

---

RAPPORT

# Alversund Skole - Skoledelen

---

OPDRAGSGIVER

Constructa Entreprenør AS

EMNE

Bygningsfysiske premisser og kontroll av energistandard

DATO / REVISJON: 04. juni 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 10202685-RIBfy-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

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

OPPDRAAG	<b>Alversund skole - Samspillfase</b>	DOKUMENTKODE	10202685-RIBfy-RAP-001
EMNE	Bygningsfysiske premisser og kontroll av energistandard - skoledel	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Constructa Entreprenør AS</b>	OPPDRAAGSLEDER	Tom Arne Olsen
KONTAKTPERSON	<b>Johannes Gullbrå</b>	UTARBEIDET AV	Ole Christian Holsen
		ANSVARLIG ENHET	10233043 Bygningsforvaltning og Bygningsfysikk Vest

## SAMMENDRAG

Denne rapporten omhandler bygningsfysiske premisser og kontroll av energistandard for skoledelen til nye Alversund skole. Premissene skal danne grunnlaget for den videre detaljprosjekteringen, samt utførelsen.

Del 1 av rapporten oppsummerer de ulike krav, anbefalinger og egenskaper mht. bygningsfysikk som er aktuelle mht. Teknisk forskrift til Plan- og Bygningsloven (TEK 17).

Del 2 av rapporten omhandler kontroll av energistandard med normerte verdier og tilhørende evaluering mot de nye energikravene fra 1.1.2016, gitt i kapittel 14 i TEK 17. Beregningene viser at bygget tilfredsstillende energikravene til bygningskategorien skolebygg.

Del 3 av rapporten omhandler Energimerking av skoledelen. Ved å følge premissene i denne rapporten vil skoledelen til nye Alversund skole få Energimerke gul A.

Del 4 omhandler kontroll av passivhuskrav til bygget. Bygget skal oppfylle krav i NS 3701. Beregningene viser at bygget tilfredsstillende passivhuskravene til bygningskategorien skolebygning.

00	31.05.2018	Utsendt	OCH	OV	OV
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Om prosjektet .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Bygningsfysisk rådgivning .....</b>	<b>9</b>
4.1	Premissrapport .....	9
4.2	Kvalitetssikring av detaljtegninger .....	9
4.3	Ansvarsforhold .....	9
<b>5</b>	<b>Byggeforskrift, normer, anbefalinger og prosjektforutsetninger .....</b>	<b>10</b>
5.1	Energibruk .....	10
5.1.1	Energirammer .....	11
5.1.2	Kriterier for passivhus .....	12
5.2	Tetthet .....	12
5.3	Fukt .....	14
5.4	Uavhengig kontroll .....	14
<b>6</b>	<b>Ute- og inneklime .....</b>	<b>15</b>
6.1	Uteklime .....	15
6.2	Inneklime .....	17
6.2.1	Termisk inneklime .....	17
6.2.2	Fukt .....	17
<b>7</b>	<b>Fuktsikkerhet .....</b>	<b>19</b>
7.1	Fukt fra grunnen .....	20
7.2	Overvann .....	20
7.3	Nedbør .....	20
7.4	Fukt fra inneluft .....	20
7.5	Byggfukt .....	21
7.6	Våtrom og rom med vanninstallasjoner .....	23
<b>8</b>	<b>Bygningsdeler .....</b>	<b>24</b>
8.1	Generelt .....	24
8.2	Yttervegger over terreng .....	24
8.2.1	Kravsnivå .....	24
8.2.2	Anbefalt løsning .....	24
8.2.3	Tetthet/ fuktsikring .....	26
8.3	Vinduer, dører og porter .....	29
8.3.1	Kravsnivå .....	29
8.3.2	Anbefalt løsning .....	29
8.3.3	Tetthet/ fuktsikring .....	31
8.4	Yttervegger mot terreng .....	33
8.4.1	Kravsnivå .....	33
8.4.2	Anbefalt løsning .....	33
8.4.3	Tetthet/ fuktsikring .....	33
8.5	Gulv på grunn og mot det fri .....	34
8.5.1	Kravsnivå .....	34
8.5.2	Anbefalt løsning .....	34
8.5.3	Tetthet/ fuktsikring .....	35
8.6	Tak .....	36
8.6.1	Kravsnivå .....	36
8.6.2	Anbefalt løsning .....	36
8.6.3	Tetthet/ fuktsikring .....	36
8.6.4	Takterrasser .....	40
8.7	Bygningsdeler mellom oppvarmede og uoppvarmede arealer .....	40
8.7.1	Kravsnivå .....	40
8.7.2	Anbefalt løsning, energisentral .....	40
8.7.3	Anbefalt løsning, teknisk rom .....	41
8.8	Spesielle forhold, rom og konstruksjoner .....	41
8.8.1	Beslag .....	41
8.8.2	Våtrom .....	41
8.8.3	Kjøle og fryserom .....	41

8.8.4	Sjakter .....	42
8.8.5	Radon .....	42
<b>9</b>	<b>Kontroll av energistandard .....</b>	<b>43</b>
9.1	Generelt .....	43
9.2	Sentrale inndata .....	43
9.3	Energiforsyning .....	44
9.4	Varmetap .....	44
9.5	Varmekapasitet .....	44
9.6	Solskjerming .....	44
9.7	Internlast .....	45
9.8	Oppvarming .....	45
9.9	Kjøling .....	45
9.10	Ventilasjon .....	46
<b>10</b>	<b>Evaluering mot TEK 17 .....</b>	<b>47</b>
<b>11</b>	<b>Beregning av Energimerke (per 31.5.2018) .....</b>	<b>49</b>
<b>12</b>	<b>Evaluering mot NS3701 .....</b>	<b>51</b>

Vedlegg 1: Evaluering mot TEK 17

Vedlegg 2: Beregning av energimerke

Vedlegg 3: Evaluering mot NS3701

## 1 Innledning

Multiconsult Norge AS er engasjert som bygningsfysisk rådgiver av Constructa Entreprenør AS for prosjekteringen av nye Alversund skole.

Denne rapporten inneholder bygningsfysiske premisser for skoledelen av nye Alversund skole, satt i samspillsfasen. Premissene er brukt som grunnlag for kontroll av energistandard, passivhusstandard, samt beregning av energimerke.

Rapporten oppsummerer de ulike krav, anbefalinger og egenskaper med hensyn til bygningsfysikk og kontroll av energistandard 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 TEK 17).

Rapporten inneholder også dokumentasjon av Energimerke (Energikarakter og Oppvarmingskarakter) i henhold til Energimerkeforskriften.

Det vises til øvrige RIBfy-dokumenter i prosjektet:

- 10202685-RIBfy-NOT-001 Kuldebroverdregnskap

## 2 Oppsummering

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

- U-verdi yttervegg mot friluft: 0,16 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi yttervegg mot terreng: 0,22 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi yttervegg mot terreng, musikkrom: 0,30 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi gulv mot grunnen: 0,10 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi gulv mot grunnen, musikkrom: 0,13 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi gulv mot friluft: 0,17 W/m<sup>2</sup>K .
- U-verdi flate kompakte tak: 0,12 W/m<sup>2</sup>K.
- U-verdi vinduer, dører og overlys: 0,80 W/m<sup>2</sup>K.
- Normalisert kuldebroverdi: 0,03 W/m<sup>2</sup>K.
- Lekkasjetall: 0,6 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell.

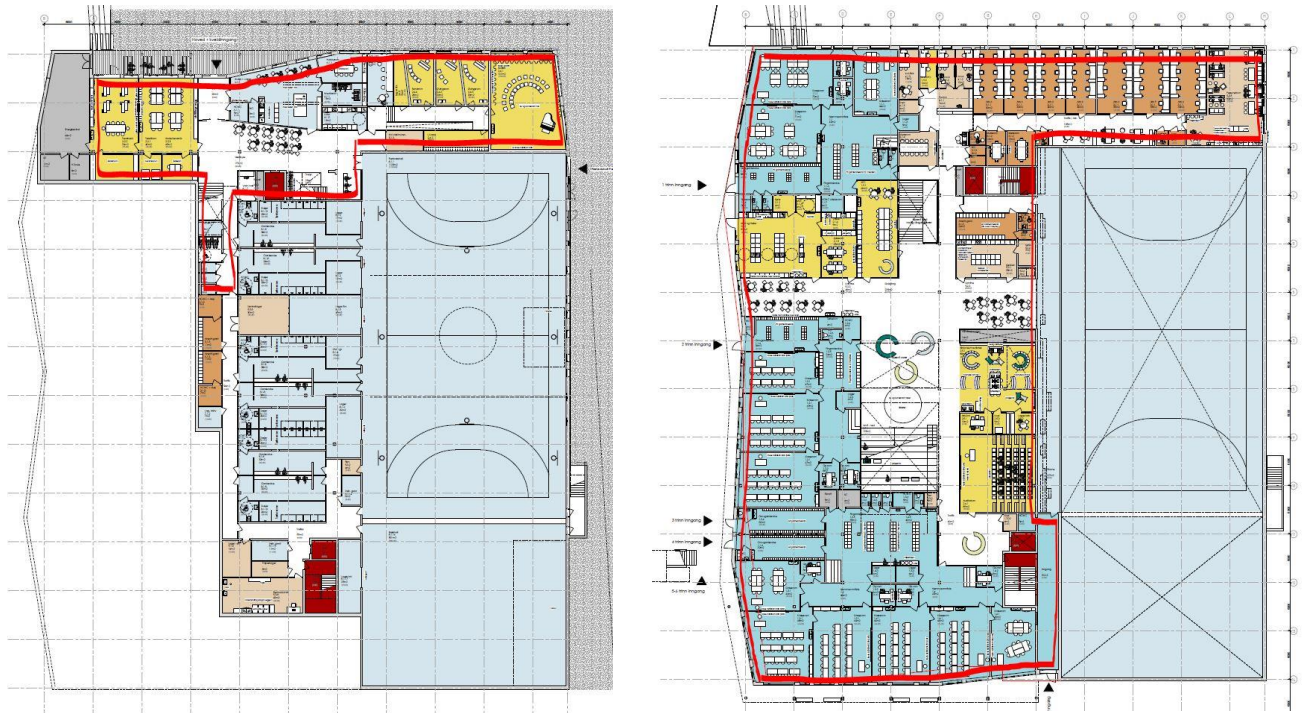
I den videre detaljprosjekteringen og i utførelsesfasen bør det være et fokus på blant annet følgende:

- 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 fuktsperrsjikt, 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 skoledelen tilfredsstille energikravene i TEK 17 og kriteriene til passivhus iht. NS 3701. Bygget oppnår energimerke gul A.

### 3 Om prosjektet

Alversund skole innehar to bygningskategorier, skole og idrettsbygg. Skoledelen er fordelt på tre etasjer som i hovedsak inneholder undervisningsrom. Flerbrukshallen er i hovedsak på et plan, med en tribune på plan 02. Totalt oppvarmet BRA for bygget er beregnet til omtrent 8 900 m<sup>2</sup>. Oppvarmet BRA for skoledelen er beregnet til omtrent 6 300 m<sup>2</sup>. Figur 1 viser skoledelen av nye Alversund skole.



Figur 1 - Plan 01 og plan 02 i Alversund skole (ARK). Skoledelen er markert i rødt



## 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 TEK 17.

### 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 ferdig utarbeide 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 bolck. 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 detaljer skal være kontrollert opp 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

For Alversund skole er Multiconsult ansvarlig prosjekterende (PRO) Bygningsfysikk, og har ansvaret for prosjektering av energieffektivitet, varmeisolering, kuldebroer, tetthet, fukt og passive radontiltak. Fastsettelse av ytelser og tekniske løsninger for lyd og innemiljø er ikke inkludert i erklæringen om ansvarsrett for Bygningsfysikk og må dekkes inn av øvrige ansvarlige prosjekterende, alternativt 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 (TEK 17). I forskriftenes *kapittel 13 Miljø og Helse* og *kapittel 14 Energi* er det gitt bestemmelser om varmeisolering, energibruk og fuktsikkerhet. Spesielt nevnes:

- § 13-9 Generelle krav om fukt
- § 14-1 Generelle krav til energi

Videre legges det til grunn at funksjonskravene gitt i Tekniske forskrifter oppfylles ved bruk av anerkjente og preaksepterte løsninger, angitt blant annet i SINTEF sine Byggforskblad. Det kan imidlertid 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 Energieffektivitet

Alversund skole vil evalueres etter krav til energibruk i Teknisk forskrift, men også i forhold til krav i energimerkeordningen og kriterier til passivhus. Energikravene til passivhus etter NS3701 vil sette føringer for prosjektkravene til bygningsdeler, men bygget må også være i henhold til krav og minstekrav i TEK 17, se Tabell 1 og Tabell 2.

Etter TEK 17 skal en skolebygning være så energieffektiv at den tilfredsstillende kravet til samlet netto energibehov (energirammodellen) gitt i § 14-2(1). Kravene til U-verdier i Tabell 2 Tabell 1 er satt slik at man tilfredsstillende kravet til samlet netto energibehov.

For yrkesbygninger skal det beregnes et energibudsjett med reelle verdier for den konkrete bygningen. Denne beregningen kommer i tillegg til kontrollberegningen med normerte verdier.

Arealer som defineres som oppvarmet areal (selv om de ikke er fullt oppvarmet) har krav til U-verdier for bygningsdeler. Definisjon av oppvarmede arealer finnes i TEK 17 og NS 3031. U-verdiene i Tabell 1 nedenfor gjelder som et gjennomsnitt for bygningsdelene. Dette betyr for eksempel at enkelte vegger kan ha lavere varmemotstand og høyere U-verdi, så fremt gjennomsnittet av alle yttervegger i oppvarmede soner er iht. verdier angitt i Tabell 1.

Soner som ikke skal varmes opp eller kjøles inngår ikke i bygningens oppvarmede areal. Det stilles derfor heller ikke energi- og varmemotstandskrav til disse. I midlertid må oppvarmede arealer med skillekonstruksjoner mot uoppvarmede arealer ha bygningsdeler med varmemotstand tilnærmet 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.

Tabell 1 - Krav til bygningsdeler og lekkasjetall i for skoledelen, TEK17 og NS3701

Beskrivelse	Prosjektkrav	Minstekrav i TEK 17	Minstekrav i NS 3701
U-verdi yttervegg, [W/m <sup>2</sup> K]		0,22	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mot friluft</li> <li>• Mot terreng</li> <li>• Mot terreng, musikkrom</li> </ul>	0,16 0,22 0,30		
U-verdi yttertak, [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18	-
U-verdi gulv, [W/m <sup>2</sup> K]		0,18	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mot friluft</li> <li>• Mot grunn</li> <li>• Mot grunn, musikkrom</li> </ul>	0,17 0,10 0,13		
U-verdi vinduer, dører og porter, [W/m <sup>2</sup> K]	0,8	1,2	0,8
Normalisert kuldebroverdi, [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	-	0,03
Lekkasjetall ved 50 Pa, h <sup>-1</sup>	0,6	1,5	0,6

### 5.1.1 Energirammer

Etter energireglene i TEK 17 er det kun mulighet å benytte energirammemodellen for bygningskategorien skolebygg. Tabell 2 viser energirammekravene som gjelder for skoledelen i Alversund skole med hensyn på evaluering mot kravene i Teknisk forskrift.

Tabell 2 - Prosjektkrav til netto energibehov sammenlignet med energirammemodellen.

Beskrivelse	Totalt netto energibehov [kWh/m <sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år]	
	Prosjektkrav	Energirammemodellen TEK 17
Netto Energibehov skoledel	72,5	≤ 110

### 5.1.2 Kriterier for passivhus

Norsk Standard NS 3701:2012, gir kriterier for passivhus og lavenergibygninger som defineres som yrkesbygninger.

For evaluering mot passivhusstandarden NS 3701 benyttes det standardverdier. Dette gjelder for internt varmeskudd fra belysning og teknisk utstyr, hvor normerte verdier er definert i NS 3701. Standarden setter også andre krav til gjennomsnittlig luftmengde til bruk i beregningen, enn i NS 3031.

Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall for passivhus er gitt i Tabell 3. Tabell 4 viser krav til oppvarmingsbehov, varmetapstall, kjølebehov og gjennomsnittlige effektbehov for et skolebygg med passivhusstandard. Se kapittel 9 og 12 for videre utredning rundt passivhuskrav til bygget.

Tabell 3 - Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall for passivhus iht. NS 3701 Tabell 9.

Egenskap		Krav
U-verdi vinduer og dører		$\leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
Normalisert kuldebroverdi ( $\text{m}^2$ av oppvarmet BRA)		$\leq 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$
Årsmidl. temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner		$\geq 80 \%$
SFP-faktor for ventilasjonsanlegg		$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
Lekkasjetall ved 50 Pa trykkforskjell		$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt systemet
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst én styringszone pr. rom eller pr. $30 \text{ m}^2$ i større rom

Tabell 4 - Krav til oppvarmingsbehov, varmetapstall, kjølebehov og gjennomsnittlig effektbehov belysning for passivhus iht. NS3701

Beskrivelse	Skolebygg
Maksimalt årlig oppvarmingsbehov [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]	20
Høyeste tillatte varmetapstall [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	0,4
Netto kjølebehov [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]	2,7
Gjennomsnittlig effektbehov belysning, [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	4,5

## 5.2 Tetthet

I prosjektering- og byggefase 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 0,6 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. For å oppnå dette bør følgende anbefalinger følges der hvor de er aktuelle:

- Fokus på gode tettedetaljer både når det gjelder den utvendige 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.
- Dampsperran trekkes inn i veggen slik at rør- og el-føringer ikke kommer i konflikt med dampsperran og risikoen for perforering reduseres. For bindingsverksvegger anbefales det å trekke dampsperran 50 mm inn i veggen.
- 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.
- Innsettingsfuger 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 passende mansjetter.
- 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 ferdigstillelse 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 undertrykk og 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, overvann, nedbør, bruksvann og luftfuktighet skal ikke trenge inn og gi fuktskader, mugg- og soppdannelse eller andre hygieniske problemer.

For øvrig stilles krav til:

- Håndtering av fukt fra grunnen, overvann og nedbør (§§ 13-10 – 13-12).
- Fukt fra inneluft, dvs. å unngå oppfukting av konstruksjonen av kondensert vandamp fra inneluften (§ 13-13).
- Byggfukt, dvs. å unngå innbygging av fuktige materialer (§ 13-14).
- Våtrom, dvs. sluk, fall, vanntetthet og materialbruk (§ 13-15).

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

Arealene i bygget vil for en stor del ha normal luftfuktighet, lufttrykk og temperatur. Sikring mot fuktskader for disse arealene 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.

### 5.4 Uavhengig kontroll

Bygningsfysikk er underlagt uavhengig kontroll, nedfelt i Forskrift om byggesak (SAK 10). Det skal 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 prosjekttert.

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

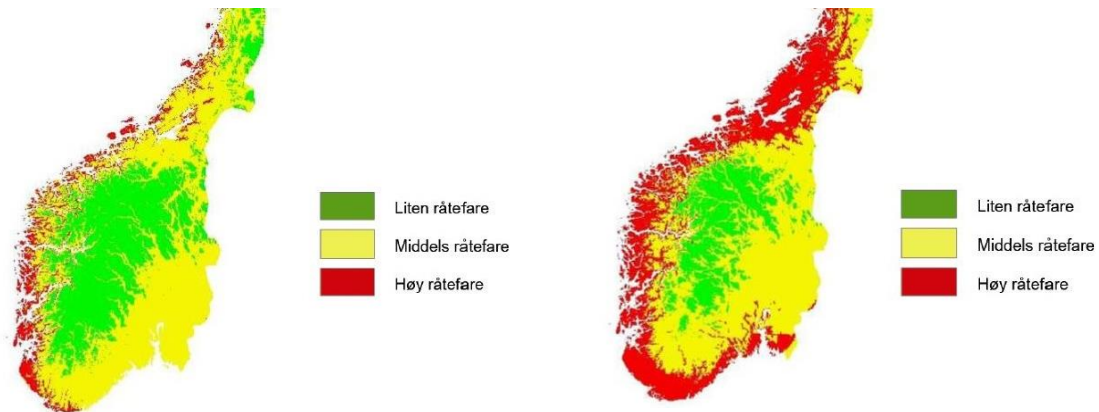
- Vertikalsnitt som viser plassering av dampspærre- og vindspærresjikt i yttervegg, tak og overganger vegg/tak.
- Oppbygging av tak og terrasser som også viser føring av membran og fall, samt avslutning mot tilstøtende bygningsdeler.

## 6 Ute- og inneklima

### 6.1 Uteklima

Alversund skole er lokalisert i Lindås kommune med tilhørende klimadata. Dimensjonerende utetemperatur (laveste tredøgnsmiddel) er  $-11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  og årsmiddeltemperatur er  $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dimensjonerende frostmengde gitt ved  $F_{50}$  er  $3000\text{ h}^{\circ}\text{C}$  og dimensjonerende frostdybde er  $0,6\text{ m}$ .

Lindås har et mildt og fuktig kystklima med forholdsvis små temperaturendringer gjennom året. Byggforsk angir ikke nedbørsdata for Lindås kommune. Gjennomsnittlig årlig nedbørsmengde antas å være tilnærmet som for værstasjonen på Florida i Bergen. Gjennomsnittlig årlig nedbørsmengde er estimert til  $2\ 250\text{ mm}$ . Klimaet er imidlertid i endring og klimaprogner 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 langs kysten, se Figur 2 og Figur 3 nedenfor.

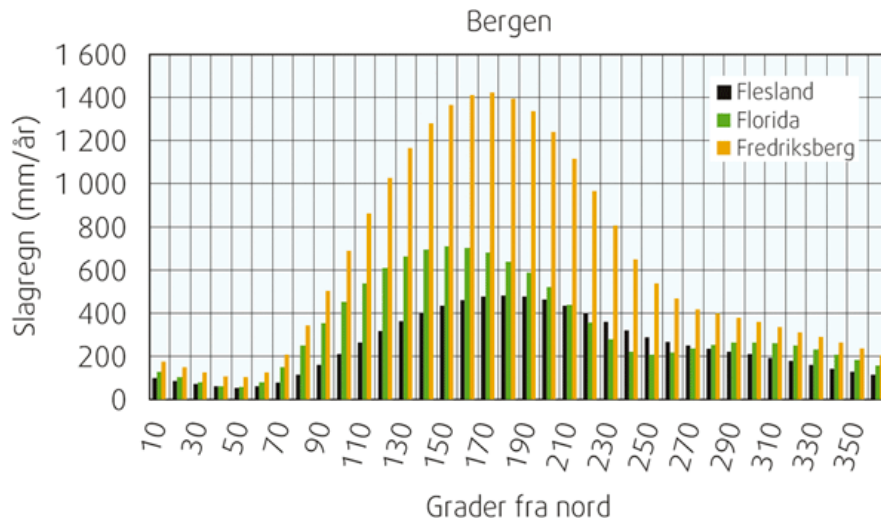


Figur 2 - Råterisiko iht. normalklima 1961-1990

Figur 3 - 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 frostskaider i materialer som ikke er helt frostbestandige.

Figur 4 nedenfor viser slagregnsmengder for alle 10-graders sektorer for tre steder i Bergen for normalperioden 1961-1990. Målestasjonen på Florida er den som regnes å være mest representativ for Alversund skole. Figur 4 viser at slagregn hovedsakelig opptrer på vegger i sektorene 60-250 grader, noe som tilsvarer fasader fra nordøst til og med sørvest.



Figur 4 Slagregnmengder for Bergen [SINTEF Byggforsk]

Figur 5 nedenfor viser Alversund skole sin orientering. Slagregnpåkjenningen over byggets fire hovedfasader vil variere fra omtrent 50 mm/år til 700 mm/år. Slagregnmengder over 400 mm/år faller inn under klimasonen «Stor slagregnpåkjenning», noe som er typisk for Vestlandet generelt. Fasaden mot sør-øst (150 grader) er mest utsatt og vil ha stor slagregnpåkjenning med omtrent 700 mm/år. Slagregnmengdene vil ventelig også øke i fremtiden.



Figur 5 - Orientering av Alversund skole (Situasjonsplan, ARK)



## 6.2 Inneklima

### 6.2.1 Termisk inneklima

TEK 17 stiller følgende krav til termisk inneklima:

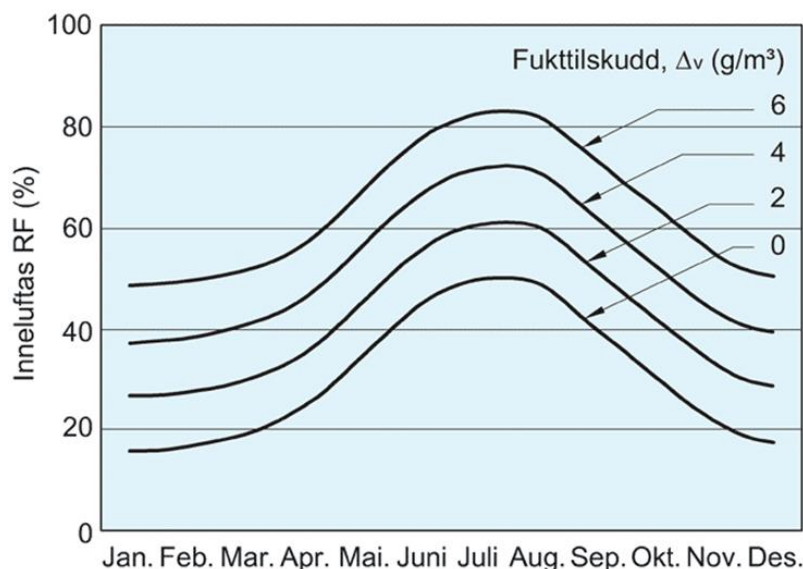
- 1) *Termisk inneklima i rom for varig opphold skal tilrettelegges ut fra hensyn til helse og tilfredsstillende komfort ved forutsatt bruk.*
- 2) *I rom for varig opphold skal minst ett vindu eller en dør mot det fri kunne åpnes. I rom i arbeids- og publikumsbygg der åpningsbare vinduer er uønsket ut fra bruken, kan det benyttes vinduer med fast karm.*

Innendørstemperatur i områder med lett arbeid forutsettes laveste innendørstemperatur til 19°. Etter veiledning til teknisk forskrift, bør de laveste grensene alltid kunne holdes, med unntak for situasjoner med feil ved anlegg eller andre driftsforstyrrelser. Høyere temperaturer enn 26°C innendørs, må 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).

### 6.2.2 Fukt

Innelufta vil være preget av lufta man ventilerer med, men vil inneha et høyere fukttinnhold på grunn av tilskudd fra personer og aktiviteter, se Figur 6. For en skole vil fukttilskuddet i ulike rom variere etter personbelastning og fukttilførende aktiviteter. I kontor og mindre klasserom vil man derfor ha et lavere fukttilskudd enn i kjøkken, kantine og sanitærrom. Dimensjonerende fukttilskudd fra personer og aktiviteter kan generelt antas å være i størrelsesorden 4 g/m<sup>3</sup>.



Figur 6 - Innendørs luftfuktighet gjennom året [SINTEF Byggforsk]

Figur 6 viser hvordan relativ luftfuktighet i inneluften varierer over året i Trondheim, med ulike fukttilskudd. Lindås kommune har både varmere og fuktigere klima, og kurvene vil derfor ligge litt høyere. Det er likevel valgt å ta utgangspunkt i verdiene angitt i Figur 6. Vinterstid kan inneluften oppnå en relativ fuktighet på omtrent 40 % og sommerstid en relativ fuktighet opp over 70 %. Når det ikke er aktivitet i rommene vil man vinterstid kunne forvente relativ fuktighet rundt 20 % og sommerstid vil forventet relativ fuktighet være omtrent 60 %.

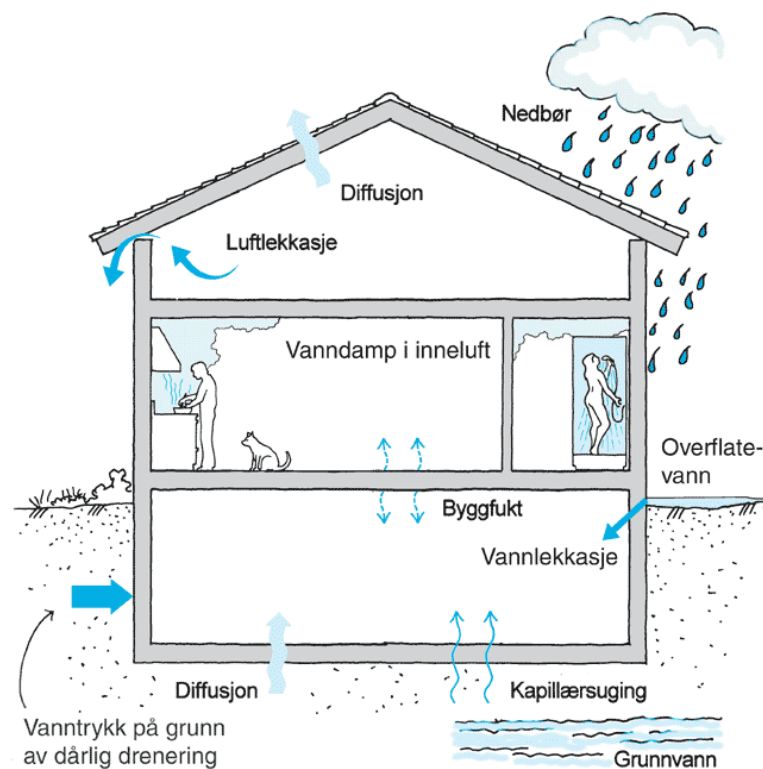
Lav fuktighet virker uttørrerende på slimhinner og kan virke irriterende, og langvarige perioder med RF under 20% bør unngås. Med hensyn på byggeskader bør man være særlig oppmerksom på økt luftfuktighet vinterstid, ettersom kondensfaren er størst på denne tiden.

Ventilasjonsanlegget må være velfungerende slik at potensialet for fukttransport ut i konstruksjonen er minimal. Rom der høy fuktbelastning kan oppstå over kortere perioder, må bygges med materialer og konstruksjonsprinsipp 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 7 - Vanlige fuktpåkjenninger og -transportformer [SINTEF Byggforsk]

## 7.1 Fukt fra grunnen

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

Bygget bygges med støpt golv på grunnen. Det er da viktig at grunnen er drenert og med drenerende masser for å hindre vann å trenge opp i materialene. Dersom bygget bygges på sandholdig/leirholdig grunn bør det benyttes fiberduk for å hindre at finmasser blander seg inn i drenerlaget. Golvet skal bygges opp slik at det blir beskyttet både mot kapillært oppsugd vann og fukt transportert ved diffusjon, se kapittel 8.5.

## 7.2 Overvann

Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket, om ikke andre tiltak utføres for å lede bort overvann. Et tiltak som kan benyttes for å hindre at vann renner inn mot bygget er eksempelvis avskjæring med renner.

På generelt grunnlag skal terreng rundt bygget utformes med et fall på minst 1:50 bort fra bygget, men helst på 1:20. Det er fordelaktig om massene i terrengoverflaten er relativt vanntette, slik at kun begrensede mengder nedbør og overvann renner ned i bakken inntil bygget.

Byggene skal utføres med flate, kompakte tak, som utføres med innvendig taknedløp, se kapittel 8.6.

## 7.3 Nedbør

Det er viktig med effektiv bortledning av regn og god fuktsikring for å unngå fuktskader. 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 bygningsskader 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. 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 døgntinuerlig drift med ventilasjon for å unngå oppfukning 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 dampnett sjikt.
- Dampsperresjiktet utføres med dampspærre på varm side av varmeisolasjonen. Dampsperresjiktet som skal benyttes må ha vanddampmotstand  $Z_p$  på minimum  $50 \times 10^9 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$  eller diffusjonsekivalent luftlagstykkelse  $S_d$  større eller lik 10 m.
- Vindsperresjiktet på utsiden av varmeisolasjonen skal være mest mulig dampåpent og vende mot et ventilert og drenert hulrom. Vindsperresjiktet som skal benyttes må ha vanddampmotstand  $Z_p$  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 vindsperresjiktene 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 dampspærre 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 (TEK17) 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, dvs. emisjoner fra stoffer (VOC) eller mikrobiologiske vekster i materialer (MVOC). For å dokumentere at kravet er oppfylt må fuktinnholdet måles og protokollføres for «som bygget».

Man må være påpasselig med fuktinnhold i materialer under transport, lagring, og innbygging. Nødvendig tildekning og uttørking er viktig.

For å unngå skader på grunn av byggfukt bør man velge materialer, konstruksjoner og utforming som er robust, hindrer fukttoppsug i materialer, inneholder lite byggfukt, og har god uttørkingsevne. Man bør i tillegg ta følgende forhåndsregler, det 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 golvvarme: 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 vindsperrerduk.
- 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 vindsperrerduk benyttes bør denne monteres snarest mulig etter montering av vindsperreplate for å redusere oppfukning av sistnevnte.
- Vurdere bruk av telt/værbeskyttet byggeprosess i byggeperioden.
- Benytte byggetidstekking av tak.
- 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.
- Avfukning og uttørking av bygget før det monteres fuktsensitive material.
- Sørge for at betongdekker har fungerende dreneringshull.
- Huldekker skal holdes forseglet så lenge som mulig, slik at disse ikke utsettes for oppfukning.
- Materialer skal behandles i henhold til anbefalinger fra leverandør.
- Det bør lages en egen sjekklister for rekkefølge av tiltak, samt kontrollskjema for fuktmålinger underveis i prosessen.

## 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.
- 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.
- Våtromsnormen fra SINTEF Byggforsk/ Fagrådet for våtrom skal legges til grunn.

## 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 byggetalblader fra Byggforsk.

I henhold til TEK 17, 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 oppfordres til å velge materialer som innehar SINTEF Teknisk Godkjenning, eller andre tilsvarende godkjenningsordninger. Byggevaren er da vurdert til å være egnet i bruk og tilfredsstillende krav i byggtknisk forskrift (TEK 17) for de bruksområder og betingelser som er angitt i godkjenningsdokumentet. Produktet skal i tillegg oppfylle krav til produktdokumentasjon i henhold til forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK).

Videre skal FDV-dokumentasjon for materialer, produkt og anlegg utarbeides, slik at bygget kan vedlikeholdes med samme eller tilsvarende produkter.

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

#### 8.2.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for yttervegger er  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. TEK 17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle yttervegger til bygget.

#### 8.2.2 Anbefalt løsning

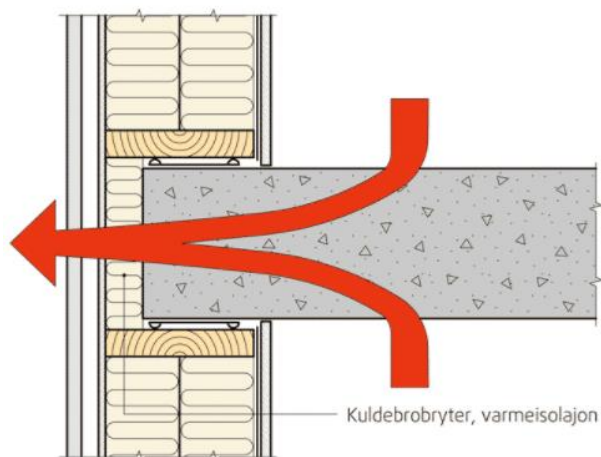
Krav til U-verdi for yttervegger i skoledelen er satt til  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Yttervegger er utført i isolert bindingsverk. Trappesjakten er utført i plasstøpt betong, med én vegg mot friluft. For isolert bindingsverk tilfredsstilles kravet med en isolasjonstykkelse på 300 mm. Dette forutsetter en varmekonduktivitet lik eller lavere enn  $0,037 \text{ W/mK}$ . For plasstøpt betong tilfredsstilles kravet med utvendig påfôret isolasjon med tykkelse på 300 mm. Dette forutsetter en varmekonduktivitet lik eller lavere enn  $0,037 \text{ W/mK}$ .

#### Normalisert kuldebroverdi

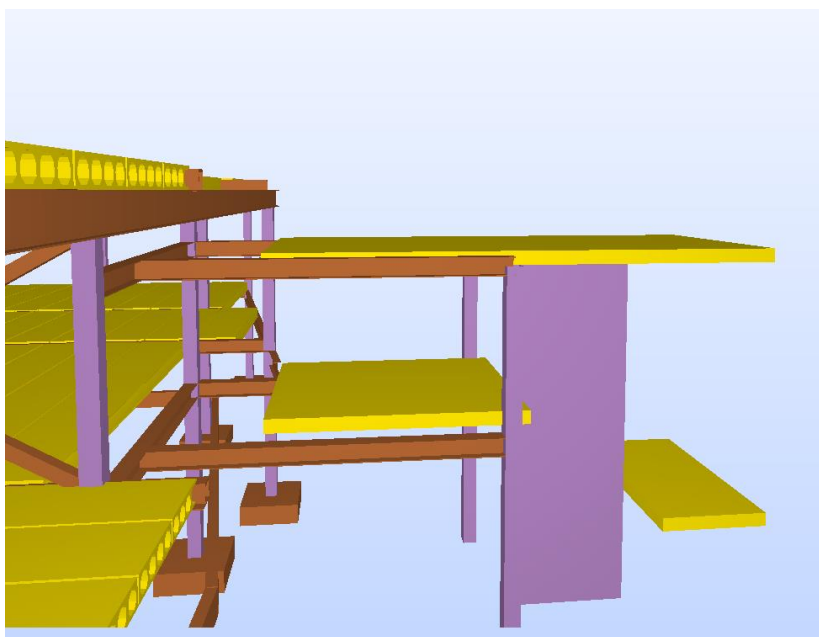
Krav til normalisert kuldebroverdi for bygget er satt til  $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. NS 3701. Dette innebærer at gjennomgående kuldebroer må unngås og at kuldebroer generelt må minimaliseres. For å oppnå lavest mulig normalisert kuldebroverdi bør klimaskjermen helt eller tilnærmet monteres utenpå bæresystemet. I midlertid kan det være fordelaktig med svill plassert noe inn på dekket for å sørge for bedre byggbarhet og tilstrekkelig lufttetthet over etasjeskillerne. Foran dekkeforkanter settes det foreløpig prosjektkrav om at det benyttes minimum 150 mm kuldebrobyter i dekkeforkant, se Figur 8.





Figur 8 - Bindingsverksvegger av tre og dekke av betong der dekkeforkant er ført inn i veggen og fører til økt varmestrøm gjennom konstruksjonen (SINTEF Byggforsk)

Det er planlagt å føre en gangbro mellom plan 3 og en utvendig trappesjakt. Foreløpig er gangbroen planlagt opplagret på stålbjelker som føres inn på bæresystemet til skoledelen, som vist i Figur 9. Løsningen fraviker fra preaksepterte løsninger og trenger særskilt kondensvurdering. Løsningen vil også øke bygningens normaliserte kuldebroverdi. RIBfy anbefaler en opplagring av gangbroen som ikke innebærer gjennomføringer i klimaskjermen. På den måten slipper man problematikken mhp. de overnevnte problemstillingene. Beholdes løsningen som vist trenger detaljen særskilt vurdering.

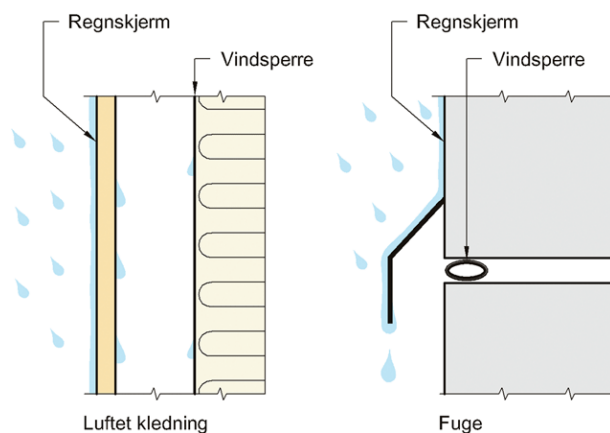


Figur 9 Fundamentering av gangbro. Utklipp fra IFC-fil til ARK

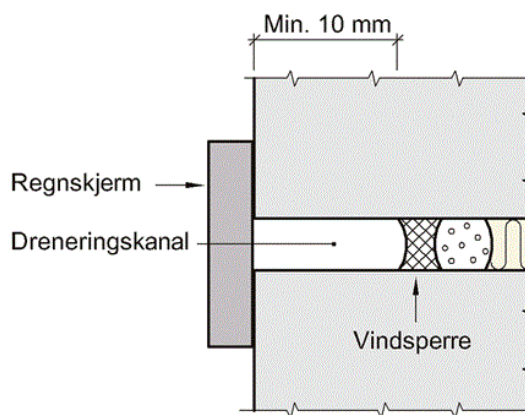
### 8.2.3 Tetthet/ fuktsikring

#### Generelt

Alle yttervegger bør bygges i henhold til prinsippet om to-trinns tetting, det vil si separat vindtetting og regnskjerm, med et drenert hulrom i mellom, se eksempel i Figur 10 og Figur 11. Nedbør kan trenge inn bak regnskjerm/kledning, og det må derfor være drensmulighet over f.eks. vinduer og andre åpninger, over underliggende inntrukket vegg. Lufte- og dreneringsspalten må skille regnskjermen fra vindsperran, 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 på baksiden av regnskjermen etter regnskyll. Spalten vil også være viktig for å gi mulighet for tørke ut eventuell fuktighet fra indre deler av veggen. Et ventilert hulrom bak ytterkledningen bidrar til at man får samme lufttrykk på begge sider av kledningen, slik at det ikke oppstår krefter som driver vann fra fasaden og inn til vindsperra.



Figur 10 Prinsipp for totrinns tetting mot slagregn på fasader, her vist både ved luftet kledning og ved horisontal fuge (SINTEF Byggforsk)

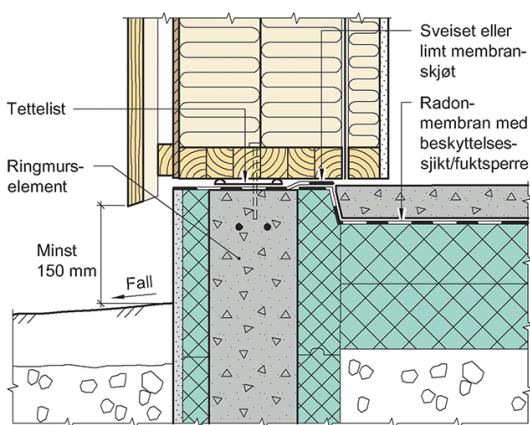


Figur 11 Prinsipp for utforming av vertikale fuger i massive vegger (SINTEF Byggforsk)

Figur 12 er hentet fra IFC-fil til ARK, og viser hvordan yttervegger er planlagt ført helt ned til terrengnivå. RIBfy fraråder en slik løsning. Byggforsklad 523.251 anbefaler å fundamentere bindingsverket på en ringmur med høyde på min. 150 mm over terrengnivå, som vist i Figur 12.



Figur 13 – Overgang yttervegg og ringmur (Utklipp fra IFC-fil)



Figur 12 - Anbefalt utførelse av overgang yttervegg og ringmur (SINTEF Byggforsk)

### Vindsperresjikt

Utvendig vindsperre er viktig mht. til fuktsikring av veggen, men også for å unngå at isolasjonsevnen til veggen blir redusert som følge av vindpåvirkning. Vindsperre av plater er fordelaktig med hensyn til stivhet og brannkrav. For tilstrekkelig tetthet er det viktig å være nøye med klemming av skjøter og tetting av overganger.

Ettersom slagregnmengden er stor, anbefales det som ekstra sikring å benytte et lag med vindsperre av rullprodukt utenpå vindsperran av plateprodukt. Dette gir særlige fordeler rundt vinduer og andre åpninger. Vindsperran av rullprodukt kan da føres utenpå beslag, og sikre effektiv avrenning av eventuell fuktighet som har trengt inn bak kledningen.

Som nevnt i kapittel 7.4 bør vindsperrer ha lavere  $S_d$ -verdi enn 0,5 m. For å sørge for best mulig uttørkingsforhold for konstruksjonen bør vindsperran være mest mulig diffusjonsåpen, og en total  $S_d$ -verdi for vindsperresjiktet ned mot 0,2 m og mindre er fordelaktig.

### Dampsperrsjikt

Yttervegger skal ha dampsperre på varm side av isolasjon. Dampsperran skal være av polyetylen-folie (PE-folie), med minimum tykkelse lik 0,20 mm. Det er viktig å sørge for at dampsperran ikke punkteres. Eventuelle hull må tettes med egnet, heftsikker og bestandig tape.

Gjennomføringer bør unngås i størst mulig grad. For å redusere faren for punktering anbefales dampsperrsjiktet etablert 50 mm intrukket i veggen fra innvendig kledning. Skal dampsperran monteres lenger ut i isolasjonssjiktet bør det gjennomføres en diffusjonsberegning. Kabler/føringer i veggen bør legges i påfôret del mellom dampsperran og innvendig kledning.

### Lufttetting

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

Skjøter og overganger utføres med omlegg og tapes. For å sikre at overganger og skjøter blir tette, skal de klemmes i hele lengden, for eksempel mellom stender og lekt.

For reparasjon av skader og tetting i og rundt klimaskallet skal det bare benyttes produkter (teip, lim, fugemasse og liknende) som har dokumentasjon på at vedheft opprettholdes over lang tid.

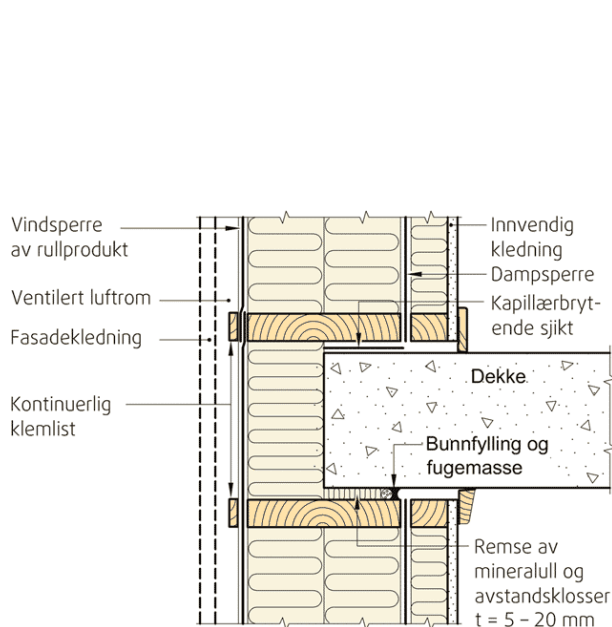
Gjennomføringer i vindsperre- og dampsperrsjiktet bør så langt som mulig unngås. Kan det ikke unngås må det tettes på tilfredsstillende vis, fortrinnsvis med mansjett tilpasset gjennomføringen.

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. Vindsperran blir da festet og klemt til bunnsvill og toppsvill i overgang mot dekke, se Figur 14.

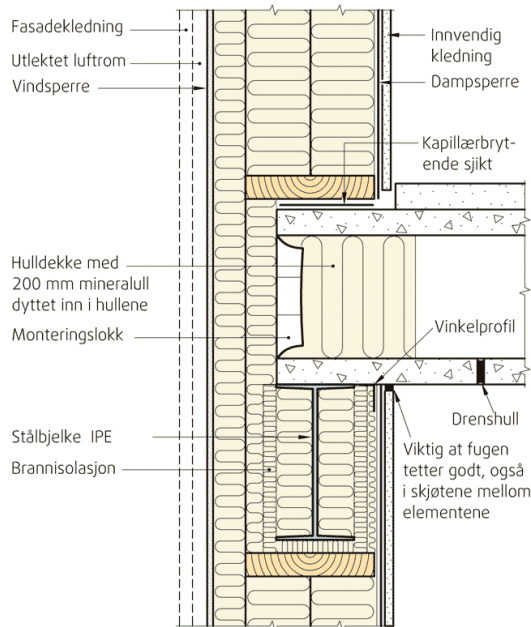
På innside benyttes enten tettelist eller elastisk fugemasse og bunnfyllingslist mellom svill og dekke. Tettelister fordrer at sviller og stendere får god klem mot dekket, og kan benyttes så lenge ujevnheter i dekket ikke er større enn at de greier å ta opp disse. Tetting med elastisk fugemasse og bunnfylling kan ta opp større ujevnheter, og er det sikreste alternativet for å redusere flanketransmisjon av lyd.

Ved bruk av hulldekker er det viktig å sikre at det blir lufttett ved utgangen av elementene. Ytre del av dekkforkant skal derfor tettes, se eksempel i Figur 15. Dette kan gjøres enten ved at kanalene i dekket støpes igjen i ytre del, ved bruk av monteringslokk, eller ved at det monteres en solid dampsperre langs dekkforkanten. Dette vil forhindre luftlekkasjer gjennom dekke og ut i veggen.

Kontinuerlig dampsperre vil også forhindre transport av byggfukt fra dekket og ut til ytterkanten, hvor det kan kondensere. Drenshull i elementene tettes før bygget tas i bruk. Det skal på forhånd påseses at alt vann i dreneringshull er drenert ut.



Figur 14 - Eksempel på lufttetting i overgang mot dekke. Vindsperre er klemt i overganger, og mellom svill og dekke er lufttetting sikret med bunnfylling og fugemasse (SINTEF Byggforsk)

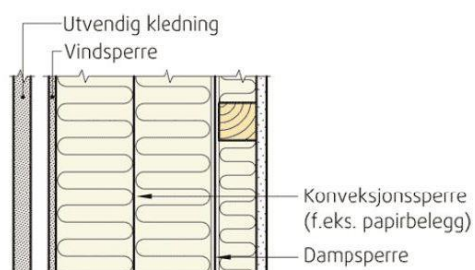


Figur 15 - Eksempel på lufttetting i overgang mot hullekke. Drenshull er tett og det er her benyttet tett monteringslokk for å sikre lufttett utførelse i dekkeforkant (SINTEF Byggforsk)

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

#### Intern konveksjon i vegger

Høyisolerte konstruksjoner som passivhusvegger medfører økt intern luftsirkulasjon i isolasjonssjiktet. Dette medfører at ytre del av bindingsverket blir tilført mer fuktighet, særlig i uttørkingsfasen, enn for lav-isolerte vegger. For å redusere denne effekten monteres det et lag med pappbelagt mineralull, såkalt konveksjonssperre, slik at dette laget kommer tilnærmet mitt i veggen, se **Error! Reference source not found.** Man vil slik opprettholde veggens isolerende effekt og samtidig sørge for en tørrere konstruksjon. Konveksjonssperren vil fungere som en vindsperre midt i veggen, og må derav ikke ha større dampmotstand enn kravet til vindsperre angitt i kapittel 7.4.



Figur 16 - Eksempel på yttervegg med konveksjonssperre mellom isolasjonssjiktene [Sintef Byggforsk - prosjektrapport 53]

## 8.3 Vinduer, dører og porter

### 8.3.1 Kravsnivå

#### U-verdi

Minstekrav til U-verdi vinduer og dører er  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. NS 3701, og  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. TEK 17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle vinduer, glassfelt, ytterdører og porter, inklusiv karm/ramme.

#### Sikkerhetsvinduer

Det henvises til TEK 17 § 12-17, og NS 3510 om vindu og glassfelt i yttervegg. Det er planlagt vinduer med brystning lavere enn 800 mm, se Figur 17. Det vil derfor være påkrevd med personsikringsglass eller annen sikring. Det anbefales at det gjøres en egen utredning av egnede sikkerhetsruter i bygget.



Figur 17 - Vinduer med lav brystning utløser krav til personsikkerhetsglass. Utklipp fra IFC-fil til ARK

### 8.3.2 Anbefalt løsning

#### Energi

Krav til U-verdi for vinduer og dører i bygget er satt til total U-verdi på  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

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 ( $\Psi$ ).

Vinduene anbefales å være av 3-lags glass med energisparebelegg, argonfylling, varmkant isolerende avstandslist og isolert trekarm med utenpåliggende sol og regnskjerm av aluminium.

I Tabell 4 er det foreslått vekting av U-verdi for vinduer, glassdører og overlys for å tilfredsstille kravet på gjennomsnittlig U-verdi på  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  for vinduer og dører i skoledelen. Grunnlaget for vektingen er IFC-modell lastet opp på webhotell 26.04.2018.

Tabell 5 – Foreslått vekting av U-verdi for vinduer, glassdører og overlys

Bygningsdel	Vindu	Glassdør	Overlys
U-verdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,7	1,1	1,1

Energi-vinduer gir liten varmegjennomgang, og kan føre til kondensdannelse på utvendig side. Dette er kun et estetisk problem, og omfanget/hyppigheten av dette kan reduseres betraktelig ved bruk av utvendig ripefast lavemisjonsbelegg. Tidspunktet hvor strålingsutvekslingen med horisonten vil medføre utvendig kondens er i løpet av nattetimene og tidlig på morgenen. Man kan også forhindre denne effekten ved at utenpåliggende solavskjerming er aktivisert under disse tidspunktene.

#### Solavskjerming

Den beste form for solskjerming er utvendig og automatisk styrt. God solskjerming reduserer behovet for lokal kjøling og bedrer inneklimate 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<sup>2</sup>.

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 inneklimate.

#### Kaldrassikring

Glassfasaden er planlagt med vinduer med høyde på 3,0 m, se Figur 18. 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.

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

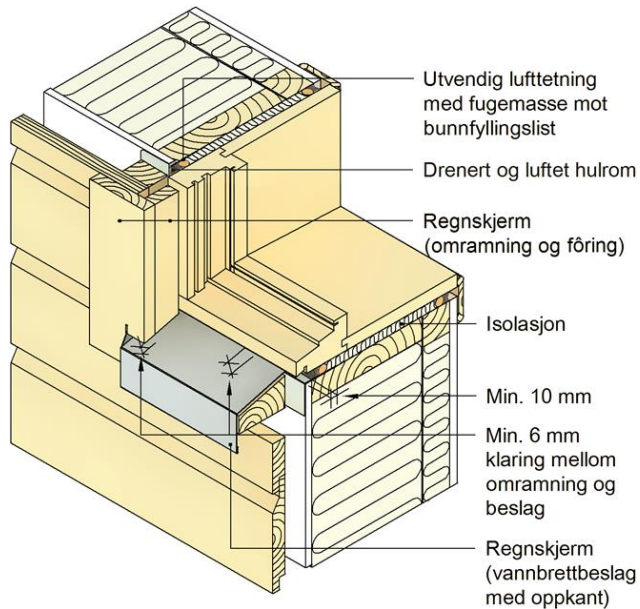


Figur 18 - Høye glassfelt i tilknytning i fasade til skoledelen. Høyde på glass måles her til 3,00 meter. Utklipp fra IFC-fil til ARK.

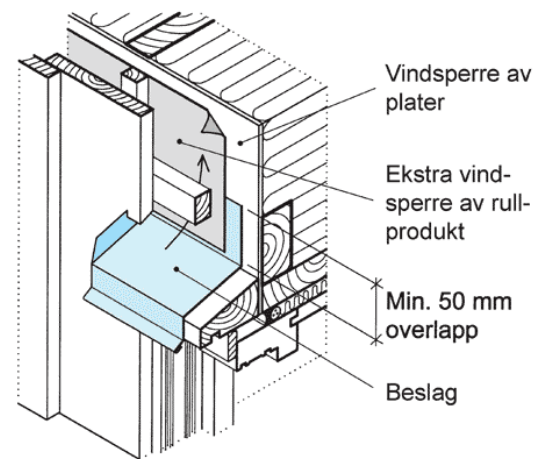
### 8.3.3 Tetthet/ fuktsikring

#### Vindu i vegg med luftet kledning

Prinsippet om to-trinns tetting med adskilt regnskjerm og lufttetting, med et luftet og drenert hulrom mellom, må benyttes også for vindusinnsetting, se eksempel i Figur 19.



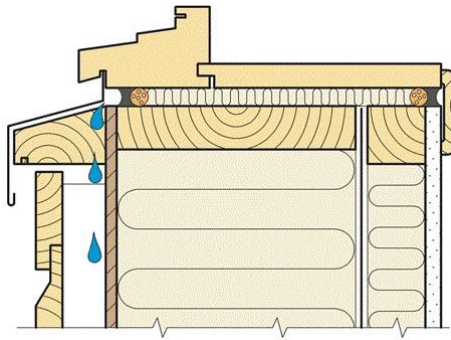
Figur 19 - Prinsipp for utvendig tetning rundt vindu (SINTEF Byggforsk)



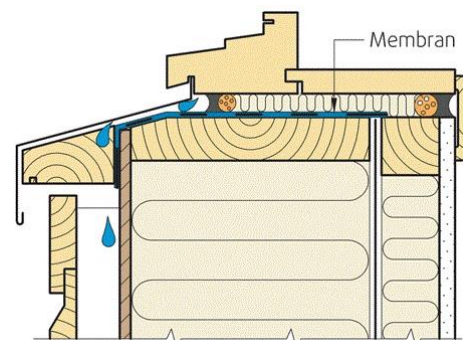
Figur 20- Prinsipp for plassering av vannbrettbeslag i overkant vindu (SINTEF Byggforsk)

Regnskjermen over vindu anbefales utført som vist på Figur 20, med vindspærre som overlapper beslag. Oppbretten må være minst 50 mm og skal føres opp mellom vindspærren av rullprodukt (vindspærreduken) og platevindspærren (eksempelvis GU-plate). Alle vannbrettbeslag må ha dryppkant som går minst 20 mm ut fra fasaden/underlaget, samt har en nedbrett på minst 30-40 mm.

Tetting mellom vinduer og utsparing/yttervegg bør utføres med elastisk fugemasse mot bunnfyllingslist og dytting av mineralull. Vindusprodusenter kan også levere utvendig lufttetting tilpasset sine vinduer. Innsetting med polyuretanskum anbefales ikke. Dette fordi skummet kan sprekke opp ved temperaturbevegelser i vinduskonstruksjonen. Det poengteres viktigheten av at tetting av fuge rundt vindu utføres nøyaktig, både utvendig og innvendig. God tetningen vil hindre trekk og fukt utenfra. Den innvendige tetningen skal også forhindre at fuktig luft avkjøles og avgir fukt i form av kondens, som vil kunne medføre råte og muggvekst i veggpartier rundt vinduene.



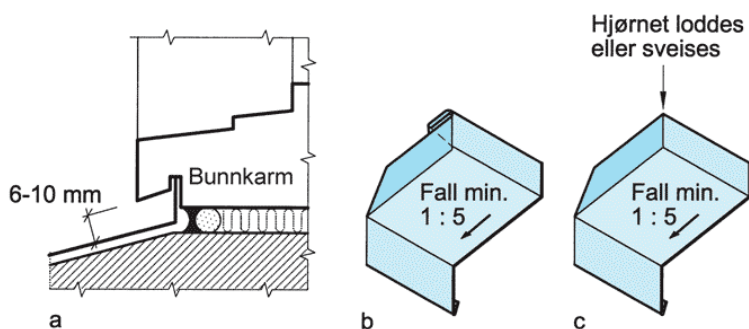
Figur 21 - Vindu plassert med sporet i bunnkarmen for sålbenbeslaget i plan med vindsperran (SINTEF Byggforsk)



Figur 22 - Vindu plassert et stykke inn i isolasjonssjiktet i vegg, og med ekstra fuktsikring under karm og sålbenbeslag (SINTEF Byggforsk)

Vinduets plassering er en viktig faktor ved vurdering av fuktsikring og kuldebro. Vinduer skal ikke plasseres lengre ut i vegglivet enn at sporet i bunnkarmen for sålbenbeslaget er i plan med vindtettingsjiktet. Figur 21 viser en løsning hvor sporet i bunnkarmen for sålbenbeslaget er plassert i plan med vindtettingsjiktet. Dette for å få en bedre fuktsikring for overgang vindu/yttervegg. En bedre løsning med tanke på kuldebro er å plassere vinduet lengre inn i vegglivet, som Figur 22 viser. Dette krever ekstra fuktsikring under karm og sålbenbeslag. 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 22.

Det anbefales at vinduer plasseres slik det er vist på Figur 21. Dette fordi løsningen er enklest å få fuktsikker, samt grunnet slagregns- og nedbørmengdene 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 fuktsikring.



Figur 23 - Oppbrett i ender og bakkant av sålben- og vannbrettbeslag (SINTEF Byggforsk)

Sålben- og vannbrettbeslag må ha oppbrett i begge ender mot vindussmyg, og i bakkant mot vinduets bunnkarm.

Oppbretten i bakkant av beslaget må presses helt opp i sporet i bunnkarmen, se Figur 23a. Hjørnene må være vanntette. Dette utføres enten som vist i Figur 23b, hvor hjørnet er brettet, eller alternativt som i Figur 23c, hvor hjørnet er sveiset/loddet. Løsningen hvor hjørnet er brettet gir helt tette hjørner og anbefales.



## 8.4 Yttervegger mot terreng

Plan 1 i skoledelen har yttervegger mot terreng.

### 8.4.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for yttervegger er  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. TEK 17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle yttervegger til bygget.

### 8.4.2 Anbefalt løsning

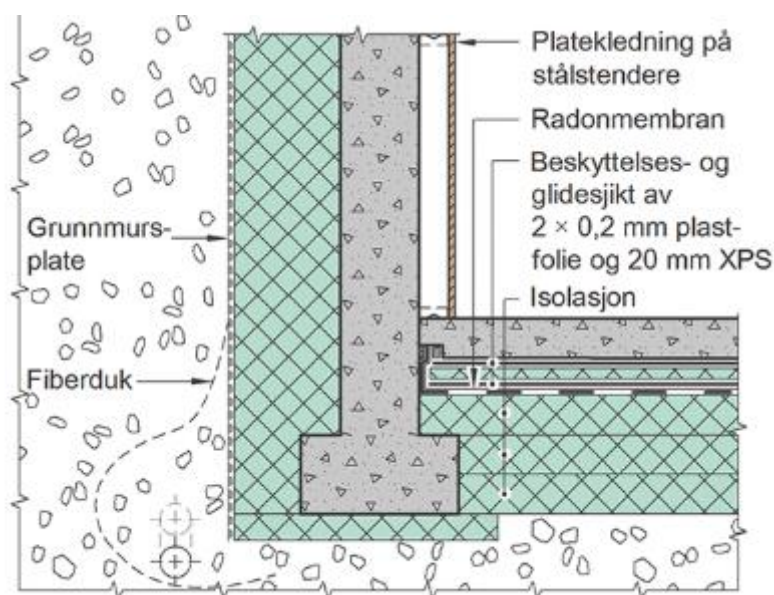
U-verdikravet er  $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$  for yttervegg mot terreng i musikkrommet og  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$  for øvrig yttervegg mot terreng, medregnet grunnens varmemotstand etter NS-EN ISO 13370.

Varmeisolasjonen mot grunnen skal være av trykkfast, kapillærbrytende varmeisolasjon. Kravet tilfredsstilles med en isolasjonstykkelse på minst 100 mm i veggen, med konduktivitet lik eller lavere enn  $0,038 \text{ W/mK}$ .

Fortrinnsvis skal all isolasjonsmengde monteres utenpå betongveggen, eventuelt kan det benyttes sandwichløsninger.

### 8.4.3 Tetthet/ fuktsikring

Det henvises her til kapittel 7.1 og 7.2.



Figur 24 - Eksempel på utførelse av betongvegg mot grunnen (SINTEF Byggforsk)

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, se Figur 24.
- Det bør fylles tilbake med godt drenerende masser. For å sikre god drenering bør det benyttes drenerør, som plasseres med høyeste punkt minst 200 mm under overkant av gulvkonstruksjonen.
- Terreng må planeres med fall fra yttervegg for at tilførselen av overvann til bygningens dreneringssystem begrenses mest mulig.

I overgang mot det fri må grunnmursplate avsluttes med beslag og med fuktbestandig plate videre opp mot luftet kledning.

## 8.5 Gulv på grunn og mot det fri

### 8.5.1 Kravsnivå

Minstekrav til U-verdi for gulv på grunn og mot det fri er  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  iht. TEK 17. Dette kravet gjelder for den gjennomsnittlige U-verdien for alle gulvflater mellom oppvarmet og uoppvarmet areal.

### 8.5.2 Anbefalt løsning

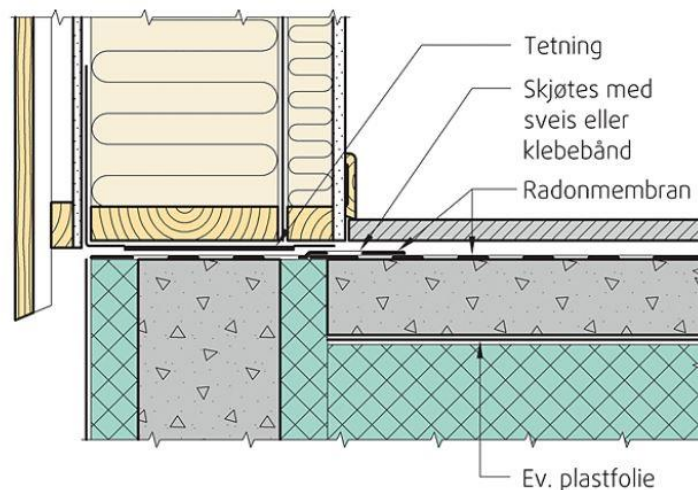
#### Gulv på grunn

Alversund skole utføres med gulv på grunnen.

U-verdikravet er  $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$  for gulv mot grunnen i musikkrommet og  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$  for øvrige rom, medregnet grunnens varmemotstand etter NS-EN ISO 13370.

Varmeisolasjonen mot grunn skal være av trykkfast, kapillærbrytende varmeisolasjon. Kravet tilfredsstilles med en isolasjonstykkelse på 200 mm, med konduktivitet lik eller lavere enn  $0,038 \text{ W/mK}$ .

For å redusere kuldebroverdien i sokkel må man bryte sammenhengen og varmestrømmen mellom gulv og ringmur. Ringmuren skal ha utvendig isolering. Det benyttes minimum 100 mm trykkfast isolasjon, med f.eks. 50 mm på innside og minimum 50 mm på utside av ringmur. Kuldebrotapet reduseres effektivt med 50 mm isolasjon mellom støpt gulv og støpt ringmur, se Figur 25. Den innvendige isolasjonen vil også forhindre fastholdingsriss mellom gulv og vegg.



Figur 25 - Eksempel på løsning der kuldebroen gjennom ringmur og betonggulv er brutt med trykkfast isolasjon (SINTEF Byggforsk)

Det anbefales også markisolasjon generelt i alle deler av landet for å hindre nedkjøling av grunnen og økt varmetap fra golvet/kjellerveggen. I Lindås kommune er i midlertid dimensjonerende frostmengde gitt ved  $F_{50}$  lik  $3000 \text{ h}^\circ\text{C}$ , noe som er svært lavt, og markisolasjon kan sløyfes.

### Gulv mot friluft

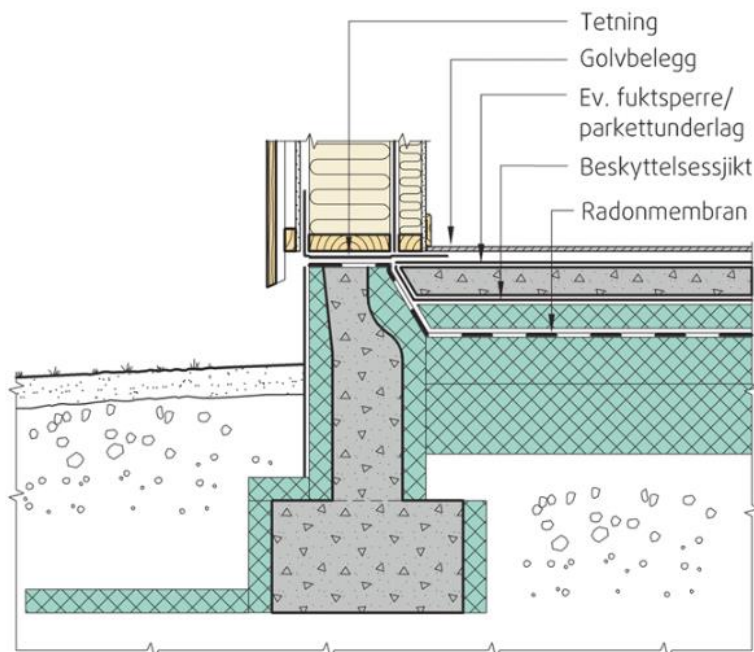
Plan 2 i skoledelen har gulv mot friluft. Dekkene isoleres på undersiden med nedlektet isolert fôring. Det er lagt til grunn en isolasjonstykkelse på 250 mm ( $\lambda=0,037$  W/mK) iht. ARK-tegninger, noe som gir en U-verdi på  $0,17$  W/m<sup>2</sup>K.

### 8.5.3 Tetthet/ fuktsikring

#### Gulv mot grunnen

Gulv må ha tilfredsstillende kapillærbrytning og fuktsperre i form av drenerende masser, radonmembran, dampsperrer og varmeisolasjon.

Radonmembranen legges i øvre del av isolasjonssjiktet, med minimum 2/3 av gulvisolasjonen under membranen, se Figur 26. Det må benyttes beskyttelses- og glidesjikt i form av f.eks. isolasjon eller plastfolie over membranen. Den vil da i stor grad være beskyttet, og faren for punkteringer under videre arbeider begrenses. Dersom membranen legges mellom øverste isolasjonslag og betong, må beskyttelses- og glidesjiktet over membranen være minimum 0,8 mm tykk plast.



Figur 26 Eksempel på plassering av radonmembran plassert i isolasjonssjiktet, med min. 2/3 av isolasjonen under membranen (SINTEF Byggforsk)

For å sikre lufttett tilslutning til bindingsverksvegger, føres membranen inn under konstruksjonen, og klemmes bak vindsperre mot svill.

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

Dersom fundamentet plasseres direkte på avrettet grunn anbefales det å benytte en betong med lav porøsitet for å motvirke kapillærsug opp i betongen.

### Gulv mot det fri

Gulv mot det fri utføres med underliggende isolasjon på kald side og med vindsperre på underside av isolasjon. Prinsippet om to-trinns tetting benyttes for gulv mot det fri, slik som for yttervegger. Det benyttes vindsperre på underside av isolasjon, samt luftet og drenert ytterkledning.

## **8.6 Tak**

Tak er planlagt som flatt kompakt tak, med bærekonstruksjon av hulldekker av betong.

### **8.6.1 Kravsnivå**

Minstekrav til U-verdi for tak er 0,18 W/m<sup>2</sup>K iht. TEK 17. Dette kravet gjelder den gjennomsnittlige U-verdien for alle takflater til bygget.

### **8.6.2 Anbefalt løsning**

Krav til U-verdi yttertak er satt til 0,12 W/m<sup>2</sup>K.

For flate, kompakte tak vil dette kreve 300 mm gjennomsnittlig isolasjonstykkelse, forutsatt isolasjon med varmekonduktivitet lik eller lavere enn 0,035 W/mK.

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

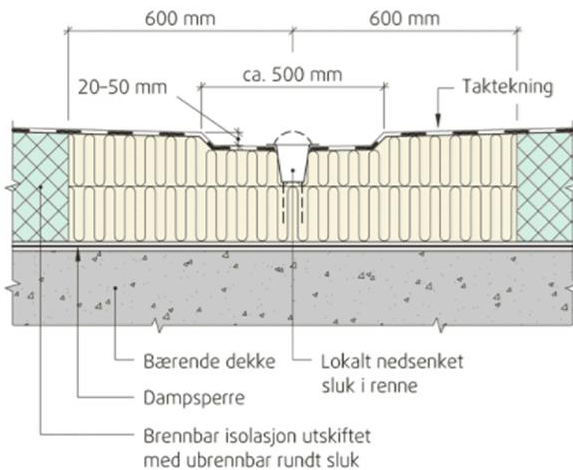
Valg av isolasjonsmateriale må avstemmes med branntekniske krav. For rettvendte tak er det mest vanlig å bruke ubrennbar isolasjon som mineralull eller brennbar isolasjon som EPS, alternativt en kombinasjon. Erfaringen med å bare bruke mineralull er at den føles myk og at den blir mykere etter hvert. For å få et stabilt underlag må man bruke isolasjon med en trykkfasthet på minst 60 kN/m<sup>2</sup> ved 10 % deformasjon.

### **8.6.3 Tetthet/ fuktsikring**

Flatt kompakt tak skal bygges med innvendige taknedløp.

For kompakte tak skal i hovedsak all isolasjon legges oppå bærekonstruksjonen. Fuktsensitive materialer som trevirke skal aldri bygges inn mellom to damprette sjikt, eksempelvis mellom dampsperre og taktekning.

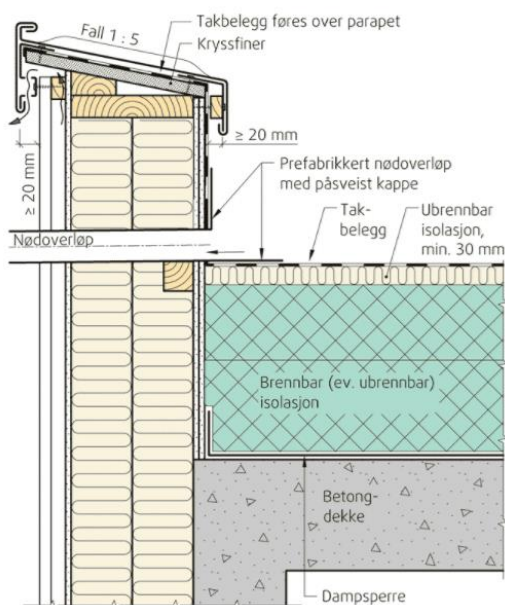
I henhold til TEK 17 skal alle tak ha tilstrekkelig fall, slik at regn og smeltevann renner av. Flate tak skal som hovedregel prosjekteres med fall 1:40 mot sluk eller mot renner med fall til sluk. Renner og vinkelrenner bør ha fall minst 1:60. Flatene må inndeles slik at takarealet pr. sluk blir passende og isolasjonstykkelser er godt fordelt på takplanet. Fall mot sluk bygges opp ved å benytte skråskåret isolasjon. Fallplan for tak skal utarbeides.



Figur 27 Renne med lokal nedsenkning [SINTEF Byggforsk]

Det må tas hensyn til nedbøyinger 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, se Figur 27.

Taket skal også utformes med et nødoverløp som sikkerhet for oppdemming, se eksempel i Figur 28. Nødoverløpet bør plasseres slik at driftsansvarlig raskt oppdager eventuell vannavrenning, og kan renske tette sluk.



Figur 28 Eksempel på plassering av nødoverløp [SINTEF Byggforsk]

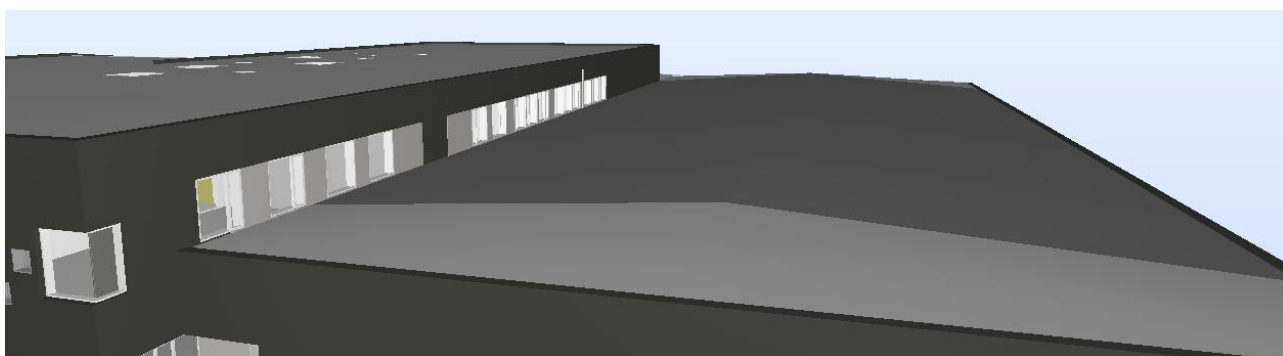
Videre bør følgende prinsipper for detaljprosjektering og utførelse av kompakte tak følges:

- Parapeter bør avhengig av type tekning generelt ikke være lavere enn 200-300 mm høyde over ferdig isolert og tekket overflate.
- Horisontale beslag, for eksempel på parapet/gesims bør ha fall minst 1:5 inn mot takflaten.

- Ved 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.
- 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.

#### Tak til flerbrukshall mot yttervegg til skoledel

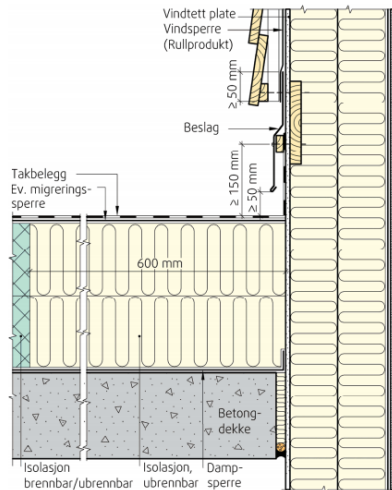
Figur 29 viser overgangen mellom yttertak til flerbrukshall og yttervegg til skoledel i plan 3. RIBfy vurderer denne overgangen som problematisk mhp. potensiell fuktbelastning. På generelt grunnlag skal vann dreneres bort fra klimaskjermen.



Figur 29 Overgang mellom yttervegg til skoledel og yttertak til flerbrukshall

På generell basis bør veggoppbygningen i underkant av vindusfelt ha en høyde på 600-800 mm over overkant til takisolasjon. For å sikre vanntett overgang mellom yttervegg- og tak, må taktekningen føres minst 150 mm opp på vegg, se Figur 30. Vegg har da gjenstående omtrent 450 mm der den kan tørke ut gjennom en dampåpen vindsperre. Problemet med bindingsverksvegg mot inntilliggende tak er at nedre del av vegg (svill) får begrenset mulighet til å tørke ut, og er slik mindre robust ovenfor fukt. Dess lengre uttørkingsvei dess større fare for fuktskader. Man må følgelig være nøye med detaljering og utførelse, samt være streng når det gjelder tillatt fuktinnhold.

I slike tilfeller, og ved bruk av bindingsverk, anbefaler vi å få bygd opp vegg slik at man ikke reduserer veggens uttørkingsevne ytterligere. En mulighet er å trappe hulldekkene for å oppveie for høydeforskjellen mellom taket til flerbrukshallen og innvendig gulv i skoledelen, og da bygge opp vegg på det høyreliggende hulldekke. En annen mulighet er å anlegge sokkel i form av isoblokker som bindingsverksveggen anlegges på. Dersom disse mulighetene ikke er aktuelle bør man benytte ikke-organiske materialer, evt. tørt trykkimpregnert trevirke til å bygge opp vegg.



Figur 30 Eksempel på avslutning mot vegg av bindingsverk med vindsperre av plateprodukt supplert med vindsperre av rullprodukt

### Taktekning

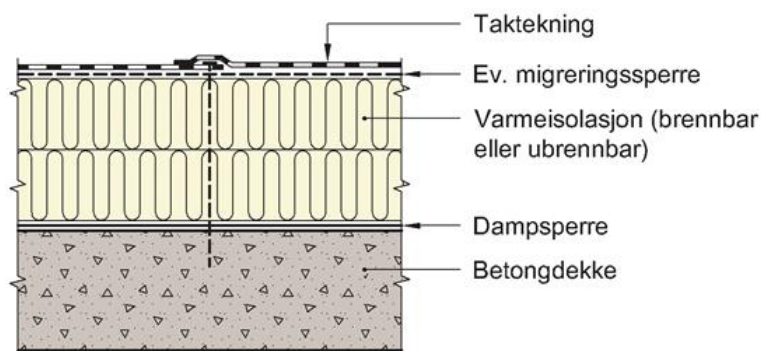
Kompakte tak må tekkes med en solid takmembran som tåler belastningen fra aktuelle påkjenninger, som vanntrykk og isskuring. Taktekning helsveises og festes mekanisk med festeskiver og skruer. Tekning føres helt opp på parapet/gesims, og føres ned på utsiden. Aktuelle tekningmaterier er takbelegg av asfalt-, plast- eller gummimembraner med limte eller sveisede skjøter. 2-lags asfalt takbelegg med sveisede skjøter er å anbefale. Siste lag kan da utsettes å legges til etter at det meste av takarbeidet er utført, slik at man reduserer risikoen for skade på øverste membranlag. Dersom det benyttes membran av PVC-folie på plastisolasjon må det legges en migreringssperre av ca. 100 g/m<sup>2</sup> glassfilt imellom for å hindre myknervandring.

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

Det er vanlig å teste taktekning 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.

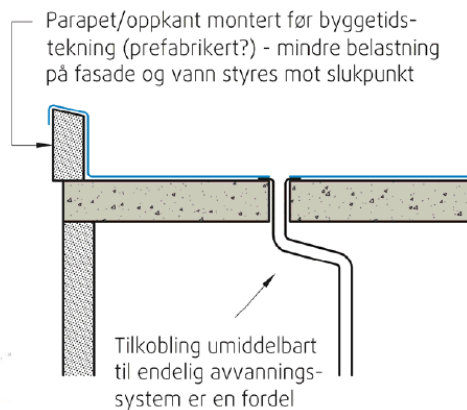
### Dampsperre/byggetidstekking

Det må legges dampsperre mellom bærekonstruksjonen og isolasjonen, se Figur 31.



Figur 31 - Rettvendt tak med bærekonstruksjon av betong (SINTEF Byggforsk)

Det anbefales å benytte dampsperre i form av takmembran direkte på takdekket som fungerer som «byggetidstekking». Altså at den under byggetiden sikrer tilstrekkelig sikkerhet, tetthet og beskyttelse. Byggetidstekkingen vil slik erstatte dampsperran, og bestå av sveisbart takbelegg/membran med helsveisede skjøter. Denne bør bli tilkoblet umiddelbart til endelig avvanningsystem. Det er fordelaktig om membranen er lagt opp på parapet for å begrense vannbelastningen på fasaden, se Figur 32.



Figur 32 - Prinsippkisse av utførelse av byggetidstekking (Sintef Byggforsk)

For å ta hensyn til eventuelle dilatasjonsfuger i hulldekker, 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.

#### 8.6.4 Takterrasser

Det skal ikke bygges takterrasser på Alversund skole.

### 8.7 Bygningsdeler mellom oppvarmede og uoppvarmede arealer

#### 8.7.1 Kravsnivå

For å unngå kondensproblematikk og for å sikre termisk komfort, må bygningsdeler som grenser mellom uoppvarmede og oppvarmede soner isoleres tilnærmet som om de var bygningsdeler mot det fri. Energisentral i plan 1 og teknisk rom i plan 3 er ikke tilført varme fra bygningens varmesystem, og bygningsdeler som grenser mot de nevnte sonene bør isoleres. Anbefalinger i dette kapitlet er gitt for å unngå kondensproblematikk og for å sikre termisk komfort.

#### 8.7.2 Anbefalt løsning, energisentral

##### Skillevegg

Skillevegg mellom energisentral og skoledel anbefales utført med 100 mm isolert bindingsverk.

##### Etasjeskiller

Himling mot plan 2 i skoledel anbefales isolert med 50 mm isolasjon på kald side. I midlertid er skoledelen planlagt utført med gulvvarme, og i så måte kan isolering av etasjeskiller være overflødig. Det forutsetter at gulvvarmen i skoledelen ikke slås av.



### 8.7.3 Anbefalt løsning, teknisk rom

#### Skillevegg

Skillevegg mellom teknisk rom og skoledel anbefales utført med 100 mm isolert bindingsverk.

#### Etasjeskiller

Etasjeskiller mellom teknisk rom og skoledel anbefales utført med 50 mm isolasjon i overkant av dekket.

## 8.8 Spesielle forhold, rom og konstruksjoner

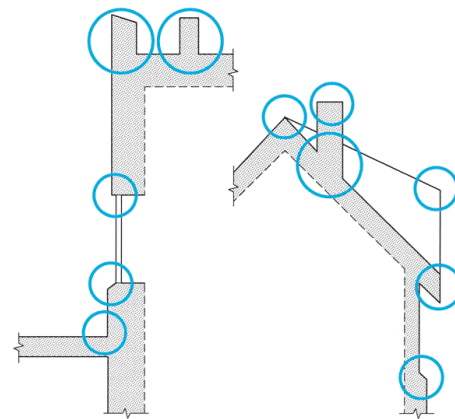
### 8.8.1 Beslag

Løsning for overgang mellom bygningsdeler skal beskrives og tegnes i detalj. Typiske bygningsdeler og overganger som bør dekkes av beslag vises i Figur 33. Tilstrekkelig sikkerhet, tetthet og beskyttelse i byggetiden må vurderes.

Beslag fungerer som avrennings skjerm i en totrinnstetning, og blir typisk brukt i overganger mellom bygningsdeler.

Beslag skal ikke være det eneste tettesjiktet mot vanninntrenging. Dersom beslaget ligger mot et underlag uten lufting, og en vannlekkasje kan føre til fuktskader, må man som ekstra sikring bruke vanntett membran under beslaget.

Horisontale beslagsdeler må utformes slik at de har fall på minst 1:5. I luftet kledning må beslaget utformes slik at vann kan dreneres ut av luftespalten.



Figur 33 - Typiske bygningsdeler og overganger som bør dekkes av beslag (SINTEF Byggforsk)

Parapet-/gesimsbeslag skal føres ned forbi luftespalten til den luftede kledningen. Beslag må avsluttes slik at ikke nedbør kan drive inn, eventuelt at det lages en annen utforming som hindrer slagregn å presse seg opp bak beslag. Bruk av innfestingsbeslag med luftehull anbefales.

Alle beslag må ha dryppkant som går minst 20 mm ut fra fasaden/underlaget. Beslag må ikke være til hinder for luftgjennomstrømning eller drenering av luftspalte bak værskjerm.

Beslagskjøter bør dobbelfalses eller skjøtes på andre likeverdige eller bedre måter. Det er også viktig at det tas hensyn til temperaturbevegelser for metallet. Tetting med omløpskjøt og fugemasse må ikke benyttes. Heller ikke nagler eller loddede buttskjøter er egnet skjøting. Tverrskjøter bør fortrinnsvis falses. Man sikrer slik at skjøten forblir tett, samt at man ikke risikerer at beslag blir ødelagt som følge av temperaturbevegelser.

Mellom beslag og evt. trevirke må det opprettholdes en vertikal avstand på minst 6 mm.

### 8.8.2 Våtrom

Våtrom er nærmere behandlet i under kapittel 7.6.

### 8.8.3 Kjøle og fryserom

Eventuelle kjøle- og fryserom skal bygges som «rom-i-rommet» og fortrinnsvis ved bruk av prefabrikerte elementer. Det skal påsees at det sikres tilstrekkelig lufttetting av isolasjonssjikt, samt

mot inntilliggende rom. Overganger mot oppvarmede arealer og uteklimaet, samt eventuelle gjennomføringer, må vies spesiell oppmerksomhet.

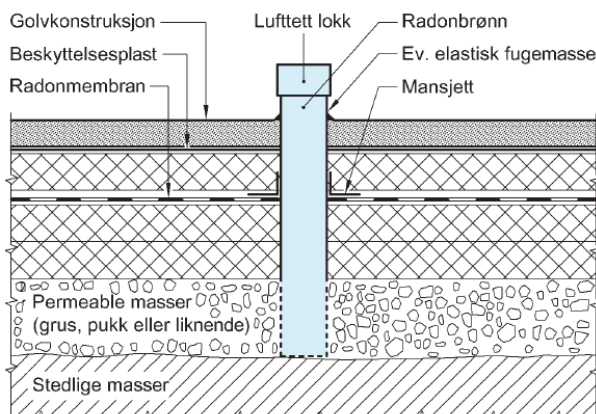
Kjøle- og fryserom må utføres på en måte som gjør at energibruk for å opprettholde ønsket temperatur holdes på et akseptabelt nivå. Dette innebærer at isolasjonstykkelse i skillekonstruksjonen må tilpasses temperaturforskjellen mellom sonene. Skillekonstruksjonen skal ha dampsperrsjikt i form av plastfolie eller diffusjonstette plater på varm side. Plassbygde konstruksjoner må detaljprosjekteres.

#### 8.8.4 Sjakter

Ytre del av trappesjakt mot friluft isoleres som for vegger definert i kapittel 8.2 og tak definert i kapittel 8.6. Resterende sjakter er forutsatt å gå gjennom oppvarmede rom og trenger ikke å isoleres av varmetekniske årsaker.

#### 8.8.5 Radon

Rom for varig opphold mot grunn må sikres mot inntrenging av radongass. I henhold til TEK 17 og anbefalingene fra Statens Strålevern skal radonkonsentrasjonen i inneluften holdes så lavt som mulig, og skal ikke overstige  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Etter § 13-5 skal bygninger beregnet for varig opphold ha radonsperre mot grunnen. Radonmembranen må være tett og godkjent for bruksgruppen utfra plassering i konstruksjonen. Alle skjøter, overganger og gjennomføringer må tettes tilstrekkelig i form av sveising, fuging og bruk av mansjetter. Se eksempel på tetting rundt gjennomføring i Figur 34.



Figur 34 - Eksempel på radonbrønn montert i gulvkonstruksjon [Byggdetaljblad 520.706]

Som passiv radonbeskyttelse benyttes radonsperre i form av radonmembran i gulv på grunn. Radonmembran i bruksgruppe B med bruk av beskyttelses- og glidesjikt anbefales, se kapittel 8.5.3 for beskrivelse av anbefalt plassering.

Etter § 13-5 skal det også tilrettelegges for fremtidige tiltak i byggegrunnen som kan aktiveres dersom målinger i ferdig bygg viser for høye verdier, for eksempel med radonbrønner eller perforerte avtrekksrør under betongplaten.

Videre i detaljprosjektet bør det utføres en særskilt detaljering av radonsikring.

## 9 Kontroll av energistandard

### 9.1 Generelt

Skoledelen er modellert i SIMIEN versjon 6.009. SIMIEN er et dynamisk simuleringsprogram validert etter NS-EN 15265. Modellen er benyttet for å evaluere bygget mot energikravene i TEK 17, Energimerke og NS3701.

Lengder og areal er målt av RIBfy på ARK tegninger av dato 16.02.2018. Høyder er målt av RIBfy på ARK-tegninger av dato 25.09.2017. Dør- og vindusareal er målt av RIBfy på IFC-modell av dato 22.04.2017.

Verdier iht. premisene og forutsetningene angitt i kapittel 5.1 og 5.2 er benyttet som inngangsverdier i modellen.

### 9.2 Sentrale inndata

I Tabell 6 nedenfor er de viktigste inndataverdiene gjengitt.

Tabell 6 - Sentrale inndata skoledel

Beskrivelse	Evaluerings mot TEK17	Beregning av energimerke	Evaluerings mot NS 3701
U-verdi yttervegg, mot friluft [W/m <sup>2</sup> K]	0,16	0,16	0,16
U-verdi yttervegg, mot terreng [W/m <sup>2</sup> K]	0,22	0,22	0,22
U-verdi yttervegg, mot terreng i musikkrom [W/m <sup>2</sup> K]	0,30	0,30	0,30
U-verdi yttertak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,12	0,12
U-verdi gulv mot friluft [W/m <sup>2</sup> K]	0,17	0,17	0,17
U-verdi gulv på grunn [W/m <sup>2</sup> K]	0,10	0,10	0,10
U-verdi gulv på grunn i musikkrom [W/m <sup>2</sup> K]	0,13	0,13	0,13
U-verdi vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03	0,03
Lekkasjetall [luftvekslinger pr time]	0,6	0,6	0,6
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	90	90	85
Samlet vindus- og dørareal delt på BRA [%]	11,2	11,2	11,2
Luftmengde i driftstid [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	12,8	12,8	8
Luftmengde utenfor driftstid/ferie [m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup> ]	2,0	2,0	1
Tilluftstemperatur normal [°C]	19	19	19
Tilluftstemperatur sommer [°C]	18	18	18
Varmetilskudd fra belysning [W/m <sup>2</sup> ]	8	8	4,5
Varmetilskudd fra teknisk utstyr [W/m <sup>2</sup> ]	6	6	4
Varmetilskudd fra personer [W/m <sup>2</sup> ]	12	12	12
Driftstid for oppvarming, belysning, utstyr og ventilasjon [h]	10	10	10
Oppholdstid for personer [h]	10	10	10
Totalt installert effekt kjølebatterier [W/m <sup>2</sup> ]	29	50	29
Totalt installert effekt lokal kjøling [W/m <sup>2</sup> ]	-	40	-

### 9.3 Energiforsyning

Alversund skole skal benytte varme fra varmepumpe. Oppvarming vil bestå av vannbåren oppvarming med energibrønner som varmekilde. Spiss- og reservedekning skal utføres med el. kjel koplet i serie med varmepumpe.

Det er forutsatt at varmepumpen står for 90% av varmebehovet til rom- og ventilasjonsoppvarming. Varmepumpen vil i tillegg stå for 50 % av varmebehovet til oppvarming av tappevann. Oppvarmingssystemet og tilhørende systemvirkningsgrader er nærmere beskrevet under kapittel 9.8.

Kjøling i bygget skal dekkes med frikjøling via energibrønner, se kapittel 9.9 for nærmere beskrivelse.

Oppvarmingsanleggets systemvirkningsgrader og kjøleanleggets effektfaktorer som skal benyttes ved ferdigstilling av bygget må dokumenteres av entreprenør ved hjelp av beregninger utført iht. NS-EN 15316-1. Dersom dette ikke gjøres må det benyttes verdier fra NS 3031.

### 9.4 Varmetap

#### U-verdier

U-verdier for vegger, tak, gulv, vinduer og dører er angitt i Tabell 6.

#### Kuldebroer og tetthet

Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall er angitt i kapittel 5.1 og 5.2.

### 9.5 Varmekapasitet

Skillekonstruksjoner tar opp og avgir varme til rommet. Materialets evne til å lagre varme kalles varmekapasitet og avgjør hvor godt en bygning holder på varmen. Tunge konstruksjoner som naturstein og tegl har større varmekapasitet enn lette konstruksjoner som for eksempel gipsplater.

I skoledelen er overflater til innvendige vegger forutsatt å bestå av gipsplater. Etasjeskillere i bygget består av hulldekker. Himlinger er utført med bruk av systemhimling. Gulv er forutsatt å være utført med beleg. Normalisert varmekapasitet for bygget er beregnet til 81 Wh/m<sup>2</sup>K.

### 9.6 Solskjerming

For vinduer i solbelastet fasade er det forutsatt innvendig solskjerming iht. føringer fra ARK. Det presiseres at innvendig screen er benyttet i energiberegningene, men at RIBfy fortsatt anbefaler utvendig solskjerming som beskrevet i kapittel 8.3. Solfaktor i aktivisert stilling for disse vinduene er 0,19. Verdi for solfaktor i ikke-aktivisert stilling er rutens g-verdi, på 0,30. Verdiene som er benyttet i evalueringene er kun anslått av ARK, men blir benyttet da de er lavere enn verdiene for innvendig screen i NS 3031 Tab. E.2. På den måten er løsningen konservativ mhp. å klare energirammekravet.

For vinduer i fasader som ikke er solbelastet er det forutsatt vinduer med g-verdi på 0,30.

Etter føringer fra ARK er det lagt til grunn overlys uten solavskjerming. I samspillsfasen er det valgt å benytte overlys med g-verdi på 0,57.

Gjennomsnittlig total solfaktor for vindu og solskjerming i skoledelen er for alle vinduer lik 0,22. Solfaktorer må oppdateres videre i detaljprosjektfasen, ettersom glass- og solskjermingsleverandører må dokumentere produktenes egenskaper.

## 9.7 Internlaster

### TEK 17 og Energimerke

Ved evaluering mot TEK 17 er verdier for internlaster fra NS 3031 benyttet.

For belysning er belysningseffekten for skoledelen redusert fra 10 til 8 W/m<sup>2</sup>. Dette fordi belysning skal utføres med styringssystem.

### Passivhus

Det skal benyttes styringssystem av lys, med hensyn på dynamisk behovstyring ved tilstedeværelse og etter dagslys. I henhold til NS 3701 skal minst 60 % av installert effekt til belysning være underlagt dette styringssystemet.

Belysningseffekten for skoledelen satt til 4,5 W/m<sup>2</sup>, etter kravet til høyeste netto spesifikt behov til belysning etter NS 3701.

Videre i detaljprosjektfasen må energibehovet til lys dokumenteres etter NS-EN 15193 med driftstider fra NS 3031.

## 9.8 Oppvarming

Alversund skole blir prosjektert som passivhus, og vil i utgangspunktet ha et lavt varmetap gjennom transmisjon og infiltrasjon. Rom med oppvarmingsbehov vil være oppvarmet med bruk av vannbåren gulvvarme.

Oppvarmingssystemets virkningsgrad tas med i beregning av levert energi til bygget. Iht. kravspesifikasjon skal varmpumpen ha COP på 3,5. Der ikke annet er oppgitt benyttes veiledende inndata for systemvirkningsgrader fra tillegg B i NS 3031.

For oppvarming med nevnte varmpumpe foreskriver tillegget en systemvirkningsgrad på 3,02 for distribusjon via gulvvarme. For oppvarmingssystemet er det forutsatt tur-/returtemperatur lik 35/30 °C.

For oppvarming med elektrisitet og gulvvarme foreskriver tillegget en systemvirkningsgrad på 0,83.

## 9.9 Kjøling

Kjøling i bygget skal utføres ved sentral kjøling av ventilasjonsluft med bruk av frikjøling fra energibrønn. Dette tilsvarer i utgangspunktet en høy effektfaktor. Etter veileder til forskrift om energivurdering av tekniske anlegg og energimerking av bygninger, blir man begrenset til kjølefaktor 2,7. Dette selv om kjølefaktorene spesielt ved frikjøling kan være langt høyere. Bygg med store kjølebehov som bruker fri/fjernkjøling skal slik begrenses til å bruke en faktor som tilsvarer den verdien som er satt i NS 3031 for effektfaktor kjølemaskin.

For både TEK 17, Energimerke og Passivhusberegning, er det benyttet konservativ effektfaktor på 2,7, i samsvar med veileder til energimerkeforskriften.

Kjøleenergi fra energibrønnen kjøler ned vann i et lukket vannbårent system (isvannsystem), som igjen sirkulerer nedkjølt vann til ventilasjonsaggregatene kjølebatterier, såkalt sentral ventilasjonskjøling. Det er forutsatt installert 247 kW kjøling i bygget, noe som tilsvarer 29 W/m<sup>2</sup>. Det presiseres at dette er ventilasjonskjøling for å tilfredsstillere inneklimatekrav, dvs. prosesskjøling er ikke inkludert.

Ved energimerking av bygget er det i tillegg benyttet fiktiv lokal kjøling for å tilfredsstillere HMS-krav til maksimal innetemperatur. Dette er gjort i henhold til §10 i veiledningen til Energimerkeforskriften. Fiktiv lokal kjøling er ikke inkludert ved evaluering etter energikravene i TEK.

## 9.10 Ventilasjon

Bygget har ventilasjonanlegg med variable luftmengder (VAV). RIV har ikke gitt dimensjonerende luftmengde for Alversund skole. Dette må opplyses om i detaljprosjektfasen. For de ulike energiberegningene skal følgende legges til grunn:

- For TEK-evalueringer skal det benyttes luftmengder dimensjonert ut fra reell persontetthet og reelle materialbelastninger, men begrenset av forutsetninger gitt av NS 3031 tabell H2.
- For passivhus-evalueringer skal det benyttes luftmengder dimensjonert ut fra normalisert persontetthet gitt av NS 3701 tabell A1 og reelle materialbelastninger.
- For energimerking skal det benyttes tilsvarende luftmengder som for TEK-evaluering, men luftmengden har ingen begrensning oppad.
- For energiberegning med reelle verdier, skal reelle forutsetninger for behovsstyring, og reelle luftmengder benyttes.

Beregningsmessig er VAV-anleggene lagt inn i SIMIEN-modellen som CAV-anlegg. Det er ikke opplyst om vedrørende hvordan ventilasjonsanleggene skal driftes, om f.eks. skal gå på minimum luftmengde, eller skal være avslått utenom driftstid.

Ved evaluering etter passivhuskrav settes luftmengdene utenom driftstid lik minste tillatte gjennomsnittlige luftmengde etter NS 3701 Tab. A.2. I driftstiden er luftmengdene satt til  $8,0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , og  $1,0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  utenfor driftstid. SFP-faktor i driftstiden er satt til  $1,5 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$  iht. kravspesifikasjon, samt  $0,7 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$  utenfor driftstid.

For energiberegninger etter TEK 17 og energimerke, settes luftmengde iht. NS 3031.

Beregningsmessig er VAV-anleggene modellert som CAV-anlegg, med 80 % av dimensjonerende luftmengde iht. beregningsregler i NS 3031. I driftstiden er luftmengden satt til  $12,8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  iht. Tab. B.1 i NS 3031. Utenfor driftstiden og i helger og ferier er luftmengden satt til  $2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ . SPF-faktor i driftstiden er beregnet til  $1,24 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$ , samt  $0,7 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$  utenfor driftstiden.

Ventilasjonsaggregatene er utstyrt med roterende varmegjenvinner. For energiberegninger etter TEK 17 og energimerkeforskriften er gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad lik 90 %, som er en beregningsmessig forbedring som følge av reduserte luftmengder i driftstid. For evaluering etter passivhuskrav er gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad satt til 85 % iht. kravspesifikasjon.

Driftstid for anleggene er satt til 10 timer etter NS 3031 og tilluftstemperaturer er satt til  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  og  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  sommer.

## 10 Evaluering mot TEK 17

I henhold til §14-2 Krav til energieffektivitet i TEK 17 kan skoledelen kun oppfylle kravene til energieffektivitet ved å ikke overstige energirammen for skolebygning. I tillegg skal minstekrav i §14-3 tilfredsstilles.

Ved evaluering mot TEK 17 benyttes Oslo klima og standardverdier i henhold til NS 3031. Bygningen tilfredsstiller kravet til energieffektivitet gitt i §14-2.

Bygningen tilfredsstiller også krav til energiforsyning med at det ikke benyttes fossilt brensel og at energikilden er energifleksibel. Bygning over 1000 m<sup>2</sup> oppvarmet BRA skal ha energifleksible varmesystemer og tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Energifleksibel varmekilde innebærer at bytte av varmekilde er en reell mulighet, noe som vannbåren varme tillater. En preakseptert ytelse ved lavtemperatur varmeløsninger, er at de har turtemperatur på 60 °C eller lavere ved dimensjonerende forhold. Varmeanlegget vil derfor også tilfredsstille dette kravet. Avsatt areal til varmesentralen til Alversund skole må være minimum 95 m<sup>2</sup>, iht. preaksepterte ytelser gitt i veiledning til §14-2(2). Tak høyden til varmesentralen skal være minimum 2,5 m, og transportveien inn til varmesentralen må ha dører med fri bredde på minimum 1,0 m, som også er iht. de preaksepterte ytelsene i §14-2(2).

Energiramme kravet angitt i §14-2 tillater et samlet netto energibehov på 110,0 kWh/m<sup>2</sup>år for skolebygg. Skoledelen har et beregnet netto energibehov på 72,5 kWh/m<sup>2</sup>år. Energiramme kravet er følgelig tilfredsstilt. Det samme er minstekravene.

Tabell 7 til Tabell 10 viser beregningsresultatet hvor skoledelen evalueres opp mot TEK 17. Bygget vil ved disse forutsetningene tilfredsstille TEK 17.

Tabell 7 Evaluering TEK17

Resultater av evalueringen	
Evaluerings av	Beskrivelse
Energiramme	Bygningen tilfredsstillende energirammen iht. §14-2 (1)
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillende minstekravene i §14-3
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillende minstekrav gitt i NS3031:2014 (tabell A.6)
Energiforsyning	Fossilt brensel benyttes ikke i oppvarmingsanlegget (§14-4)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillende byggeforskriftenes energikrav

Tabell 8 Energiramme TEK 17

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	7,3 kWh/m <sup>2</sup>
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	3,5 kWh/m <sup>2</sup>
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	10,1 kWh/m <sup>2</sup>
3a Beregnet energibehov vifter	12,3 kWh/m <sup>2</sup>
3b Beregnet energibehov pumper	2,2 kWh/m <sup>2</sup>
4 Beregnet energibehov belysning	17,7 kWh/m <sup>2</sup>
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	13,3 kWh/m <sup>2</sup>
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m <sup>2</sup>
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	6,1 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt beregnet energibehov	72,5 kWh/m <sup>2</sup>
Forskriftskrav netto energibehov	110,0 kWh/m <sup>2</sup>

Tabell 9 Minstekrav TEK17

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,17	0,22
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,12	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50

Tabell 10 Krav til energiforsyning TEK 17

Energiforsyning (§14-4 (1))	
Beskrivelse	Verdi
Bruker fossilt brensel til oppvarming	Nei



## 11 Beregning av Energimerke (per 04.06.2018)

Alle bygg over 1 000 m<sup>2</sup> skal til enhver tid ha gyldig energiattest. Yrkesbygg som består av flere bygningskategorier skal ha en attest per bygningskategori.

Energikarakteren hentes ut fra en karakterskala som går fra A (best) til G (dårligst). Karakteren er den samlede vurderingen av byggets energiytelse og er basert på beregnet levert energi, beregnet etter NS 3031 med de samme standardverdier som benyttes ved evaluering mot forskriftskravene. Energikarakteren fastsettes etter en standardisert beregning, hvor det er bygningens kvaliteter og tekniske installasjoner som betyr noe. Hvor mye energi som faktisk brukes påvirker derfor ikke karakteren.

Oppvarmingskarakteren gis med en femdelt rangering fra rødt til grønt. Oppvarmingskarakteren gis etter en beregning, basert på de systemene som er installert for oppvarming av rom og tappevann i bygningen. Grønt er beste karakter og gis der boligen eller bygningen har systemer hvor en kan bruke en høy andel av andre energivarer enn elektrisitet, olje eller gass, mens bruk av kun fossilt brensel og direkte bruk av elektrisitet gir rød karakter. Karakteren er uavhengig av energibehovet i bygningen og av energikarakteren (energimerking.no).

Beregnet levert energi er iht. NS 3031 definert som «Summen av energi, uttrykt per energivarer, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes». For levert energi tas varme- og kjølesystemets effektfaktor med i beregningen. Hvis bygget eksempelvis får levert varme fra en varmepumpe vil dette grunnet høy effektfaktor gi en bedre energikarakter enn oljefyring som har virkningsgradstap ved forbrenningen.

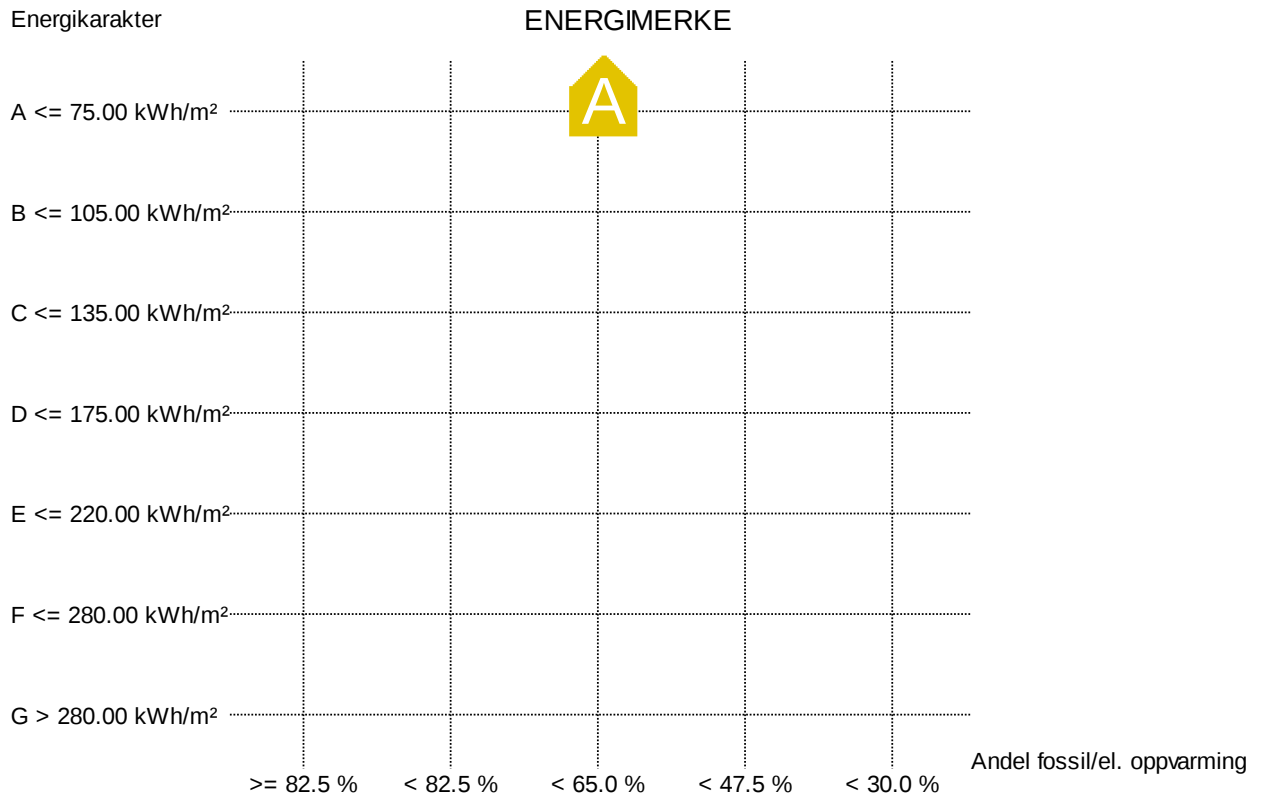
Ved beregning av energimerke benyttes Oslo klima og standardverdier i henhold til NS 3031. Forskriftene forutsetter at det skal gjennomføres tetthetsmåling for å verifisere lekkasjetall.

Siste oppdaterte beregning er utført 04.06.2018. Resultatet fra denne gjenspeiler tilgjengelig informasjon i denne fasen av prosjektet og foreløpig valg av løsninger. Inndata fra Tabell 6 er lagt inn i simuleringsmodellen.

Resultatet viser at bygget vil få en energibruk (levert energi til bygget) på 64,5 kWh/m<sup>2</sup>år ved normalisert klima, og en andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov på 51,0 %.

Bygget vil ved disse forutsetningene få energikarakter A og oppvarmingskarakter gul, se Figur 35.

Iht. energimerkeordningens juridiske veileder, skal energikarakteren beregnes i forhold til prosjektert ventilasjonsbehov for å tilfredsstille HMS-krav i blant annet TEK 17. Som følge av at luftmengder ikke er ferdig prosjektert, er det i samspillsfasen benyttet normerte luftmengder iht. NS 3031. Beregningen må følgelig oppdateres.



Beregnet levert energi normalisert klima: 64.54 kWh/m²  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 51.0 %

Figur 35 Energimerke for skoledelen til Alversund skole

## 12 Evaluering mot NS3701

Ved evaluering mot NS 3701 benyttes lokale klimadata og standardiserte inndata for beregning av energibehov etter NS 3031, i tillegg til normerte verdier i NS 3701 Tillegg A.

Varmetapstallet for passivhus med oppvarmet BRA  $\geq 1\ 000\ \text{m}^2$  skal ikke overskride  $0,40\ \text{W}/\text{m}^2\text{K}$ .

Varmetapstallet omfatter iht. NS 3701 kun transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap.

Maksimalt oppvarmingsbehov etter lokalt klima (romoppvarming og ventilasjonsvarme) bestemmes med bakgrunn i årsmiddeltemperatur og oppvarmet BRA. For skoledelen til Alversund skole benyttes klimadata for Bergen, og netto spesifikt krav til oppvarming må være innenfor  $20\ \text{kWh}/\text{m}^2\text{år}$ .

Det stilles krav om tetthetsprøving og termografering av bygningskonstruksjonen i samsvar med NS-EN ISO 9972:2015 og NS-EN 13187.

*Tabell 11 - Krav til oppvarmingsbehov, varmetapstall, kjølebehov og gjennomsnittlig effektbehov belysning for passivhus iht. NS3701*

Beskrivelse	Skolebygg
Maksimalt årlig oppvarmingsbehov [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]	20
Høyeste tillatte varmetapstall [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	0,4
Netto kjølebehov [ $\text{kWh}/\text{m}^2$ ]	2,7
Gjennomsnittlig effektbehov belysning, [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	4,5

Tabell 12 til Tabell 15 viser beregningsresultatet hvor skoledelen evalueres opp mot NS 3701 og passivhuskriterier. Bygget vil ved disse forutsetningene tilfredsstille passivhuskravene i NS 3701 til skolebygg.

Tabell 12 Evaluering mot NS 3701

Resultater av evalueringen	
Evalueringskriterium	Beskrivelse
Evaluering mot NS 3701	
Varmetapsramme	Bygningen tilfredstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredstiller alle krav til passivhus

Tabell 13 Varmetapsbudsjett

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,04
Varmetapstall tak	0,06
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,02
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,09
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,06
Totalt varmetapstall	0,30
Krav varmetapstall	0,40

Tabell 14 Krav til energiytelse

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	6,9 kWh/m <sup>2</sup>	20,0 kWh/m <sup>2</sup>
Netto kjølebehov	1,0 kWh/m <sup>2</sup>	2,7 kWh/m <sup>2</sup>
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,5 W/m <sup>2</sup>	4,5 W/m <sup>2</sup>

Tabell 15 Minstekrav NS 3701

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,80	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	1,50	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60