

Premissnotat for byggningsfysikk – Fosen Flyfag

Trøndelag Fylkeskommune



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Trøndelag Fylkeskommune
Tittel på rapport:	Premissnotat for bygningsfysikk – Fosen Flyfag
Oppdragsnavn:	Fosen VGS Flyfag Permanente lokaler
Oppdragsnummer:	621066-15
Utarbeidet av:	Filip A. Sørensen
Oppdragsleder:	Per Eero Øyasæter
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Asplan Viak er engasjert av Trøndelag fylkeskommune for å bistå med rådgivning innenfor blant annet bygningsfysikk i forbindelse med prosjekteringen av en utvidelse av eksisterende Fosen Flyfag VGS på Botngård i Ørland kommune. Fosen VGS har adresse Alf Nebbs gate 14, gnr./bnr. 5057/20/94.

Dette notatet oppsummerer relevante forskriftskrav og prosjektspesifikke krav, samt anbefalinger og løsninger vedrørende oppbygningen av de forskjellige bygningskomponentene. Det er utarbeidet et eget notat for energiberegninger.

Prosjektet skal i hovedsak utføres med vegger og tak i massivtre (CLT), og søyler og bjelker av limtre. Tak utføres som kompakte rettvendte tak med innvendige nedløp.

01	24. jan. 2023	Nytt dokument oversendt til KS	FS	PBR
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	4
1.1. Generelt	4
1.2. Beskrivelse av prosjektet	4
1.3. Lokalklima	5
1.4. Forutsetninger for simuleringer	6
2. Relevante krav og ansvarsforhold	7
2.1. Byggteknisk forskrift	7
2.2. Andre relevante prosjektspesifikke krav	8
3. Oppbygning av bygningsdeler	9
3.1. Utvendig fuktsikring	10
3.2. Innvendig fuktsikring	11
3.3. Gulv på grunn	11
3.4. Yttervegger	13
3.5. Vinduer og dører	14
3.6. Tak	16
3.7. Kuldebroer	18
4. Våtrom	19
5. Radon	22
5.1. Radonmembran	23
5.2. Sekundærtiltak	24
6. Byggfukt og fukthåndtering	25
6.1. Generelt	25
6.2. Tak av massivtre	25
6.3. Fukthåndteringsplan	26

7. Lufttetthet

27

1. Innledning

1.1. Generelt

Asplan Viak er engasjert av Trøndelag fylkeskommune for å bistå med rådgivning innenfor blant annet bygningsfysikk i forbindelse med prosjekteringen av Fosen Flyfag som er en utvidelse av eksisterende Fosen VGS på Botngård i Ørland kommune.

Som bygningsfysikere er vår rolle å bistå prosjekteringsgruppen, og sørge for at bygget tilfredsstiller relevante krav i byggeteknisk forskrift, fortrinnsvis under kapittel 13 «Inneklima og helse» og kapittel 14 «Energi».

Bygningsfysikeren skal bidra til å utforme bygningselementer på en slik måte at bygget oppnår ønskede kvaliteter med tanke på energi, varmetransport, fuktsikkerhet, lufttetthet og radonsikring.

Dette notatet oppsummerer relevante krav, samt anbefalinger og løsninger vedrørende oppbygningen av de forskjellige bygningskomponentene i klimaskallet. Energiberegninger er omtalt i et eget notat.

Avvik fra dette dokumentet, samt alle detaljer som omhandler tettesjikt og isolasjon, skal kontrolleres og kvalitetssikres av bygningsfysiker. Løsninger som ikke er i henhold til veiledning til TEK17 eller anvisninger fra SINTEF Byggforsk, skal dokumenteres ved beregninger og beskrivelse i henhold til Norsk Standard (NS) eller tilsvarende.

1.2. Beskrivelse av prosjektet

Fosen flyfag VGS er en utvidelse av eksisterende skolebygg på Botngård i Ørland kommune. Utvidelsen består av ny hangarhall og undervisnings

Bygget skal i hovedsak utføres med tak i massivtre (CLT), og søyler og bjelker av limtre. Ytterveggene utføres som bindingsverksvegger. Påbygget over eksisterende tak skal utføres med bæresystem av stålbjelker og -søyler. Taket på påbygget over eksisterende tak utføres enten med massivtre, eller med Lett-tak system. Tak utføres som kompakte rettvendte tak med innvendige nedløp.



Figur 1.1: Perspektiv - Eksisterende bygg og ny utvidelse markert med rødt. Gult markert bygg er en driftsgarasje som skal gjenbrukes.

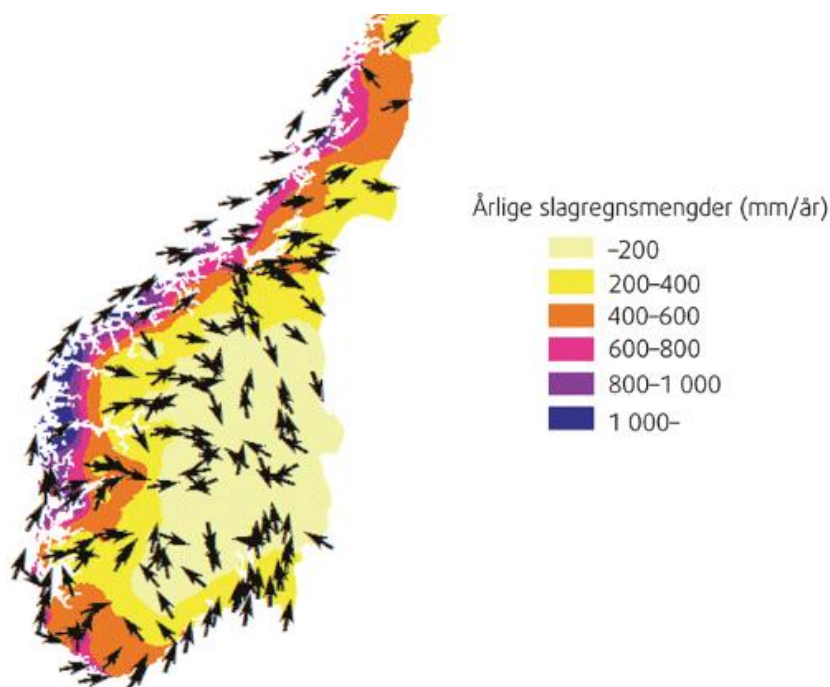
1.3. Lokalklima

Understående data for lokalklima er hentet fra Byggforskserien 451.021 og 451.031. Lokale variasjoner forekommer, spesielt for hovedvindretning og slagregn.

Tabell 1.1: Klimadata

Laveste tredøgns middeltemperatur	$\theta_{3d} = -15,3^{\circ}\text{C}$
Årsmiddeltemperatur	$\theta_m = 5,9^{\circ}\text{C}$
Årsnedbør i normalår	1 048
Slagregn i normalår	889
Hovedretning for slagregn	270° (SSV)
Frostmengde, 100 års gjentakelsesintervall	$F_{100} = 10\,000\text{h}^{\circ}\text{C}$
Frostmengde, 50 års gjentakelsesintervall	$F_{50} = 9\,000\text{h}^{\circ}\text{C}$
Frostdybde	$H_0 = 1,0\text{ m}$

Figur 1.2 viser et slagregnskart for Sør-/Midt-Norge. Fargeskalaen angir årlige slagregnsmengder, mens pilene viser den hovedretningen som gir mest slagregn.



Figur 1.2: Slagregnkart for Sør-/Midt-Norge (Byggforsk/MET 2013)

Ørland kommune har moderat slagregnsbelastning. Endret klima medfører imidlertid økt behov for god utforming av spesielt tak og fasade. Mer nedbør og høyere temperatur øker faren for biologisk vekst og råte på og i bygningskonstruksjoner. To-trinns tetting, god avstand til terreng og nøyte detaljerte overganger er essensielt for å skape robuste løsninger som tåler den økte belastningen.

1.4. Forutsetninger for simuleringer

Ingen spesielle forhold ved inneklime og bruksforhold er avdekket. Det forutsettes normale driftsforhold for et undervisningsbygg/verksted med normal fuktproduksjon og balansert ventilasjon.

For eventuelle kondenssimuleringer skal laveste tredøgns middeltemperatur ($-15,3^{\circ}\text{C}$) benyttes. For rom med normal fuktbelastning og balansert ventilasjon skal det forutsettes en innvendig RF på 40 %.

Med en innetemperatur på 20°C vil 80 % luftfuktighet opptre ved en overflatetemperatur på $9,5^{\circ}\text{C}$ og kondens skilles ut ved 6°C .

2. Relevante krav og ansvarsforhold

Tabell 2.1 viser en oppsummering av relevante forskriftskrav i TEK17 og en oversikt over hvilke paragrafer som normalt er en del av RIBfy sitt ansvarsområde i dette prosjektet.

2.1. Byggteknisk forskrift

Tabell 2.1: Grensesnittmatrise

Område (TEK17)	Kommentar	Ansvar
§ 13-4. Termisk inneklima	Vurdere behov for solavskjerming, kjøling og/eller åpningsbare vinduer.	ARK/RIV
§ 13-5. Radon	RIBfy er ansvarlig for å gi premisser om nødvendige sperresjikt for bygningsdelene. RIB er ansvarlig for å tegne radonsikring. RIV er ansvarlig for å tegne tilrettelagte tiltak i byggegrunnen, som for eksempel radonbrønner.	RIBfy/RIB/RIV
§ 13-7. Lys	Dokumentere at prosjektet har tilfredsstillende dagslys.	ARK/RIBfy/RIEn
§ 13-9. Generelle krav om fukt	RIBfy er ansvarlig for å gi premisser for løsninger til øvrige prosjekterende. ARK og RIB tegner og RIBfy gjennomgår detaljtegninger for å kontrollere at premissene er ivaretatt.	RIBfy
§ 13-10. Fukt fra grunnen	Detaljing av løsninger vedr. klimaskjermen under terreng, inkl. drenering og evt. dimensjonering av frost- og telesikring. RIB utarbeider tegninger som kontrolleres av RIBfy.	RIB/RIBfy
§ 13-11. Overvann	Utforming av terreng med tilfredsstillende fallforhold. LARK, ARK eller andre aktuelle prosjekterende tegner løsninger. RIBfy kontrollerer at premissene er ivaretatt i løsningene.	LARK
§ 13-12. Nedbør	Detaljing av løsninger vedr. klimaskjermen over terreng. RIBfy er ansvarlig for å gi premisser for løsninger til ARK. ARK tegner sikring mot nedbør og RIBfy gjennomgår detaljtegninger for å kontrollere at premissene er ivaretatt.	ARK/RIBfy
§ 13-13. Fukt fra inneluft	RIBfy er ansvarlig for å gi premisser for løsninger til ARK. ARK tegner løsninger og RIBfy gjennomgår	ARK/RIBfy

	detaljtegninger for å kontrollere at premissene er ivaretatt.	
§ 13-14. Byggfukt	Materialer og konstruksjoner skal være tørre ved innbygging/forsegling. Fuktmålinger skal dokumenteres.	ENT
§ 13-15. Våtrom og rom med vanninstallasjoner	RIBfy er ansvarlig for å gi premisser for løsninger til ARK. ARK tegner løsninger og RIBfy gjennomgår detaljtegninger for å kontrollere at premissene er ivaretatt.	ARK/RIBfy
§ 13-16. Rengjøring før bygningen tas i bruk	Overflater i rom, kanaler og lignende skal være rengjort før bygningen tas i bruk. Overflatene skal være frie for synlig støv og fett.	ENT
§ 14. Energi	Energikravene i TEK17. Se eget energinotat.	RIBfy/RIEn

2.2. Andre relevante prosjektspesifikke krav

2.2.1. Passivhus

Prosjektet skal tilfredsstillе passivhuskravene i NS 3701:2012.

2.2.2. Netto nullutslipp

Prosjektet skal oppfylle kravet til netto nullutslipp ZEB-O iht. kriteriene i FME ZEB.

2.2.3. Klimagassregnskap materialer

Klimafotaavtrykket fra bygget skal minimum være 45 % lavere enn referansebygget angitt MOP.

3. Oppbygning av bygningsdeler

I dette kapittelet presenteres løsninger og anbefalinger for isolering og oppbygning av de forskjellige bygningskomponentene. En oppsummering av U-verdier hentet fra energiberegningen er presentert i tabellen under.

Tabell 3.1: Bygningskomponentenes egenskaper, hentet fra energiberegning

Beskrivelse	Krav i MOP	Valgt verdi	Kommentar
U-verdi tak [W/m ² K]	≤ 0,09	0,09	Tilsvare 120 mm massivtredekke med 350 mm isolasjon, λ isolasjon 0,035 W/mK. Beregnet av RIBfy.
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	≤ 0,14	0,14	Samsvarer med 400 mm isolert trestendervegg. Verdi iht. BKS 471.401 tabell 42. Treandel 26 %, λ isolasjon 0,035 W/mK.
U-verdi gulv mot grunn [W/m ² K]	≤ 0,08	0,08	Verdi inkluderer bidrag fra terreng. Verdi uten bidrag fra terreng 0,12. Tilsvare betonggulv med 300 mm isolasjon, λ isolasjon 0,038 W/mK iht. BKS 471.011 tabell 42.
U-verdi gulv mot friluft [W/m ² K]	≤ 0,08	0,16	Kravet i MOP er at gulv skal ha U-verdi 0,08 eller lavere. Pga. byggbarhet er det valgt å sette gulv mot friluft til 0,16. Snitt for gulv totalt sett kommer likevel på 0,08.
U-verdi vinduer/glassfasader / takvinduer [W/m ² K]	≤ 0,75	0,75	Gjelder inkludert karm/ramme.
U-verdi ytterdører [W/m ² K]	≤ 0,85	0,85	Gjelder inkludert karm/ramme.
U-verdi port [W/m ² K]	≤ 1,20	1,20	
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	≤ 0,03	0,03	Iht. krav i passivhusstandarden. Må dokumenteres.
Lekkasjetall [h ⁻¹]	≤ 0,30	0,30	Krever fokus på tett bygg i prosjektering og utførelse, spesielt rundt porter og i overgang til eksisterende bygg.

3.1. Utvendig fuktsikring

3.1.1. Fall og drenering

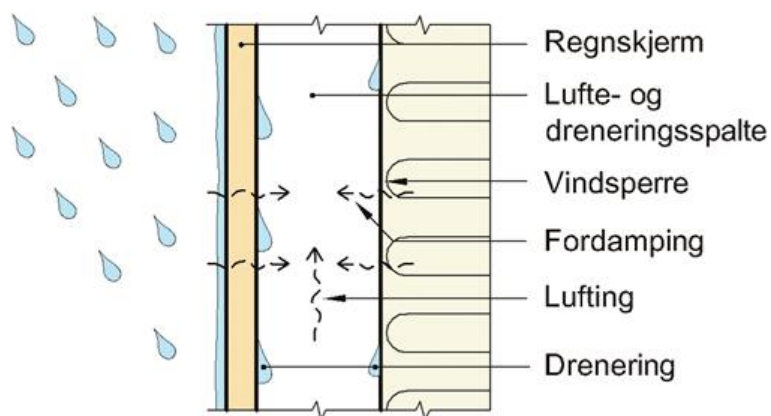
Terrenget må utformes slik at overflatevann ledes bort fra bygget. Det skal være fall ut fra vegg på 1:50 i en avstand på minst 3 m. Eventuelt skal det etableres fall langs vegg (min. 1:50) til lavereliggende terreng. Takvann fra kompakte tak skal føres ned i innvendige nedløp. Tak skal utføres med fall på 1:40.

Utvendig fuktsikring av bygningsdeler mot terreng bør utføres i henhold til Byggforsk detaljblad 514.221.

Dører og vinduer mot terreng og tak skal utføres med underliggende vanntett membran. Membranen skal ha en oppkant på 150 mm (kan reduseres ved overbygg).

3.1.2. To-trinns tetting – Regnskjerm og vindsperre

Fasader skal utføres i henhold til prinsippet om to-trinns tetting. Tetting av fasaden skjer da i to trinn; teglforbletningen fungerer som en regnskjerm og vindsperren som luft-/vindetting. Mellom tettesjiktene må det etableres en lufte- og dreneringsspalte. Dette sjiktet har flere funksjoner, blant annet skal spalten drenere vekk snø og vann som trenger inn gjennom regnskjermen, og luften ut fuktighet fra ytterveggen. Kravene gjelder fasadene inkludert alle tilslutninger. Det skal tas spesielt hensyn til overganger mellom vegg og vindu, dører, etc.



Figur 3.1: To-trinns tetting – Prinsippskisse (Byggforskserien 542.003).

For at konstruksjonen skal fungere må luftespalten utformes med kontinuerlige åpninger i bunn og topp. Vann som trenger inn, må ledes ut og over tilstøtende elementer som vinduer og dører med beslagsløsninger.

3.2. Innvendig fuktsikring

I henhold til TEK17 skal bygningsdeler prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår fuktskader på grunn av kondensert vanndamp fra inneluften. I tillegg er det i energiberegningene forutsatt et lavt lekkasjetall. For å tilfredsstille disse kravene er en avhengig av å etablere et damp- og lufttett sjikt på varm side av isolasjonen.

3.2.1. Dampsperre i yttervegger

For å unngå at varm og fuktig luft trenger inn i ytterveggen må det etableres en dampsperre på varm side. Dampsperren kan trekkes noe inn i veggen, men det er avgjørende at ikke mer enn ca. 25% av den totale isolasjonstykkelsen plasseres på innsiden av sperresjiktet. Dampsperresjiktet må ha Sd-verdi på minimum 10 m, og kan utføres med for eksempel 0,2 mm plastfolie.

Alle overganger og gjennomføringer må vies spesiell oppmerksomhet både i detaljerings- og utførelsesfasen. Overganger som krever spesielt fokus på tettesjikt er:

- Overganger mellom vegg og tak
- Dør- og vindusinnsetting
- Tekniske gjennomføringer (må utføres med mansjett)
- Tetting mot takelementer og etasjeskiller

Der dampsperren ikke trekkes forbi dekkeforkanten, er det viktig at en oppnår en damp- og lufttett overgang mot etasjeskilleren.

3.2.2. Tak i massivtre

Over massivtreelementer anbefales det å etablere en provisorisk tekking (protekking) så snart elementene er montert (protekkingen monteres kontinuerlig). Alternativt kan elementene levers ferdig med protekking som deretter sammensveises under monteringen. Eksempel på egnet produkt er SIGA Wetguard som er en diffusjonsåpen membran.

3.3. Gulv på grunn

I energiberegningene er det for gulv på grunn forutsatt en U-verdi på 0,12 W/m²K (eks. varmemotstanden i grunnen). U-verdiene kan oppnås med 300 mm trykkfast isolasjon i klasse 38.

For å sikre fri gjennomstrømning av vann må det etableres et drenerende sjikt av for eksempel 200 mm pukk under isolasjonssjiktet. Alternativt kan isolasjon og pukk erstattes med lettklinker med gradering 10-20 mm. Er grunnen bløt, bør det legges et separasjonssjikt av fiberduk mellom undergrunnen og det drenerende laget.

Gulvet skal utføres med tiltak for radonsikring. Se for øvrig kapittel 5.

Anbefalt oppbygning utenfra og inn er som følger:

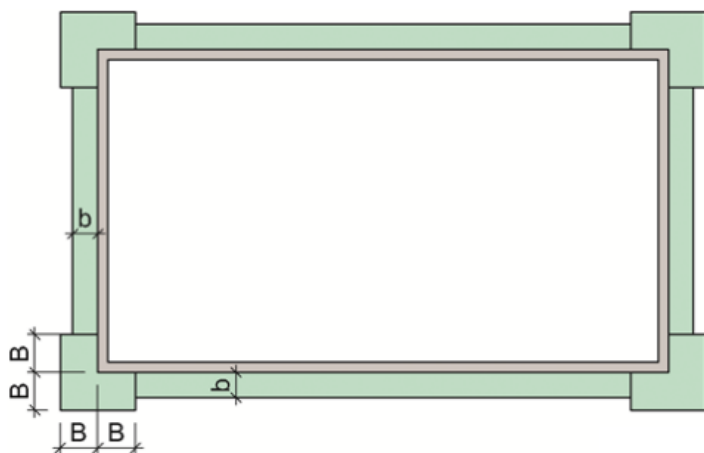
- Eventuelt en fiberduk
- Drenerende lag av pukk, $t > 200$ mm
 - Drenslag skal tilpasses radonbrønner og oppstikk som skal ligge i dette sjiktet
- 250 mm isolasjon, isolasjonsklasse 0,038 W/mK eller lavere
- Radonmembran godkjent for bruksgruppe B
- 50 mm isolasjon, isolasjonsklasse 0,038 W/mK eller lavere
- 0,2 mm PE-folie
- Støpt gulv på grunn
- Evt. Overflatebehandling av betong eller gulvbelegg (fuktinnhold i betong skal kontrolleres før overflatebehandling/belegg)

3.3.1. Markisolasjon

Rundt ringmuren skal det legges horisontal markisolasjon for å redusere varmetapet langs randsonen av gulvet.

Isolasjonstype	XPS
Lambda	$\leq 0,035$ W/mK
Tykkelse	≥ 50 mm
Bredde, b/B	500/700 mm

Det forutsettes en fundamenteringsdybde på minst 400 mm og at gulv og fundamenter plasseres over grunnvannsstand.



Figur 3.2: markisolasjon rundt yttervegger (Byggforskserien 521.112)

3.4. Yttervegger

Ytterveggene skal i hovedsak utføres som utfyllende bindingsverk, enten med ytterkledning av sementbaserte plater eller med stående trekledning. I energiberegningene er det forutsatt en U-verdi på $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dette er også et «MOP-krav» fra Trøndelag fylkeskommune. Med konvensjonelle isolasjonsmaterialer tilsier dette stor isolasjonstykkelse. I energiberegningen er det lagt til grunn 400 mm isolasjon med isolasjonsklasse 35 eller lavere.

Anbefalt oppbygning er som følger:

- Innvendig kledning
- 48x98 mm påforing isolert med mineralull, isolasjonsklasse 35 eller lavere
- Dampsperre med $S_d > 10 \text{ m}$ (0,15 mm PE-folie)
- 48x148 mm stendere isolert med mineralull, isolasjonsklasse 35 eller lavere
- Konveksjonssperre av f.eks. dampåpent papir.
- 48x148 mm stendere isolert med mineralull, isolasjonsklasse 35 eller lavere
- Vindsperresjikt, S_d maks. 0,5 m.
- Impregnerte sløyfer og lekter (min. 23 + 36 mm)
- Ytterkledning

I bunnen av luftespalten bør det monteres et musebånd, og ytterveggen/kledning bør avsluttes minst 300 mm over terreng.

3.5. Vinduer og dører

3.5.1. Egenskaper

I energiberegningene er det forutsatt gjennomsnittlig U-verdi på 0,75 W/m²K for vinduer og 0,85 W/m²K for dører. U-verdiene må dokumenteres av leverandøren og skal inkludere karm og ramme. Det forutsettes at ARK/dagslysrådgiver og eventuelt RIV stiller krav til lystransmisjon (LT-verdi) og solfaktor (g-verdi).

3.5.2. Solavskjerming

Det er i energiberegningene forutsatt utvendig solavskjerming på alle vinduer på solbelastede fasader (45-315 grader). Det er forutsatt en samlet g-verdi (glass og skjerming) på 0,10 i aktivisert stilling.

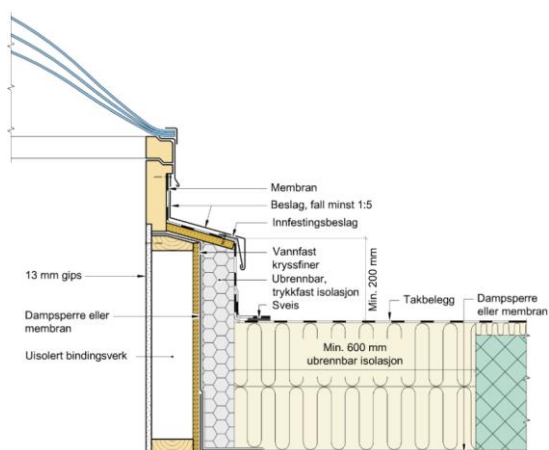
3.5.3. Utvendig kondens

For vinduer med lav U-verdi kan det i visse tilfeller dannes kondens på utsiden av vinduet. Dette oppstår gjerne på klare kalde netter med høy relativ luftfuktighet. Spesielt om våren og høsten. Da kan vinduer med fri sikt få en lavere overflatetemperatur enn utetemperaturen på grunn av stråling mot himmelen. Ved tilstrekkelig temperaturforskjell og høy luftfuktighet vil det da skilles ut kondens på utsiden av glasset. Avskjerming som takutstikk eller aktivert utvendig solavskjerming vil hindre nedkjølingen og tilhørende kondensering. Utvendig kondens medfører ingen fare for fuktskader.

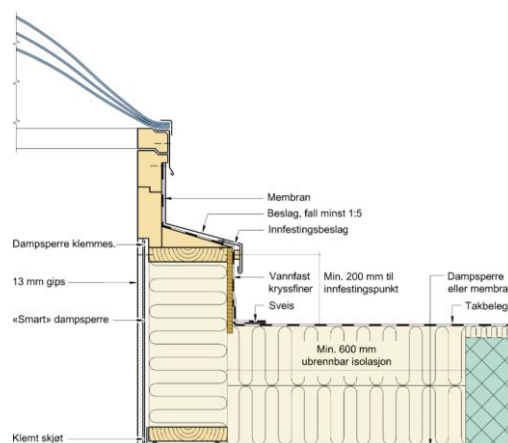
3.5.4. Overlys

Overlysene på taket anses som sårbare punkt mhp. fuktsikkerhet. Disse må tegnes ut. For å unngå innesperret treverk anbefales det å bygge opp overlyset iht. Figur 3.3. Alternativt kan sargen utføres med smart dampsperre på innvendig side som vist i Figur 3.4.

For uttegningen anbefales det at entreprenør relativt hurtig bestemmer seg for leverandør og henter inn monteringsanvisning på disse. Oppbygningen vil blant annet variere om vinduene er åpningsbare eller ikke.



Figur 3.3: Overlys plassert på bærende dekke uten innebygget treverk. (Byggforskserien 525.775)



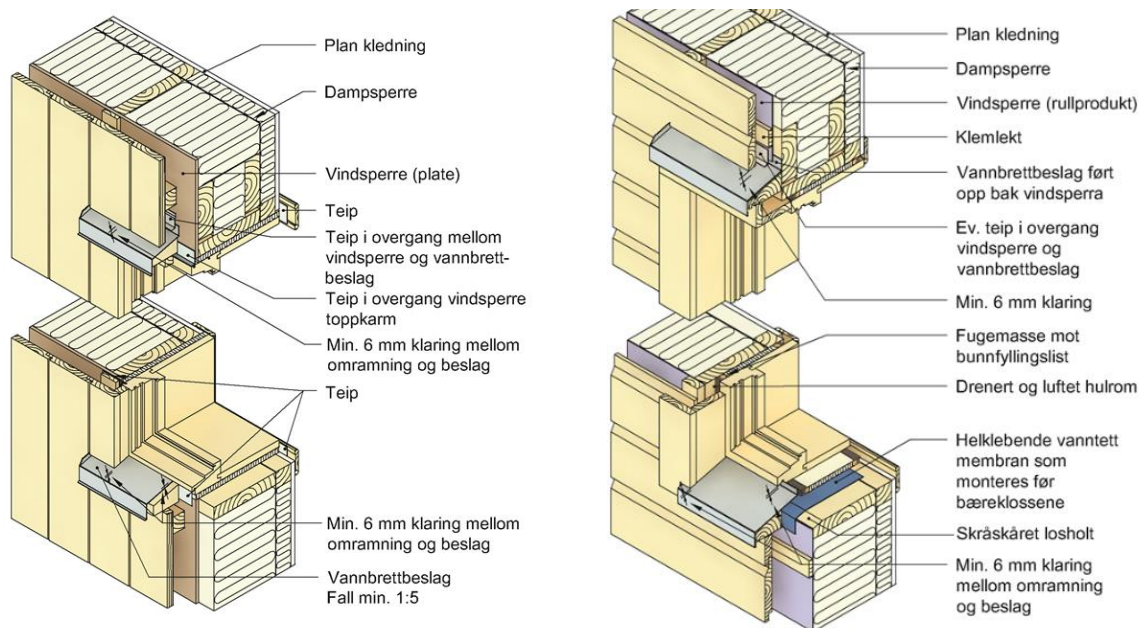
Figur 3.4: Overlys plassert på bærende dekke med innebygget treverk og smart dampsperre. (Byggforskserien 525.775)

3.5.5. Vindusinnsetting

Plassering av vindu i vegglivet vil ha mye å si for kuldebroverdi og tettedetaljer. Det er viktig at man ivaretar to-trinns tetting ved montering av vinduer og dører. Alle beslag som går inn på vindspærren skal tapes i overgang vindsperre/beslag.

Figur 3.5 viser to prinsipielle vindusinnsettinger som hovedsakelig brukes; enten i flukt med vindsperre, eller inntrukket. Vinduet må ikke plasseres utenfor vindspærresjiktet da dette medfører nødvendig høy kuldebro og lav overflatetemperatur.

Rent fuktteknisk er den beste løsningen å plassere vinduet med spor i bunnkarm i flukt med vindsperre (til venstre i figuren under). Løsning med vindu trukket noe inn i isolasjonssjiktet gir en lavere kuldebroverdi, redusert kondensering på utvendig flate, redusert soloppvarming og bedre skjerming av selve vinduet. Den inntrukne løsningen krever at det monteres en membran under vinduet for å hindre at nedbør trenger inn i vegg. Membranen legges på skråskåret losholt og trekkes min. 50 mm opp på sidene.

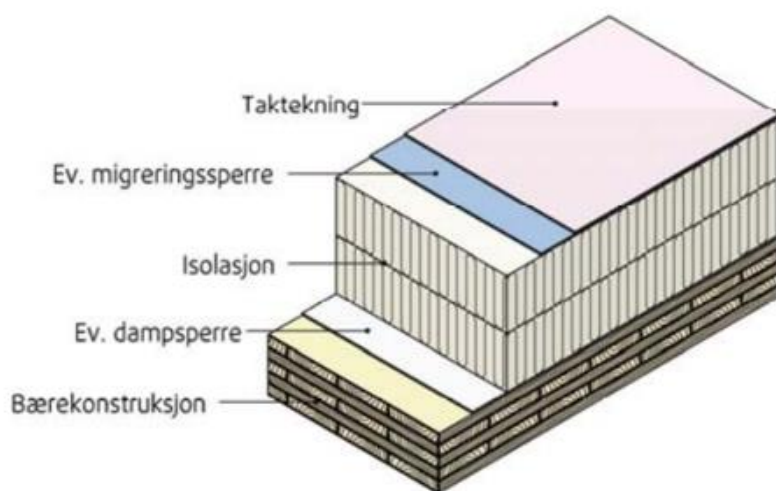


Figur 3.5: Vindusplassering i yttervegg (Byggforskserien 523.701).

3.6. Tak

3.6.1. Generelt

Utvidelsen skal i hovedsak utføres med kompakte tak med massivtre som bærende elementer. Dette krever at taket konstrueres med innvendig nedløp, og at taket har tilstrekkelig fall mot nedløp. Membranen bør ha fall på minst 1:40, og eventuelle renner minst 1:60. Sluk bør plasseres i lavpunkter og ikke i nærheten av takets opplegg. Fallet på membranen kan etableres ved å benytte skråskåret isolasjon eller ved å legge bærekonstruksjonen med fall. Prinsipiell oppbygning er vist i Figur 3.7. Se for øvrig SINTEF Byggforsk 525.207 – Kompakte tak.



Figur 3.6: Prinsipiell oppbygning av et kompakt tak med bærekonstruksjon av massivtre (SINTEF Byggforsk PR30, 2008).

Anbefalt oppbygning er som følger, fra varm til kald side:

- 120 – 140 mm massivtre
- Protekking. Enten ferdig levert på elementene eller montert. F.eks. SIGA Wetguard (dampbrems).
- 350 mm trykkfast isolasjon (gj.snitt) med isolasjonsklasse 35 eller lavere
- Evt. Migreringssperre
- Taktekning, asfaltmembran eller membran av PVC. Valg av produkt må sees i sammenheng med valg av produkt for protekking
- Fall min. 1:40 til innvendige sluk

Feltundersøkelser utført av SINTEF Byggforsk viser at uttørking av byggfukt i kompakte tak med massivtreelementer kan ta mange år, og at fuktsikring av elementene i byggeperioden er viktig for å oppnå et godt resultat. Det er derfor kritisk at fuktsikringsarbeidet planlegges nøye, og at det unngås at deler av taket står eksponert over lengre tid.

På grunn av den lave uttørkingsevnen er maksimalt fuktinnhold på 15 % før innbygging av massivtreelementene.

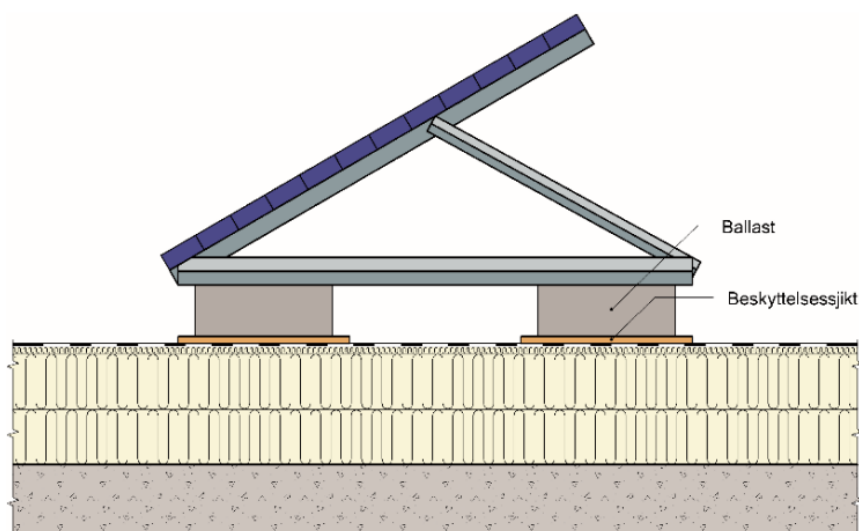
3.6.2. Parapet

Parapeten må ha en høyde på minimum 150 mm og ha en fall innover på 1:5. Beslag skal utføres med stående falser. Parapeten skal ha nødoverløp som hindrer overbelastning og synliggjør tette sluk.

Parapetbeslag utføres med dobbel stående stangfals.

3.6.3. Solceller

På taket skal det være mulighet for å monteres solcelleanlegg. Solcellestativer (og eventuell ballast) må legges på et beskyttelsessjikt over membranen. Løsningen må ivareta avrenning på en god måte. På grunn av vindkrefter må installasjonen enten forankres i bærekonstruksjonen eller ballasteres. Mekanisk innfesting i bærekonstruksjonen medfører både kuldebroer, snøsmelting og gjennomføringer i membransjiktet, og anbefales derfor ikke.



Figur 3.7: Prinsipp for ballastert løsning (TPF informerer nr. 15)

Benyttes en løsning med ballast er det viktig at isolasjonen er tilstrekkelig trykkfast slik at anlegget ikke lager deformasjoner i isolasjonssjiktet. Se for øvrig TPF informerer nr. [TPF informerer nr. 15](#).

3.7. Kuldebroer

3.7.1. Generelt

Normalisert kuldebroverdi er summen av alle kuldebroer i bygget dividert på oppvarmet bruksareal. Verdien medtas i energiberegningene for å få med det ekstra varmetapet som kuldebroene medfører. Det stilles ikke krav til kuldebroverdi for hver kuldebro, men alle kuldebroer skal kontrolleres slik at de ikke utgjøre fare for kondens, mugg og soppskader.

Lineære kuldebroer vil ha størst bidrag til normalisert kuldebroverdi, slik som vindu og dører, ringmur, etasjeskillere og overgang til tak. Punktkuldebroer, som for eksempel gjennomtrengende søyler og bjelker, har lite bidrag til normalisert kuldebroverdi, men er gjerne mer kritiske med tanke på lave overflatetemperatur og tilhørende fuktproblemer.

NS3701 stiller krav til at normalisert kuldebroverdi ikke kan overstige $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$. For relativt små bygg med få etasjer kreves det svært gode løsninger for å tilfredsstille kravet. Bruk av tre vil være avgjørende.

Med bruk av tre som bærende elementer og utvendig isolering vil en generelt oppnå overganger med svært lave kuldebroverdier.

Plassering av vinduer og dører i vegg er viktig med tanke på kuldebroer. For å minimere varmetapet bør vinduer plasseres noe inntrukket.

Under detaljprosjekteringen må det utarbeides et kuldebroregnskap for å kontrollere at kravet til normalisert kuldebroverdi er tilfredsstilt. Det er fordelaktig at dette påbegynnes så tidlig som mulig, slik at det er lett å foreta eventuelle endringer.

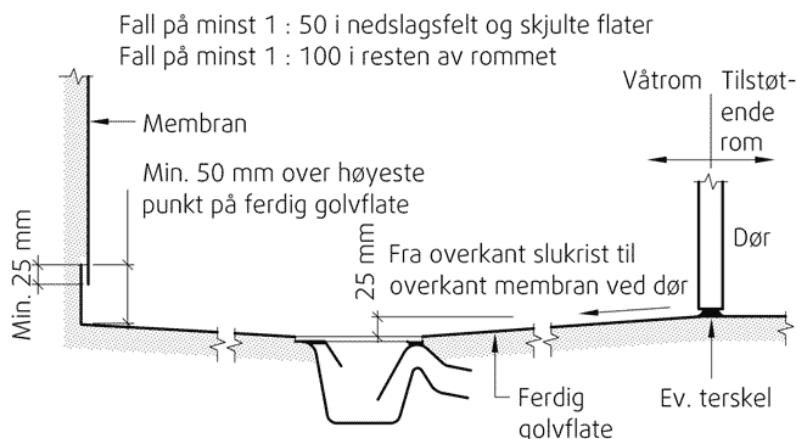
4. Våtrom

Våtrom skal prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår skade på konstruksjoner og produkter på grunn av bruksvann, vannsøl, lekkasjevann og kondens (TEK § 13-15). Dette bør ivaretas med å følge byggebransjens våtromsnorm (BVN).

Viktige virkemidler er bl.a. kontinuerlige vanntette sjikt, omhyggelig tetting rundt gjennomføringer, inspiserbare og reparerbare vannførende installasjoner, sluk i gulv og fall til sluk, samt tilstrekkelig ventilasjon.

Fall mot sluk, minimum 1:100, bør etableres på hele gulvet. I dusjoner må fallet være minimum 1:50. Se skisse.

Ved gjennomføring av rør i tettesjiktet, skal det benyttes mansjetter tilpasset gjennomføringen og typen tettesjikt.



Figur 4.1: Krav til fall til sluk for gulvet i baderom og dusjrom (Byggforskserien 541.805)

For tilslutning mellom membran og sluk skal det benyttes produkter som beviselig passer sammen. Alle produkter relatert til badets membransjikt skal ha en teknisk godkjenning fra SINTEF.

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 lekkasjen føre til automatisk avstengning av vannet.

Oppbygning av vegger rundt våtrom og andre rom med høy fuktbelastning skal godkjennes av bygningsfysiker. Vegger i våtrom bør utføres uten gips.

Arkitekt bør tegne ut et sett med detaljtegninger for våtrom, som for øvrige kritiske områder av bygningskroppen. Som et minimum bør det lages en fallplan, snitt av sluk og overgang mellom gulv og vegg.

Tabellen under viser en oversikt over aktuelle rom og forslag til krav.

Tabell 4.1: Våtromstabell

Rom	Sluk	Krav gulv	Krav vegg	Annet
Bøttekott / Renholdsrom	Nei	Fuktbestandige materialer. Belegg eller fliser.	Fuktbestandige materialer rundt vask. Anbefaler våtromsmaling i rommet for øvrig.	-

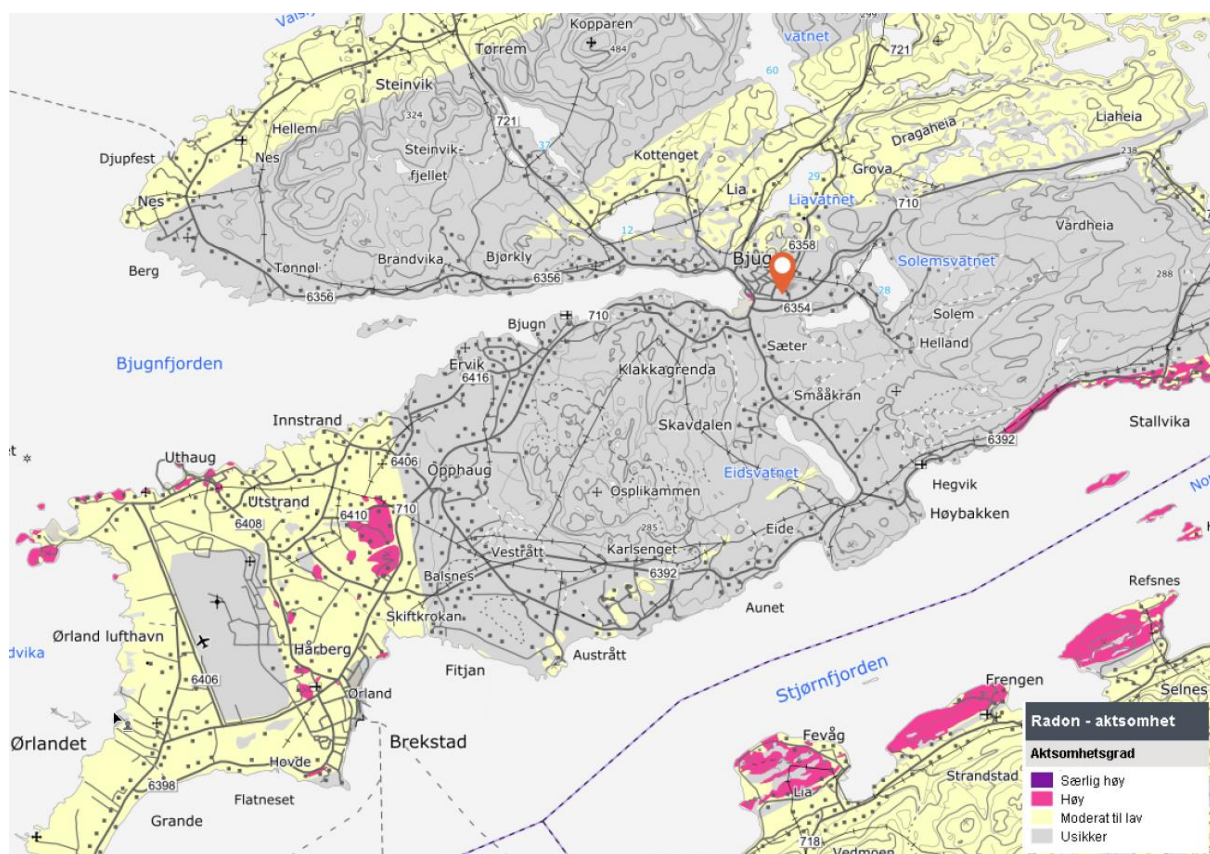
WC	Nei	Fuktbestandige materialer. Belegg eller fliser.	Fuktbestandige materialer rundt vask.	Automatisk avstenging av vann ved lekkasje.
Garderober	Nei	Fuktbestandige materialer. Belegg eller fliser.	-	-
WC med Dusj	Ja	Membran og fuktsikre materialer. Belegg eller fliser. Fall til sluk, enten lokalt eller i hele rommet. Min 25 mm høyde fra OK slukrist til UK dør.	Membran på vegg og fuktsikker overflate.	-
Varmesentral og tekniske rom med vanninstallasjoner	Ja	Membran og fuktsikre materialer. Fall 1:100 i hele rommet, min 25 mm høyde fra OK slukrist til UK dør.	Fuktbestandige materialer på vegg.	-

5. Radon

Iht. TEK17 § 13-5 skal bygninger med rom for varig opphold prosjekteres og utføres med radonforebyggende tiltak slik at innstrømming av radon fra grunn begrenses og årsmiddelerverdi for radonkonsentrasjon ikke overstiger 200 Bq/m³.

Bygning med rom for varig opphold må ha radonsperre mot grunnen, og være tilrettelagt for trykkreduserende tiltak i grunnen under bygningen som kan aktiveres når radonkonsentrasjonen i inneluften overstiger 100 Bq/m³.

Figuren under viser et utsnitt av radonkartet til Statens strålevern og aktsomhetsgraden til området. Som en kan se befinner bygget seg i et område med usikker aktsomhetsgrad.

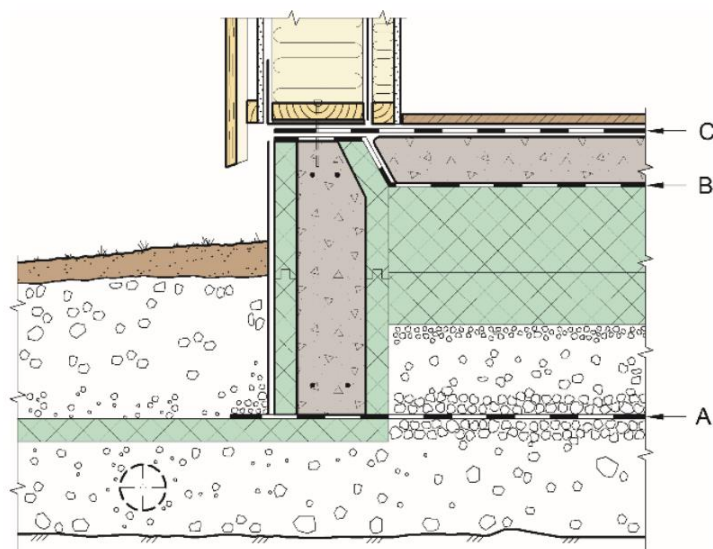


Figur 5.1: Radon aktomhetskart hentet fra Statens strålevern-nettside.

Preaksepterte løsninger for radonsikring av nybygg er beskrevet i TEK 17 § 13-5 og i Byggforskserien 520.706. For å oppfylle kravene til radonsikring er det anbefalt å legge radonmembran og i tillegg montere radonbrønner i pukklaget under bygget.

5.1. Radonmembran

En radonmembran skal plasseres slik at den ikke blir perforert og ødelagt i byggetiden. Avklaring må gjøres i samarbeid med RIB. Det er viktig at alle gjennomføringer og skjøter tettes, slik at radon ikke kan trenge inn i bygget. Figuren nedenfor viser tre ulike plasseringer av radonmembranen, og bokstavene indikerer hvilken bruksgruppe membranen skal ha godkjenning i for den aktuelle plasseringen.



Figur 5.2: Prinsippskisse for plassering av radonmembran, for tre ulike bruksgrupper (Byggforskserien 520.706)

For gulv på grunn i utvidelsen av Fosen VGS antas det å være fornuftig å legge radonmembranen i B, enten mellom 2 lag isolasjon (maks. $\frac{1}{4}$ av isolasjon på varm side av radonmembranen), eller mellom isolasjon og betongplate. Legges membranen mellom betongplate og isolasjon, må det legges et beskyttelses- og glidesjikt av 0,8 mm tykk plast eller et materiale med tilsvarende tykkelse og mekanisk styrke over radonmembranen. Alle gjennomføringer skal tettes med mansjett eller støpes igjen med elastisk masse. Det er fordelaktig om tekniske gjennomføringer samles.

Membranen skal ha teknisk godkjenning fra SINTEF Certification, og legges i henhold til anvisninger fra leverandør. Det skal kun benyttes tilleggsprodukter som er en del av membranens godkjenning.

Plassering og avslutning av membranen må detaljeres på tegninger fra RIB.

5.2. Sekundærtiltak

I tillegg til radonsperre/-membran skal det prosjekteres tiltak som kan iverksettes dersom radonkonsentrasjon i inneluften blir for høy. Det kan da være effektivt å skape lavere lufttrykk i grunnen enn inne i bygningen, eller å ventilere selve byggegrunnen.

Anbefalt tiltak er å legge radonbrønner eller perforerte rørslynger i pukklaget under gulvet. Begge alternativene prosjekteres og klargjøres med oppstikk og rørføringer i bygget, eller slik at føringer og vifte enkelt kan etableres, enten over tak eller ut gjennom yttervegg.

Inntil man eventuelt får bruk for brønnen, holdes den forseglet med et gasstett lokk.

Fyllmasser som brukes under bygget skal sikres at ikke inneholder radonfarlige materialer. Tilkjøpte fyllmasser skal ha dokumentert lav radonavgivelse.

Nødvendig antall brønner må beregnes med utgangspunkt i den aktuelle brønnens kapasitet og fundamentplanen.

6. Byggfukt og fukthåndtering

6.1. Generelt

Når isolasjonen monteres skal fuktinnholdet være så lavt som mulig. For tre generelt skal fuktinnholdet være **lavere enn 20 vektprosent, og 15 vektprosent for bunnsvill**. For yttervegger av bindingsverk skal dampsperran monteres kort tid etter isolasjonen og før bygningen oppvarmes. Mellom bindingsverket og betongdekket/ringmur skal det benyttes en svillemembran. Ved legging av gulvbelegg skal det kontrolleres at fuktinnholdet i betongen er under kritisk verdi for det aktuelle produktet.

Materialer som skal lagres på byggeplass skal lagres tørt og beskyttes mot oppfukting og sterk uttørking. Det anbefales at alle innvendige arbeider følger tiltakene beskrevet i Byggforskserien 501.107 og 501.108, for å sikre en ren og tørr byggeprosess.

Lett-tak elementer må beskyttes omhyggelig mot at vann trenger inn i elementkonstruksjonen. Elementene skal være midlertidig forseglet langs alle frie kanter inntil det er oppnådd tette tilslutninger mot alle tilstøtende bygningsdeler (gesimser, vegger o.l.). Med tette sjikt både på oversiden og undersiden har elementene liten uttørkningsevne, og det medfører stor risiko for fuktskader dersom ikke elementene beskyttes godt mot fuktinntrengning både ved transport, lagring og montasje frem til ferdig tekket takkonstruksjon.

Fuktinnhold i de ulike materialene skal måles før de bygges inn, for å dokumentere at innholdet er under kritisk verdi. Fuktmålinger skal gjøres iht. NS3512:2014 «Måling av fukt i trekonstruksjoner». Se for øvrig Byggforskserien 474.531 - «Måling av fukt i bygninger».

Målte verdier må korrigeres for temperatur og materialtype dersom ikke måleinstrumentet gjør dette automatisk. Ved lave temperaturer øker den elektriske motstanden i treet slik at avleste verdier blir lavere enn ved 20 °C.

6.2. Tak av massivtre

Massivtreelementene må tildekkes så snart de er montert med protekking. Endeved tettes raskt og godt, ettersom denne er ekstra utsatt for fuktopptak.

Det anbefales at det i takkonstruksjonen utføres fuktmålinger midt i spennet i hvert 3. element. Dersom elementene ikke kommer med ferdig påmontert protekking, anbefales det å utføre målingene før protekkingen monteres. Det bør da måles i overflaten med pigger og i sjikt nr. 2 (fra OK massivtre) med isolerte elektroder. Unngå kontakt med limsjikt da dette vil kunne påvirke resultatet.

Det bør utføres stikkprøver på øvrige områder hvor det mistenkes fukt.

6.3. Fukthåndteringsplan

Det anbefales at entreprenøren utarbeider en fukthåndteringsplan som er tilpasset prosjektet, og at det utnevnes en fuktansvarlig. Vedkommende bør har ansvaret for:

- Tildekking og værbeskyttelse
 - Sikre at arbeid med fuktømfintlige materialer skjer under tørre forhold
 - Sikre god tildekking av materialer på byggeplass
 - Sikre at det er etablert rutiner for ettersyn og utbedring av midlertidig tildekking
 - Følge med på værmeldinger og treffe tiltak for å sikre at provisorisk tetting klarer belastning fra eventuelt ekstremvær
- Krav til kompetanse på personell som er utfører arbeider som er kritiske for fuktsikkerheten i prosjektet (våtrom, membranarbeider, vindsperre, dampetting)
- Hvordan fuktkritiske detaljer skal gjennomføres og kontrolleres
 - Hvem som har ansvar for kontroll?
 - Hvordan kontrollen skal utføres og hvilke sjekklister som brukes?
 - Tilpassing av sjekklister
- Tørk av materialer
- Gjennomføre fuktrunder på byggeplass

En del av kontrollomfanget til uavhengig kontroll er å kontrollere at utførelsen gjennomføres i samsvar med skriftlig rutine. DiBKs veileder for uavhengig kontroll krever at rutinene skal sette krav til «hvordan arbeidet gjennomføres og hvordan kvalitetssikring skal utføres». Plan for fukthåndtering og oppfølgingen av denne vil altså være en vesentlig del av underlaget for kontrollen.

7. Lufttetthet

Minimering av luftlekkasjer er et svært effektivt tiltak for å redusere bygningenes varmetap. Det er også et viktig grep for å unngå at fuktig luft, både fra innsiden og utsiden, transporteres inn i konstruksjonen.

I energiberegningene er det forutsatt et lekkasjetall på 0,3 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell (MOP-krav). Dette er lavt og vil kreve mye av både prosjekterende og utførende.

Lekkasjetallet skal dokumenteres ved hjelp av trykktesting når bygget er ferdigstilt. Tetthetsmålinger skal utføres etter NS-EN ISO 9972:2015.

Samtidig som det trykktestes bør det utføres termografering for å oppdage eventuelle lekkasjer, feil og unøyaktigheter i utførelsen. Termografering utføres etter NS-EN13187:1998.

For at det skal være mulig å etablere god tetting må detaljer tegnes ut med høy detaljeringsgrad. Løsninger må utarbeides med tanke på enkel utførelse med god tilgjengelighet for utførende.

Ved overganger mellom betong og trevegger bør det alltid benyttes svillemembran som tar opp ujevnheter og sikrer en lufttett overgang.

Ved gjennomføringer i yttervegger og tak skal det benyttes mansjetter.

Tetningsprodukter må være testet for bruk i et norsk klima og ha en teknisk godkjenning fra SINTEF Certification.

