikt system benyttes en forsterkningsprofil mellom vinduet og veggelementet. Tetting mellom vinduer og utsparing/yttervegg bør følge produsentens anbefalinger. For konstruksjoner av sandwichelementer utføres vanligvis tetting mellom vinduer og utsparing/yttervegg med elastisk fugemasse mot bunnfyllingslist og dytting av steinull. Fugeskummet skal bare isolere fugen. Selve innfestingen må gjøres med beslag og lister.

Ellers gjelder vurderingene i kapittel 8.6.2 når det kommer til vinduers plassering i vegglivet også her.

Generelt bør produsentens anvisninger for innsetting av vinduer følges.

8.7.3 Solskjerming

Bygget har svært lite vindusareal i forhold til fasadeareal, og det antas dermed at varmetap gjennom vinduer, og forhøyet innetemperatur gjennom vindusinnståling ikke er et problem for bygget. Som solbeskyttelse anbefales derfor vinduer belagt med solbeskyttelsesbelegg fremfor en løsning med utvendig solskjerming i form av persienner eller liknende.

8.8 Gulv på grunn og mot det fri

Både idrettshall og nybygget er planlagt med gulv på grunn. For idrettshallen er hele gulvet mot grunn, mens det for nybygget er deler av gulvet som vender mot uoppvarmede tekniske rom.

8.8.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for gulv på grunn og mot det fri er $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ iht. TEK17. Dette kravet gjelder for den gjennomsnittlige U-verdien for alle gulvflater mellom skille til oppvarmet og uoppvarmet areal.

Anbefalt løsning

For nybygget settes kravet til ekvivalent U-verdi for gulv til $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$, mens for idrettshall settes kravet til ekvivalent U-verdi for gulv til $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. Gulv mot grunn utføres med betongplate og underliggende isolasjon for begge bygg. Det forutsettes 150 mm betongdekke for begge byggene. Isolasjonstykkelse og type er imidlertid forskjellig for de to byggene:

- For nybygget forutsettes det 350 mm underliggende isolasjon av EPS/XPS. Varmekonduktivitet for isolasjonen forutsettes lavere eller lik $0,034 \text{ W/mK}$. I tillegg er det forutsatt 50 mm kantisolasjon rundt gulvets ytterkant.
- For idrettshallen forutsettes 200 mm isolasjon av EPS/XPS. Varmekonduktivitet for isolasjonen forutsettes lavere eller lik $0,035 \text{ W/mK}$.

8.8.2 Tetthet og fuktsikring

Gulv må ha tilfredsstillende kapillærbrytning og fuktsperre i form av drenerende pukklag, radonmembran, dampsperre og varmeisolasjon.

Fuktsikring utføres generelt i henhold til anerkjente metoder og relevante anvisninger fra blant annet Byggforsk;

- Ringmur bør beskyttes med grunnmursplate av plast som et vannavvisende og kapillærbrytende sjikt.
- Det bør fylles tilbake med gode drenerende masser. For å sikre god drenering bør det benyttes drencrør, som plasseres minst 100 mm under overkant av fundamentet.
- Terreng må planeres med fall fra yttervegg for at tilførselen av overvann til bygningens dreneringssystem begrenses mest mulig.

Det er viktig å hindre fuktighet å trenge opp i gulvet. Det må benyttes minimum 200 mm drencrøslag av grovkornet partikkelmasse som leder fukt vekk fra bygget. For å hindre at finmasser blander seg inn i drencrøslaget benyttes det fiberduk underst.

Dersom fundamentet plasseres direkte på avrettet grunn bør betongen være av kvalitet B35 eller bedre for å motvirke kapillærsuging av vann fra grunnen.

Isolasjon plasseres oppå drencrøslaget, med diffusjonstettende lag mellom isolasjon og støpt golv. Dette laget kan være av solid plastfolie (0,2 mm PE-folie), membran eller radonmembran (bruksgruppe B).

Uansett hvilket materiale det velges for dette laget, er det viktig å unngå rifter og hull slik at konveksjon og vanngjennomtrenging unngås. Det er fordelaktig å benytte en støpeplate i form av et trykkfast og vannavisende isolasjonsmateriale oppå, for å beskytte membranen under støpearbeidet. Støpeplaten må ikke være større enn 1/3 av total isolasjonstykkelse i grunnen.

Det bør være fuger/skille mellom golv og vegg for å sikre tilstrekkelig bevegelsesmulighet for golvet. Ved støpning mot konstruksjoner vil den nystøpte betongen utvikle varme og utvide seg. Når betongen deretter blir kald vil den trekke seg sammen, men holdes da igjen av den inntilliggende konstruksjonen. Dette kan føre til oppsprekking og redusert tetthet og bestandighet.

8.9 Bygningsdeler mot terreng og mot uoppvarmede arealer

8.9.1 Nybygg

Bygningsdeler mot tekniske rom i kjeller

Nybygget har ingen oppvarmede arealer mot terreng, da tekniske (ventilasjons- og varmesentralrom) rom i underetasje regnes som uoppvarmede. Rom som grenser mot disse rommene bør behandles som om de var konstruksjoner mot det fri.

Krav til ekvivalent U-verdi for golv mot uoppvarmede rom i kjeller settes til $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. For dekker i betong med en antatt tykkelse på 200 mm kan kravet nås ved å benytte 250 mm isolasjon på kald side. Det forutsettes trykkfast isolasjon med varmekonduktivitet lavere eller lik $0,034 \text{ W/mK}$.

Krav til vegger settes til $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dersom innvendige vegger mot teknisk rom utføres i betong kan kravet nås ved å benytte 100 mm betong, og 170 mm EPS/XPS på kald side. Dersom de nevnte veggene utføres som lette stenderverksvegger kan kravet nås ved å benytte 250 mm isolert stenderverk. For begge alternativene forutsettes en varmekonduktivitet for isolasjonen lavere eller lik $0,035 \text{ W/mK}$. Stenderverksvegger må ha dampsperre på varm side.

Bygningsdeler mot terreng i teknisk rom

Golv utføres etter beskrivelsen for golv på grunn i kapittel 8.8.

Vegger mot terreng i teknisk rom bør isoleres noe utvendig for å redusere faren for kondens innvendig. Det anbefales isolert utvendig med 100 mm isolasjon av EPS eller XPS.

Under terrengnivå må overflaten på ytterveggen ha et vannavisende- og kapillærbrytende sjikt som forhindrer at vann renner inn til og suges opp av veggen. Det benyttes grunnmursplater med knaster eller riller. For å hindre vanntrykk legges et lag drenerende masser under terrengnivå. Det benyttes utvendig isolasjon av trykkfast, vannavisende og lite vannsugende isolasjon, hvilket plater av både EPS og XPS oppfyller.

8.9.2 Idrettshall

Vegg mot terreng

Idrettshall har en vegg mot terreng. Krav til ekvivalent U-verdi for denne veggen settes til $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kravet kan nås ved å benytte 200 mm betong, med 200 mm utenpåliggende isolasjon av EPS eller XPS. Det forutsettes en varmekonduktivitet for isolasjonen lavere eller lik $0,035 \text{ W/mK}$.

Som beskrevet for vegger mot terreng i teknisk rom i kapittel 8.9.1 må det under terrengnivå være et vannavisende- og kapillærbrytende sjikt på ytterveggenes overflate som forhindrer at vann renner inn til og suges opp av veggen. Det benyttes grunnmursplater med knaster eller riller. For å hindre vanntrykk legges et lag drenerende masser under terrengnivå.

8.10 Spesielle rom og konstruksjoner

8.10.1 Våtrom

Våtrom er nærmere behandlet i kapittel 7.6.

8.10.2 Kjøle- og fryserom

Det er foreløpig ikke opplyst om at bygget skal ha noen kjølerom. Eventuelle kjøle- og fryserom skal bygges som «rom-i-rommet» og fortrinnsvis ved bruk av prefabrikkerte elementer. Overganger mot oppvarmede arealer og uteklimaet, samt eventuelle gjennomføringer, må vies spesiell oppmerksomhet. Kjøle- og fryserom må utføres på en måte som gjør at energibruk for å opprettholde ønsket temperatur holdes på et akseptabelt nivå. Dette innebærer at isolasjonstykkelse i skillekonstruksjonen må tilpasses temperaturforskjellen mellom sonene. Skillekonstruksjonen skal ha dampsperrsjikt i form av plastfolie eller diffusjonstette plater på varm side.

Plassbygde konstruksjoner må detaljprosjekteres.

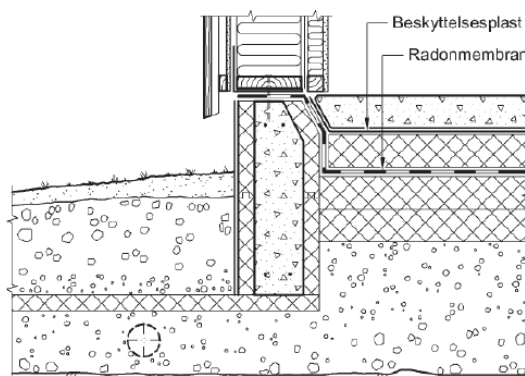
8.10.3 Sjakter

Sjakter går i begge bygg i hovedsak gjennom oppvarmede rom, og trenger dermed ikke å isoleres av varmetekniske årsaker. For nybygget er imidlertid tekniske rom i kjeller forutsatt uoppvarmede, og sjakter som går gjennom disse rommene bør dermed isoleres noe, eksempelvis med 50 mm kondensisolasjon. Dette må imidlertid vurderes nærmere i detaljprosjektet.

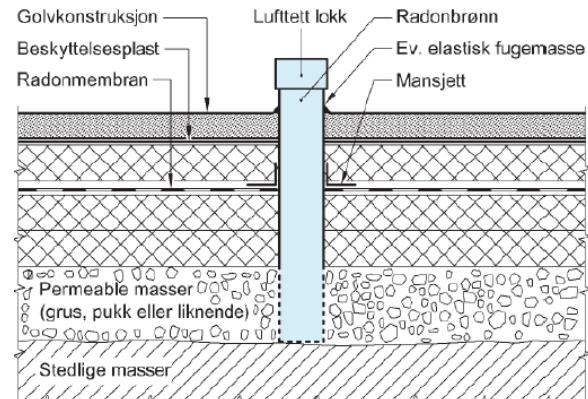
8.10.4 Radon

Rom for varig opphold mot grunn må sikres mot inntrenging av radongass. I henhold til TEK17 og anbefalingene fra Statens Strålevern skal radonkonsentrasjonen i inneluften holdes så lavt som mulig, og skal ikke overstige 200 Bq/m³. Etter § 13-5 skal bygninger beregnet for varig opphold ha radonsperre mot grunnen. Radonmembranen må være tett og godkjent for bruksgruppen ut ifra plassering i konstruksjonen.

Bruksgruppe B, der membranen legges på ferdig avrettet underlag av isolasjon, anbefales så sant det benyttes beskyttelses- og glidesjiktet over membranen. Membranen vil da være forhindret i å skades under videre arbeider, se eksempel på plassering i Figur 32. Membranen legges mellom isolasjonslag, og membranens skal da være plassert med minimum 2/3 isolasjon på undersiden av membranens. Heissjakter og vegger som videreføres ned på fjell, medfører at radonmembranen må legges mellom veggene. Radonmembranen må da klebes og klemmes mot betongveggen med klemlist av plast eller korrosjonsbestandig metall. Betongkonstruksjonen må utføres med betong av god kvalitet som tetter godt mot luft fra grunnen. Alle skjøter, overganger og gjennomføringer må tettes tilstrekkelig i form av sveising, fuging og bruk av mansjetter.



Figur 32: Eksempel på plassering av radonmembran i bruksguppe B [Sintef Byggforsk]



Figur 33: Eksempel på radonbrønn montert i golvkonstruksjon [Sintef Byggforsk]

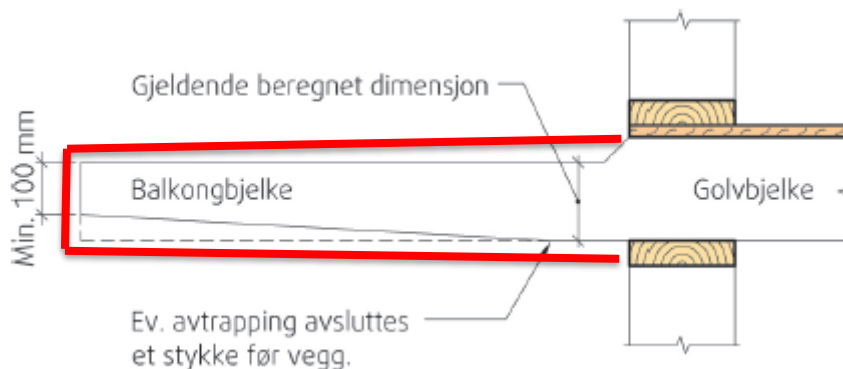
Det må tilrettelegges for egnet tiltak i byggegrunnen som kan aktiviseres når radonkonsentrasjonen i inneluften overstiger 100 Bq/m^3 , for eksempel radonbrønn eller perforerte avtrekksrør under betongplaten. Radonbrønn forutsetter masser med steinstørrelse som sørger for god luftgjennomtrengelighet under gulvet, se eksempel i Figur 33. Byggets størrelse medfører at det må anlegges flere brønner. Antall brønner og rørareal må tilpasses byggets grunnflate.

Det må avsettes rom til brønnen, slik at det er mulighet for å montere innvendig vifte. Dette avtrekket må kunne føres over tak, og ikke plasseres slik at utblåsing blir i nærheten av tilluftsintak til ventilasjonsanlegg. Brønnen må ikke plasseres nærmere enn 0,5 m avstand til yttervegg, slik at man risikerer nedkjøling av fundamenter.

Særskilt detaljering av radonsikring anbefales utført i detaljprosjektfasen.

8.10.5 Balkonger

Balkonger på bygget er planlagt å være en videreføring av etasjeskilleren i bygget. For å redusere kuldebroer vil det være hensiktsmessig at man ikke lager balkonger, men heller lager altaner. På den måten vil man ikke få gjennomgående kuldebroer, da altaner oppføres med eget separat bæresystem. Dersom man velger å etablere balkonger, så må disse pakkes inn med isolasjon for å minimere kuldebroen. Det anbefales å benytte en gjennomsnittlig isolasjonstykkelse på 100 mm både på overside, underside og i dekkeforkant. Isolasjonstykkelse må endelig avstemmes med normalisert kuldebroverdiregnskap i detaljprosjektet.



Figur 34: Eksempel på utkraget balkong. Røde linjer illustrerer hvordan balkongen må pakkes inn i isolasjon.

Balkongene utformes som en kompakt konstruksjon. Det må sikres tilstrekkelig avrenning, enten ved helning på bærekonstruksjonen, eller at isolasjon skrånkjæres. Valg av isolasjonsmateriale må avstemmes med branntekniske krav. Det må etableres et separat vanntett sjikt i form av vanntett belegg. Dette kan være av asfalttakbelegg eller takfolie. Prinsipper for tekking og slitelag på balkonger utføres ellers som for takterrasser.