

Premissnotat Bygningsfysikk, Espeland VBA

Beskriver premisser for fuktsikkerhet,
energieffektivitet, radon og lufttetthet



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Bergen kommune
 Tittel på rapport: Premissnotat Bygningsfysikk, Espeland VBA
 Oppdragsnavn: Espeland vba Detaljprosjektering
 Oppdragsnummer: 613898-02
 Utarbeidet av: Robert Gravdal
 Oppdragsleder: Tom Monstad
 Tilgjengelighet: Åpen

Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS
02	30. sep. 2021	Detaljprosjekt	RG	MB
01	6. apr. 2018	Forprosjekt	RG	HAE

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Bergen Kommune for å utføre bygningsfysisk prosjektering i forbindelse med utvidelse av Espeland Vannbehandlingsanlegg.

Notatet tar for seg bygningsfysiske utfordringer som gjelder for tilbygg med nytt prosessanlegg og eksisterende del med kontor og eksisterende prosessanlegg.

Robert Gravdal har hatt hovedansvaret for prosjekteringen, Magnar Berge har kvalitetssikret og Tom Monstad har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Bergen, 30.09.2021

Tom Monstad

Oppdragsleder

Magnar Berge

Kvalitetssikrer

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	5
1.1.	Generelt	5
1.2.	Klimadata	5
1.3.	Forutsetninger for simuleringer	6
2.	Relevante myndighetskrav	7
2.1.	Byggteknisk forskrift (TEK17)	7
2.2.	Prosjektspesifikke krav	8
3.	Oppbygning av bygningsdeler, kontordel	9
3.1.	Gulv	10
3.2.	Yttervegger over terreng	11
3.3.	Innvendige klimaskillevegger	13
3.4.	Tak	14
3.5.	Vinduer og dører	15
3.6.	Kuldebroer	16
3.7.	Slambygg (bygg C)	16
4.	Prosessdel	18
4.1.	Gulv på grunn	18
4.2.	Yttervegger	19
4.3.	Tak	19
4.4.	Vanntemperatur	20
4.5.	Avfukting	20
4.6.	Krav til maks RF	20
4.7.	Delvis oppvarmede rom i tilbygget	21
4.8.	Korrosjon	21
4.9.	Varmestrøm	22
5.	Energi	23
5.1.	Metodikk og Simuleringsprogram	23

5.2. Forutsetninger og sentrale inndata	23
5.3. Resultater	27
6.	Radon 29
7.	Våtrom 31
8.	Byggfukt 32
9.	Tetthet 34
Vedlegg 1 - Sjekkliste for dokumentasjon av inndata36	

1. Innledning

1.1. Generelt

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

Bygningsfysiker skal bidra til å utforme bygningselementer på en slik måte at bygget oppnår ønskede kvaliteter med tanke på energi, varmetransport, fuktsikkerhet, lufttetthet og radonsikring. Dette notatet oppsummerer relevante krav, samt anbefalinger og løsninger vedrørende oppbygningen av de forskjellige bygningskomponentene i klimaskallet.

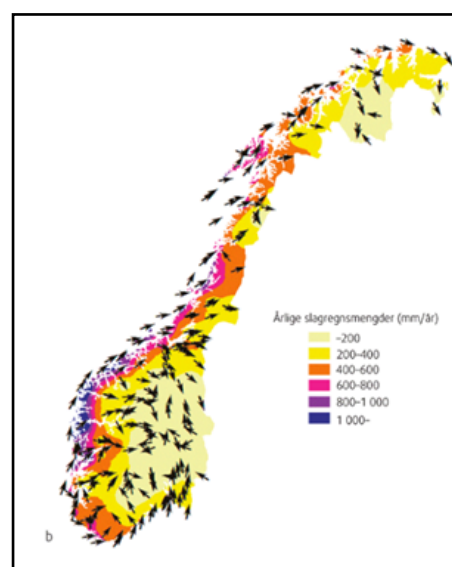
Avvik fra dette dokumentet, samt alle detaljer som omhandler tettesjikt skal kontrolleres og kvalitetssikres av bygningsfysiker. Løsninger som ikke er i henhold til veiledning til TEK17 eller anvisninger fra SINTEF Byggforsk, skal dokumenteres ved beregninger og beskrivelse iht. Norsk Standard (NS) eller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

1.2. Klimadata

Understående klimadata for Bergen er hentet fra Byggforskblad 451.031 og 451.021. Slagregn er hentet fra Bergen (Florida)

Laveste tredøgns middeltemperatur:	$\bar{\vartheta}_{3d} = -12,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Årsmiddeltemperatur:	$\bar{\vartheta}_m = 7,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Årsnedbør i normalår:	2250 mm/år
Slagregn i normalår:	708 mm/år
Frostmengde (F_{50} dimensjonerende)	3 000 h $^{\circ}\text{C}$
Frostdybde	0,6 m

Figur 1-1 viser et slagregnskart for Norge. Fargeskalaen angir årlige slagregnsmengder, mens pilene viser den hovedretningen som gir mest slagregn. Fasader mot sør-



Figur 1-1: Slagregnskart for Norge (Byggforsk/MET 2013)

vest er i utgangspunktet mest utsatt. Espeland ligger i rosa/lilla område, som gir stor slagregnpåkjønning. Prosjektet skal i tillegg prosjekteres for et fremtidig og mer ekstremt klima. Det må derfor velges robuste løsninger tilpasset en stadig økende mengde nedbør, vind og fuktighet.

Mer nedbør og høyere temperatur øker faren for biologisk vekst og råte på og i bygningskonstruksjoner. Endret klima medfører økt behov for god utforming av spesielt tak og fasade. To-trinns tetting og nøye detaljerte overganger er essensielt for å skape robuste løsninger som tåler den økte belastningen.

1.3. Forutsetninger for simuleringer

For kondenssimuleringer skal laveste tredøgns middeltemperatur på $-12,0^{\circ}\text{C}$ benyttes. For rom med normal fuktbelastning og balansert ventilasjon skal det forutsettes en innvendig RF på 40 %. Med en innetemperatur på 20°C vil 80% luftfuktighet opptre ved en overflatetemperatur på $9,5^{\circ}\text{C}$ og kondens skiller ut ved 6°C .

For frostsimuleringer legges det inn en ekstra sikkerhetsmargin på kritisk vintertemperatur, siden Espeland oppleves som et kaldere sted enn Bergen hvor måledataen kommer fra. Bergen har laveste døgntemperatur på -15°C , mens det i frostsimuleringer benyttes -20°C .

2. Relevante myndighetskrav

Det er forskrift om tekniske krav til byggverk, byggteknisk forskrift, som setter minstekravene til egenskaper for bygninger og bygningskomponenter i Norge. Tabell 2-1 viser en oppsummering av relevante forskriftskrav og en fordeling av ansvarsområder.

2.1. Byggteknisk forskrift (TEK17)

Fagområdet som står først under ansvar har hovedansvaret for oppgaven, resterende har delansvar.

Tabell 2-1: Oversikt over relevante forskriftskrav og fordeling av ansvarsområder

Område (TEK17)	Kommentar	Hovedansvar
§ 13-4. Termisk inneklime	Vurdere behov for solavskjerming, kjøling og/eller åpningsbare vinduer.	RIV
§ 13-5. Radon	Radonsikring. Membran og tiltak i grunnen.	RIB (membran) RIV (radonbrønn) RIByfy (premiss)
§ 13-7. Lys	Dokumentere at prosjektet har tilfredsstillende dagslys.	RIByfy
§ 13-9. Generelle krav om fukt		RIByfy
§ 13-10. Fukt fra grunnen	Detaljerings av løsninger vedr. klimaskjermen under terreng, inkl. drenering og evt. dimensjonering av frost- og telesikring. RIB utarbeider tegninger som kontrolleres av RIByfy.	RIB/RIByfy
§ 13-11. Overvann	Utforming av terreng med tilfredsstillende fallforhold.	LARK
§ 13-12. Nedbør	Detaljerings av løsninger vedr. klimaskjermen over terreng. ARK utarbeider tegninger som kontrolleres av RIByfy.	ARK/RIByfy
§ 13-13. Fukt fra inneluft	Detaljerings av løsninger vedr. klimaskjermen over terreng. ARK utarbeider tegninger som kontrolleres av RIByfy.	ARK/RIByfy
§ 13-14. Byggfukt	Materialer og konstruksjoner skal være tørre ved innbygging/forsegling. Fuktmålinger skal dokumenteres.	ENT
§ 13-15. Våtrom og rom med vanninstallasjoner	ARK utarbeider løsninger som kontrolleres av RIByfy.	ARK/RIByfy

§ 13-16. Rengjøring før bygningen tas i bruk	Overflater i rom, kanaler og lignende skal være rengjort før bygningen tas i bruk. Overflatene skal være frie for synlig støv og fett.	ENT
§ 14. Energi	Energikravene i TEK17	RIByfy

2.2. Prosjektspesifikke krav

Det er ikke stilt ytterligere krav utover byggteknisk forskrift.

3. Oppbygning av bygningsdeler, kontordel

I dette kapittelet presenteres løsninger og anbefalinger for og oppbygning av de forskjellige bygningskomponentene for eksisterende del som inkluderer kontordel.

Tabell 3-1: Bygningskomponentenes egenskaper og minstekrav fra TEK17

Beskrivelse	Isolasjonstykkelse og -kvalitet	Espeland	Minstekrav (TEK17)
U-verdi yttervegg [W/m²K]	250 mm isolerte betongelementer + 150 mm utv. Iso. $\lambda_{maks} = 0,035$ (Glazer-beregning)	0,15	$\leq 0,22$
U-verdi vegg mot uoppvarmede rom [W/m²K]	Betongvegg med 100mm kontinuerlig isolasjon $\lambda_{maks} = 0,034$ BKS 471.451, Pkt. 6	0,30	$\leq 0,22^{**}$
U-verdi vegg mot nybygg [W/m²K]	Betongvegg med 100mm isolert påføring $\lambda_{maks} = 0,035$ BKS 471.451, Pkt. 52	0,35	$\leq 0,22^{**}$
U-verdi tak [W/m²K]	350 mm iso. $\lambda_{maks} = 0,035$ BKS 471.013, tabell 32	0,13	$\leq 0,18$
U-verdi gulv mot basseng [W/m²K]	150 mm $\lambda_{maks} = 0,035$ BKS 471.011, tabell 42	0,22	$\leq 0,18^{**}$
U-verdi gulv mot verksted [W/m²K]	100 mm $\lambda_{maks} = 0,035$ BKS 471.011, tabell 42	0,31	$\leq 0,18^{**}$
U-verdi gulv mot gang [W/m²K]	Ingen isolasjon 300 mm betong	2,48	$\leq 0,18^{**}$
U-verdi gulv mot lager [W/m²K]	200 mm	0,17	$\leq 0,18$

	$\lambda_{\text{maks}} = 0,035$ BKS 471.011, tabell 42		
U-verdi vinduer [W/m²K]	Forutsatt gjennomsnittsverdi	0,7	$\leq 1,2$
U-verdi dører [W/m²K]	Forutsatt gjennomsnittsverdi	1,2	$\leq 1,2$
Normalisert kuldebroverdi [W/m²K]	Minst 50 mm kuldebrobryter	0,12	-
Lekkasjetall kontor [luftvekslinger per t.]	-	1,4	$\leq 1,5$
*U-verdi eks. grunnens varmemotstand.			
**Gjelder for gjennomsnittet av alle yttervegger/gulv pr. sone			

3.1. Gulv

Etasjeskiller mellom eksisterende kontor og uoppvarmet underetasje er i henhold til tegninger uisolert. Garasjen i seg selv er isolert med 50-100 mm isolasjon i vegger, men er ikke regnet som oppvarmet areal. Øvrige deler av underetasjen er under bakkenivå og drar nytte av jordmassenes isolans.

For gulvet i hele den oppvarmede delen grenser eksisterende og nye etasjeskillere i betong mot forskjellige rom uten oppvarming, som forventes å holde forskjellige temperaturer. Det forutsettes at rommene vi holde vintertemperaturer ca. som oppgitt nedenfor, og dekkene isoleres på undersiden med følgende iso-tykkelser:

Dekke som grenser mot:	Antatt vintertemperatur:	Isolasjonstykkelse:	Kommentar:
Basseng/filter	8°C	150 mm	Deler av dekket har 300 mm iso.
Gang	12°C	0 mm	Ønske fra arkitekt
Verksted	12°C	100 mm	
Lager	5°C	200 mm	

Isolasjonen kles inn med egnet himling.

Ny etasjeskiller over eksisterende filter som skal danne gulv for blant annet nytt møterom og ventilasjonsrom isoleres på oversiden med 150mm EPS. Over EPS legges

dampsperre/glidesjikt og 80 mm påstøp. For eksisterende betongdekke i filterhall ved siden av filtrene legges 300mm EPS, da treffer påstøpen for begge dekkene hverandre og danner ett stort gulv.

3.2. Yttervegger over terreng

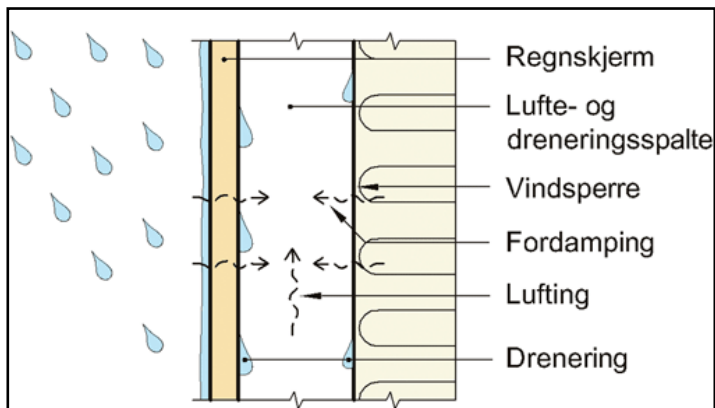
De fleste eksisterende fasadeelementer har i henhold til eksisterende tegninger 100mm isolasjon, med innsnevring til 50mm isolasjon i topp og bunn av element. Noen plasser går ikke fasadeelementene helt opp til takkonstruksjonen, men det er heller bindingsverksvegg med trekledning den øverste meteren. Denne lave delen av ytterveggen skal bygges med luftet kledning som en vanlig yttervegg i bindingsverk, dvs. inkludert åpninger inn mot luftespalte både oppe og nede.

For det som skal være oppvarmet del, etterisoleres alle eksisterende fasadeelementer med totalt 150mm isolasjon. All isolasjon kan plasseres utvendig (helst kontinuerlig isolasjon), med mindre det er behov for innvendig påføring til rørføringer osv. Da kan 50mm plasseres i påføring innvendig og 100mm plasseres utvendig.

I nytt møterom i eksisterende filterhall må det tas hull i fasadeelementer og etableres vindu for å få overholde dagslys krav. Se eget dagslysnotat for detaljer.

3.2.1. To-trinns tetting – Regnskjerm og vindsperre

Fasader skal utføres i henhold til prinsippet om to-trinns tetting, se også Byggforsk 542.003 *Totrinns tetting mot slagregn på fasader. Luftede kledninger og fuger*. Tetting av fasaden skjer da i to trinn; kledning/tegl fungerer som en regnskjerm og vindsperren som luft-/vindtetting (noen isolasjonstyper er godkjent som vindsperre). Mellom tettesjiktene må det etableres en lufter- og dreneringsspalte, spalten skal for tegl være på min. 30 mm. Sjiktet skal blant annet drenerer vekk snø og vann som trenger inn gjennom regnskjermen og lufter ut fuktighet fra ytterveggen. Kravene gjelder fasadene inkludert alle tilslutninger. Det skal tas spesielt hensyn til overganger mellom vegg og vindu, dører, etc.



Figur 3-1 To-trinns tetting - Prinsippskisse (NBI 542.003)

For å ivareta behovet for å drenere bort vann som trenger gjennom forblendingen, og for å ivareta luftespaltens ventilerende effekt, benyttes minst én åpen stussfuge pr. meter øverst og nederst i forblendingen (to pr. meter for høye vegger med stor slagregnpåkjenning). Eventuelt benyttes også stussfugegitter som «insektstopp».

Vann som trenger inn, må også ledes ut over tilstøtende elementer som vinduer og dører med beslagsløsninger.

3.2.2. Utvendig fuktsikring

Utvendige fuktpåkjenninger kommer fra tre ulike hovedgrupper, nedbør, overvann og vann fra grunnen.

Terrenget rundt bygningen skal ha et fall utover når massene har stabilisert seg på 1:50 i en avstand på minimum 3 m. Vann skal ledes vekk fra bygningen. Tilbakefylling rundt bygningen skal være av drenerende masser med en min. tykkelse på 0,2m.

Avstand fra kledning til bakkenivå skal etter anbefalinger i Sintef Byggforsk detaljblad 523.002 være på minst 300 mm for alle kledninger, dette for å hindre oppfukting og nedsmussing av kledningen.

3.2.3. Innvendig fuktsikring - Dampsperre

Der hvor man har bindingsverk i ytterveggen (noen steder over betongelementene) skal det etableres en dampsperre på varm side for å unngå at varm og fuktig luft trenger inn i ytterveggen. Dampsperran kan med fordel trekkes noe inn i veggen, slik at den blir

beskyttet mot skader og perforeringer. Minst 3/4 av total isolasjonstykkelse må ligge på kald side av dampsperran. Dampsperrsjiktet må ha en Sd-verdi på minimum 10 m, og kan utføres med for eksempel 0,2 mm plastfolie og teipede skjøter.

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

- Overganger mellom vegg og tak
- Tetting av sandwichelementer
- Tekniske gjennomføringer
- Dør- og vindusinnsetting

VIKTIGE PUNKTER: Yttervegger

- Vegger, inkludert fuger og gjennomføringer, skal utføres med totrinns tetting. Luftsjiktet skal være min. 30 mm.
- Avstand fra kledning til terreng skal være på min. 300 mm.
- Luftsjiktet skal alltid ha åpning i bunn og topp for gjennomlufting og drenering.
- Vindsperrsjiktet må være mest mulig dampåpent.
- For å sikre rask og god uttørring må ikke sjikt med stor damptetthet benyttes andre steder enn i dampsperrsjiktet. Kryssfiner eller liggende må unngås på kald side av isolasjonssjiktet.
- Maks 25 % av isolasjonstykkelsen kan plasseres på varm side av dampsperran
- Tetting mellom elementskjøter i sandwichelementer

3.3. Innvendige klimaskillevegger

3.3.1. Vegg mot påbygg/prosessdel

Klimaskillevegger av betong bør i utgangspunktet isoleres på kald side dersom mulig, men for klimaskillevegg mot prosessdelen er det et ønske om å unngå isolasjon på kald side (prosess-side) av veggen, og i den forbindelse skal man være oppmerksom på følgende:

- Det skal ikke være organisk materiale (f.eks. trevirke) i isolasjonssjiktet. Slissede stålstendere kan benyttes i stedet.
- Isoleringsmengden begrenses til 100 mm
- Smart/adaptiv dampsperre benyttes på varm side av isolasjonen.

3.3.2. Vegg mot uoppvarmet gang, traforom og tidl. lukerom og kraftverksrom

For vegger mot uoppvarmede rom i eksisterende del, antas det at rommene som grenser mot oppvarmet sone, vil holde en noe høyere temperatur enn prosessdelen.

Vegger mot gang, traforom og tidligere lukerom og kraftverksrom isoleres med 100 mm isolasjon. Der det er mulig plasseres isolasjonen på kald side av betongvegg. Der hvor isolasjonen plasseres på varm side av betong benyttes enten kontinuerlig isolasjon, eller slissede stålstendere og «smart» dampsperre.

3.4. Tak

Eksisterende takkonstruksjon er isolert med 200 mm isolasjon mellom åser som er plassert i mønets retning. Denne isolasjonen skal erstattes med ny isolasjon, og det kryssisoleres i tillegg med 100 mm isolasjon på oversiden i en påforing (i takfallets retning) 90 grader på takåsene. På undersiden av takåsene monteres dampsperre, og innenfor denne fores det ned med 48x48 og 50 mm isolasjon.

Siden deler av takflaten har stor avstand fra raft til møne, er det viktig å luften taktekingen ekstra godt for å unngå snøsmelting ved lave utetemperaturer (med påfølgende isdannelse ved takutstikk). Taket krysslufte med 73+48 mm, og luften må ha mulighet til å komme ut langs mønet og langs «gradene» i syd-enden av taket (valmtaket).

Taket tekkes med membrantekking og monteringsanvisningen til valgt produkt må følges.

3.4.1. Takrenner og -nedløp

For å begrense antal taknedløp må takrennene være 150 mm brede, mens nedløpene må være Ø90. Største avstand man kan ha mellom taknedløp (og mellom høgbrekk i takrennene) avhenger av lengden på taket i fallets retning.

På den lengste takflaten (19,5 m) må det være maks 7,7 m avstand «høgbrekk» i takrennene, slik at nedløpets kapasitet ikke overstiges. Se arkitektmodell for prosjekterte plasseringer av taknedløp.

VIKTIGE PUNKTER: Tak

- Taktekning må ha tilstrekkelige oppkanter mot tilstøtende konstruksjoner for å unngå lekkasjer (min 150 mm).
- Sørg for kontinuitet i dampsperra i overgang mellom yttervegg og tak.
- Taket krysslufte med 73+48 mm
- Takrennene skal være 150 mm brede, og nedløp Ø90

3.5. Vinduer og dører

Plassering av vindu i vegglivet vil ha mye å si for kuldebroverdi og tettedetaljer. Best energieffektivitet oppnås ved å plassere vinduet midt i isolasjonssjiktet, og i dette tilfellet vil en plassering midt i den påforede isolasjonen være det beste.

Løsningen krever at det monteres en membran under vinduet for å hindre at regn trenger inn i vegg. Membran legges på skråskåret losholt og trekkes minimum 50mm opp på sidene.

Vinduet skal ikke trekkes utenfor vindsperresjiktet da dette gir økt varmetap og risiko for fuktskader.

For å følge prinsippet om to-trinns tetting anbefales det at fuging rundt vindu og membran dekkes med beslag.

Se for øvrig NBI 523.701 *Innsetting av vindu i bindingsverk*.

VIKTIGE PUNKTER: Vinduer og dører

- Vinduer bør plasseres midt i isolasjonssjiktet (midt i påforingen)
- Bruk alltid to-trinns tetting av fugene mellom vinduskarmen og vegg.
- Ved inntrukket vindu skal det benyttes membran under karm og vannbrettbeslag.
- Vinduer skal ikke plasseres utenfor vindsperresjiktet da dette medfører en vesentlig kuldebro, lav overflatetemperatur og økt risiko for fuktskader.

3.6. Kuldebroer

Normalisert kuldebroverdi er summen av alle kuldebroer i bygget dividert på oppvarmet bruksareal. Det stilles ikke krav til kuldebroverdi for hver kuldebro, men alle kuldebroer skal kontrolleres slik at de ikke utgjøre fare for kondens, mugg og soppskader.

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

Det vil være vanskelig å oppnå like gode kuldebroverdier for alle kuldebroene for denne renoveringen som for et rent nybygg, men mange av detaljene er mulig å få ganske gode.

For etterisolering av yttervegger og takkonstruksjon må isolasjonen på utsiden av elementene møte isolasjonen i takkonstruksjonen.

Det skal benyttes minimum 50 mm isolasjon som kuldebrobryter (tilsvarer normalisert kuldebroverdi på 0,12 W/m²K), men der det er mulig bør den økes.

Nye garasjeporter i verksted og lager bør være så lufttette som mulig for å redusere energitap og risiko for kondens ved kuldebroer som går fra varm del via verksted/lager og ut. Jo varmere den uoppvarmede etasjen er jo mindre fare utgjør disse kuldebroene.

3.7. Slambygg (bygg C)

Isolering slambygg:

- Tak bygges som et kompakt tak med innvendige nedløp og isoleres med minst 100 mm isolasjon på det tynneste og minst 150 mm som gjennomsnittstykkelse. Er det plass til mer (med den planlagte parapethøyden) bør det isoleres så mye som det er plass til.
- Yttervegger isoleres med 100 mm (i stedet for 50 mm) for å ivareta temperaturkrav i delvis oppvarmede rom i 2. etg.
- Port i kontainerrom skal ha en U-verdi på maks 2,5 W/m²K.
- Rør i kontainerrom: Vannrør og andre rør som ikke bør fryse isoleres med 50 mm isolasjon uten varmekabel. Dersom det er snakk om rør hvor evt. frost vil sette anlegget ut av drift kan man velge å være «konservativ» og montere varmekabel i tillegg.

Kompakte tak krever innvendig nedløp, og at taket har tilstrekkelig fall mot sluk og renner. Membranen må ha fall på minst 1:40. Renner minst 1:60. Membranen føres over parapet og parapeter skal ha en høyde på min. 200 mm og et fall innover på 1:5. Organiske materialer mellom tettesjiktene må unngås.

4. Prosessdel

Tilbygget på anlegget er i hovedsak uoppvarmet da de fleste rommene er prosessrom. Denne delen er dermed unntatt for energikrav stilt i TEK17.

Med varm sone er det i hovedsak ment rom som varmes opp til mere enn 15°C. Relativ fuktighet vil normalt være på ca. 40%. Lufttemperaturen i soner som er i direkte kontakt med åpne vannbasseng følger mer eller mindre vanntemperaturen, luften i soner som inneholder vannførende rør vil holde temperaturer i nærheten av vanntemperaturen, men kan variere noe mere. Vannet vil holde en varierende temperatur avhengig av årstid, med 1,0 °C som dimensjonerende laveste vanntemperatur.

4.1. Gulv på grunn

Da hele tilbygget er minst én etasje under bakken vil gulv på grunn være tilstrekkelig isolert i form av jordmasser og det er ikke behov for ekstra isolering under bunnplate/gulv på grunn.

Der hvor man har vanntett betong fungerer denne som radonsperre, mens øvrige områder bør ha radonsperre. Les mere om radon i kapittel 6.

VIKTIGE PUNKTER Gulv på grunn

- Gulv må beskyttes av et kapillærbrytende, trykkbrytende og drenerende sjikt, f.eks. 200 mm pukk.
- Drenerende masser må sikres mot inntrenging av slam med en fiberduk.
- Drensledning må legges i tilstrekkelig dybde rundt grunnmuren.
- Gulv i prosessdel bør ha radonsperre. En eventuell membran må være godkjent for den aktuelle plasseringen mellom betong og planerte masser. Det bør også legges til rette for tiltak i byggegrunnen. Se kap. 6.

4.2. Yttervegger

Generell yttervegg i tilbygget over bakkenivå bygges opp av betong med 50 mm murplate og luftet teglforblending. Det plasseres en luftespalte på 30 mm mellom murplate og tegl jf. byggforskblad 542.301 *Murt forblending pkt. 32*. Behov for egen vindspærre må ses sammen isolasjonsmaterialet som benyttes. Noen isolasjonsprodukter er godkjent som vindtetting.

Under bakkenivå benyttes betongvegger med 50 mm EPS og knotteplast på utsiden av EPS-platene som vist i byggforskblad 523.111 *Yttervegger mot terreng. Varmeisolering og tetting. Fig. 5b*.

Både murplater og EPS skal ha varmeledningsevne på maks 0,038 W/mK.

4.3. Tak

Takkonstruksjonen bygges opp med takstoler over hulldekkeelementer. De uorganiske hulldekkeelementene beskytter resten av takkonstruksjonen fra den fuktige luften i filterhallen. Tretakstoler plasseres over hulldekket for å danne et saltak, dette for å skape et luftet kaldtloft med fall på taket, som igjen muliggjør bruk av utvendige taknedløp, som har vært et sterkt ønske fra tiltakshaver.

Rett over hulldekkeelementene legges vindspærre som utføres så tett som mulig. Produktet som velges må tåle å bli trukket på under bygging, og det skal ikke benyttes dampspærre da dette vil være uheldig ved «reversert varmetransport» på varme dager. Over vindspærren legges 50 mm harde og fuktbestandige steinullplater eller tilsvarende. I isolasjonssjiktet langs bæreaksene legges uorganiske bunnsviller som bæring for takstolene, slik at takstolene løftes over isolasjonssjiktet.

«Lett-tak» er et eksempel på et produkt som ikke anbefales at benyttes, siden vi har åpne filterbassenger under taket. Teknisk godkjenning for Lett-tak sier at «elementene skal ikke brukes over rom med spesielt høyt fuktinnhold i luften»

Taket isoleres med 50 mm isolasjon over hulldekkene og isolasjonen skal treffe isolasjonen til ytterveggene slik at de danner en kontinuerlig kuldebarriere.

Isolasjon skal ha varmeledningsevne på maks 0,038 W/mK.

Taknedløp som beskrevet i avsnitt 3.4.1.

4.4. Vanntemperatur

En oversikt over daglige målinger på vanntemperatur fra 01. Januar 2015 og frem til høsten 2017 viser at makstemperatur har vært 10,7°C (oppsto rundt starten av oktober) og laveste temperatur har vært 1,0°C (oppsto rundt starten av februar). Fra 14.01.2015 var det 115 dager på rad med temperatur lavere enn 2°C og halvparten av disse dagene mellom 1,0 og 1,2°C. Vi benytter på bakgrunn av dette 1,0°C som dimensjonerende vanntemperatur.

4.5. Avfukting

Alle rom som inneholder vannførende rør bør planlegges med sorpsjonsavfukter. Kondensavfuktere fungerer ikke like godt i kalde rom, men kan eventuelt benyttes i rom med temperatur fra rundt 15°C. Konf. RIV for detaljer.

4.6. Krav til maks RF

Vanntemperaturen endrer seg sakte over tid og skjer med et etterslep sammenlignet med lufttemperaturens variasjoner. En utfordrende periode å unngå kondensering på vannførende rør vil derfor kunne være regnværsdager på våren og tidlig sommer når vanntemperaturen fortsatt er lav, mens utetemperaturen stadig øker. På varme dager når det fortsatt er lav vanntemperatur vil det være en fordel å redusere RF ned mot 35-40% så langt det lar seg gjøre (se tabell), men kondensering på rørene i korte perioder kan man akseptere. Generelt vil RF i prosessdelen variere for de ulike rommene, og bør for rom med rørføringer (unntatt korte perioder) ikke overskride 50% og for rom med åpne vannbassenger (unntatt korte perioder) ikke overskride 60%.

Om man setter likhetstegn mellom råvannstemperatur og overflatetemperaturer, samt logger innvendige lufttemperaturer, kan man bruke disse verdiene i tabellen i Figur 4-1 og finne hvilken relativ fuktighet for inneluften som vil gi kondens på kalde vannførende rør i de ulike situasjonene.

Inv. lufttemp. [°C]	Vanntemp./ overflatetemp. [°C]			
	1	2	4	6
18	32	34	38	45
15	38	42	47	54
12	46	51	57	67
9	57	62	70	81

Usannsynlig/sjelden kombinasjon av overflate- og lufttemperatur
Kombinasjon kan forekomme i korte perioder og vil gi kondens ved 50% RF. Ved denne temperatur kombinasjonen bør RF forsøkes å reduseres ned mot 35-40%
Temperaturkombinasjoner som vil forekomme i perioder. Her bør man prøve å holde RF noe under det generelle "50%-kravet"
Temperaturkombinasjon OK ved krav på maks 50% RF
Temperaturkombinasjon OK ved krav på maks 60% RF

Figur 4-1: RF-nivåer i inneluften som vil gi kondens ved gitte vanntemperaturer og innvendige lufttemperaturer.

4.7. Delvis oppvarmede rom i tilbygget

Jernkloridrom, polymer og prosessluft skal ha noe oppvarming, ca.10-15°C. For å redusere energiforbruket til oppvarming kan betongvegger og himling i disse rommene med fordel isoleres med 100 mm fukt- og vannavvisende isolasjonsmateriale. Om bruken av rommene gjør at isolasjonen er uønsket, kan andre hensyn gå foran. Eventuell isolasjon beskyttes med egnet kledning, alternativt benyttes isolasjonsplater med ferdig pålimt sementbasert plate.

Rommene antas oppvarmet med ribberørsovner (eller gulvvarme ved korrosivt miljø). Se eget notat for effektbehovberegninger.

4.8. Korrosjon

Det er flere tiltak man kan gjøre for å redusere faren for kondens og korrosjon på stålrør og lignende. I hovedsak handler det om å holde inneluftens relative fuktighet nede. Dette kan man blant annet gjøre ved å redusere innslipp av varm og fuktig sommerluft, ved avfukting av ventilasjonsluft eller ved å plassere avfuktere i de mest utsatte rommene. Metoder for å redusere innslipp av varm og fuktig sommerluft kan være å ha slusesystem/vindfang ved innganger, eller å gjennom bruken av bygget holde porter mest mulig stengt når det er varm, fuktig luft ute.

Man kan også redusere kondensfare for de mest utsatte rommene ved å isolere rør med damptett beskyttelse på utsiden (varm side) av isolasjonen, dersom man ikke får det til med andre tiltak. Dette blir mest sannsynlig ikke aktuelt i dette prosjektet.

4.9. Varmestrøm

Varmestrømmen i en bygningsdel går fra varm til kald side. For prosessdelen vil transporten i vegger og tak variere med årstidene. Så lenge temperaturen er høyest innvendig vil den naturlige varmemstrømmen bevege seg utover, som for tradisjonelle oppvarmede bygninger. Når utvendig temperatur er høyere enn ca. 5-7°C vil derimot transporten gradvis snu og varmemstrømmen vil gå innover for en del av rommene. Det at varmemstrømmen snur legger premisser for hvilke løsninger man kan benytte for klimaskallet.

5. Energi

Hensikten med energiberegningen er å kontrollere at den planlagte oppvarmede kontordelen i det eksisterende bygget vil oppnå et netto energibehov som oppfyller kravene i byggteknisk forskrift (TEK 17).

I henhold til TEK 17 skal «kontor» vanligvis ha et netto energibehov på maks 115 kWh/m² oppvarmet BRA pr. år, men på grunn av turbinen som produserer over 20 kWh/m² oppvarmet BRA fornybar elektrisitet per år, kan rammekravet for energieffektivitet økes med 10 kWh/m² oppvarmet BRA per år. Det gjeldende kravet vil altså være på 125 kWh/m² oppvarmet BRA pr. år.

5.1. Metodikk og Simuleringsprogram

Beregningene er foretatt i henhold til reglene i NS 3031:2014 (Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data). Det vil si at det er benyttet standardiserte inndata for energibehov til persontetthet, belysning, teknisk utstyr og varmtvann, driftstider, minimumsventilasjon og settpunkttemperaturer.

Beregningene er utført i programmet SIMIEN, versjon 6.016. SIMIEN er et dynamisk beregningsprogram validert etter reglene i NS-EN 15265. Programmet benytter standardiserte klimadata, i henhold til regelverket for kontrollberegninger.

Energiberegninger basert på en modell med standardiserte inndata samsvarer ikke nødvendigvis med reelle driftsforhold for bygningen. Dette skyldes bl.a. at internlaster til diverse teknisk utstyr i virkeligheten ofte avviker fra de standardiserte tallene.

5.2. Forutsetninger og sentrale inndata

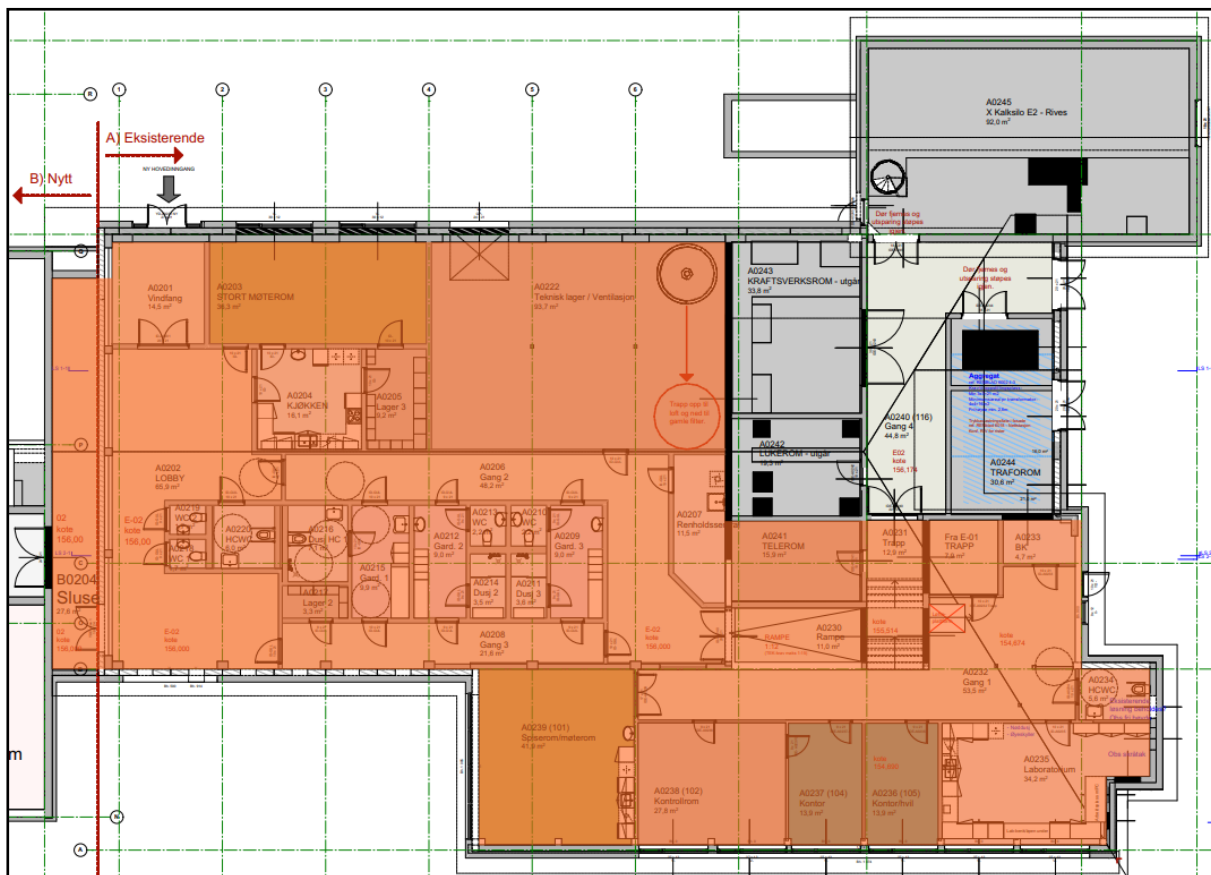
I dette kapitlet følger en oversikt over viktige inndata og forutsetninger for både bygningskroppen og tekniske anlegg.

Klimadata:

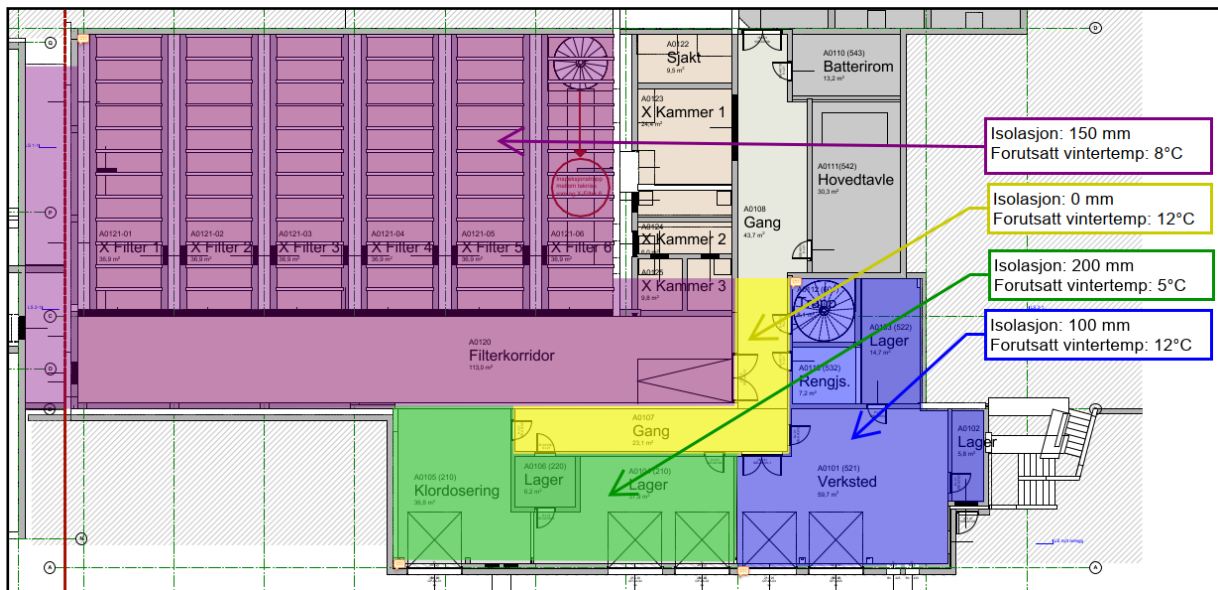
For vurdering mot energikrav i TEK 17 er det benyttet standard klimadata for Oslo, ettersom det er krav om dette i kontrollberegninger mot offentlige krav.

Soneinndeling:

Kontordelen er simulert som én sone, markert med oransje i Figur 5-1.



Figur 5-1: oppvarmet del av eksisterende bygning (kontordel)



Figur 5-2: Forutsatte temperaturforhold i uoppvarmede rom i etasjen under kontordel

Tegningsunderlag:

Arealer (BRA, gulv, tak, fasader og vindu/dører) og etasjehøyder er målt opp elektronisk fra plantegninger og snitt-tegninger i pdf-format datert 28.09.2020, samt BimSync-modell pr. 10.08.2021

Oppvarmet del av BRA er målt til 697,5 m².

Areal vinduer og dører i forhold til oppvarmet BRA er beregnet til 7,7 %

Klimaskall

Tabell 3-1 i starten av kapittel 4 viser en oversikt over bygningskomponentenes varmetekniske egenskaper og tilhørende minstekrav i byggtknisk forskrift.

Termisk masse:

Omfanget av termisk masse vil være med på å påvirke innvendig klima og byggets energibehov. Et «tungt» bygg vil oppleve mindre svingninger i temperatur som igjen fører til et lavere kjøle- og oppvarmingsbehov.

Tabellen under viser hvilke termiske masser som er forutsatt.

Tabell 5-1: Termiske masser

Bygningsdel	Innvendig sjikt	Varmelagringsevne Wh/m ² K
Gulv	Tungt gulv	63
Himling	Lett himling	3,0
Innside yttervegger	Mellomtung vegg	13
Møbler/Interiør	Middels møblert rom	4

Solskjerming:

I energiberegningen forutsettes det en konstant solfaktor på 0,55 for alle vinduer og glassfelt

Ventilasjon:

- Ventilasjon i driftstid kontor (VAV):
 - Høyeste luftmengde i driftstid er oppgitt til å være 8,60 m³/m²h.
 - Minste tillatte luftmengde i driftstid er 7,0 m³/m²h
- Ventilasjon utenfor driftstid: Oppgitt til å være 2 m³/m²h.
- SFP-faktor: Oppgitt til å være 1,8 kW/m³s i driftstid. SFP-verdien må dokumenteres av leverandør.
- Årsgjennomsnittlig virkningsgrad for varmegjenvinner er oppgitt til å være 85 % for det balanserte ventilasjonsanlegget. Virkningsgraden må dokumenteres av leverandør.
- Tilluftstemperatur ventilasjon: forutsettes å være 19°C (hele året).

Øvrige forutsetninger:

- Effektbehov belysning er forutsatt til å være 8,0 W/m²
- Øvrige internlaste som spesifisert i NS 3031.
- Normalisert kuldebroverdi er satt lik 0,09 W/m²K iht. Tabell A.4 i NS 3031:2014
 - Kuldebrobryter på minimum 100 mm ved dekkeforkant og ved søyler i klimaskjermen
 - Eventuelle punktkuldebroer må vurderes av RIByfy når detaljtegninger foreligger.
- Luftlekkasjetall er satt til 1,4 h⁻¹ for oppvarmet kontordel.
- Horisont er 27 grader mot øst, 9 grader mot syd og vest og 0 grader mot nord.

Komplett oversikt over input kan leses ut fra Vedlegg 1

5.3. Resultater

5.3.1. Minstekrav til bygningsdeler

I tillegg til krav til bygningens netto energibehov, stiller TEK 17 enkelte minstekrav til ulike bygningsdeler. Kravene gjelder for gjennomsnittet av de ulike bygningsdelene. Tabellen under viser at alle minstekrav i TEK 17 er oppfylt.

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,15	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,16	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,8	1,2
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,4	1,5

Tabell 5-2: Minstekrav TEK17

5.3.2. Netto energibehov - krav til bygningens energieffektivitet

Energikravene regnes som oppfylt dersom beregnet netto energibehov for bygget er mindre enn et fastsatt rammekrav. Rammekravet er forskjellig for ulike typer bygg; for «kontor» er rammekravet 125 kWh/m² når man legger til strømproduksjonen på eiendommen.

Iht. beregningen som er utført med gitte forutsetninger, har bygget et netto energibehov på 124,8 kWh/m². Kravet til energieffektivitet iht. teknisk forskrift er dermed oppfylt.

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	38,0 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	8,5 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	13,8 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	0,0 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,4 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	0,0 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	124,8 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	125,0 kWh/m ²

Tabell 5-3: Beregnet netto energibehov

5.3.3. Oppsummering energiberegning

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

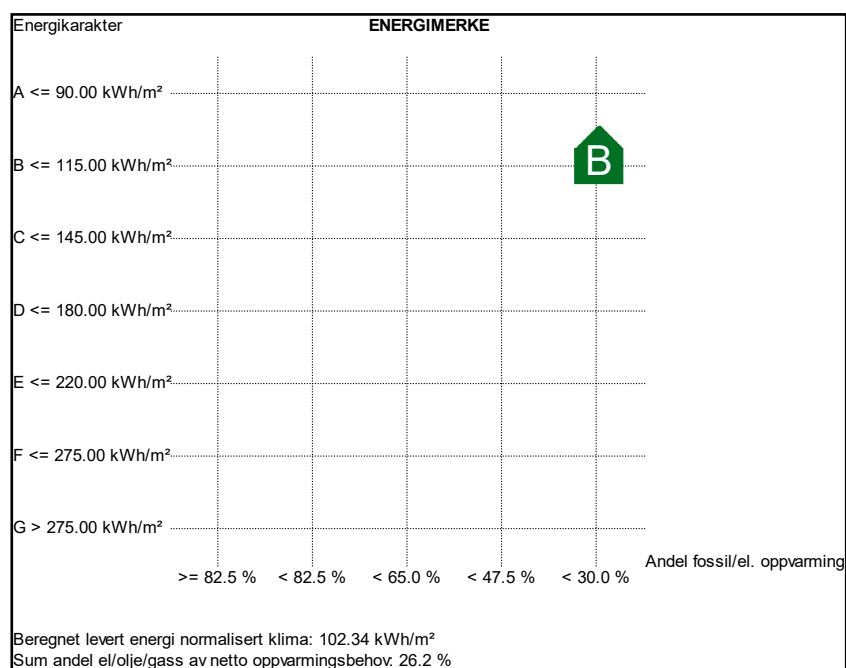
Tabell 5-4 - Oversikt energieuvaluering

5.3.4. Energimerke (kontordel)

Behov for levert energi avhenger av valgt løsning for varmforsyning og energikilde. På Espeland VBA er oppvarmingsbehovet forutsatt dekket av elektrisitet, blant annet (direkte eller indirekte) fra vannturbinen i prosessdelen.

Beregnet behov for levert energi er på 102,3 kWh/m². Beregningen er utført med klimadata for Oslo, i henhold til beregningsregler.

Kravet til energikarakter B i energimerkeordningen er på 115 kWh/m² for kontorbygg. Kontordelen ligger følgelig an til å oppnå energimerke B.



Figur 5-3: Energimerke

6. Radon

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

I tillegg skal bygninger beregnet for varig opphold prosjekteres med tiltak som kan settes i verk dersom radonkonsentrasjonen kommer over tiltaksgrensen, som er på 100 Bq/m³.

I prosessdelen er det ikke rom for varig opphold så kravene i TEK gjelder ikke. For å være på sikker side, bør man likevel montere radonsperre og radonbrønner siden arbeidsplasser etter arbeidsmiljøloven skal ha «radonverdier som er forsvarlige». Dette gjelder altså også for prosessdelen av anlegget. Arbeidstilsynet har ingen fastsatte grenseverdier, men anbefaler å bruke verdier for bygninger gitt av statens strålevern. Strålevernet opererer med en tiltaksgrense på 100 Bq/m³ og en maksgrense på 200 Bq/m³.

Radonsperrer finnes i flere former og omfatter ikke bare membraner. Det finnes radonmembraner i en rekke ulike varianter med varierende radonmotstand. Vanligvis er det være RIB som detaljprosjekterer membranløsninger. Der hvor man har vanntett betong fungerer denne som radonsperre. Der hvor man behøver radonmembran vil ikke denne bli beskyttet av isolasjon siden det ikke er planlagt å isolere under bunnplaten i tilbygget, og det må derfor velges en membran som tåler å ligge mellom et avrettede masser og betongplaten.

For å være trygg på å komme under maksnivåene for radon, bør det i tillegg legges radonbrønner i grunnen under prosessdelen, selv om det ikke er et krav. Brønner bør etableres med oppstikk over tak (eller minimum over gulv) slik at vifter enkelt kan monteres senere, dersom det blir målt høye radonverdier når bygget er ferdigstilt.

Plassering av radonbrønner må ses i sammenheng med plassering av fundamenter og konstruksjoner i grunnen, radonbrønner tegnes inn på bunnledningsplan til RIV.

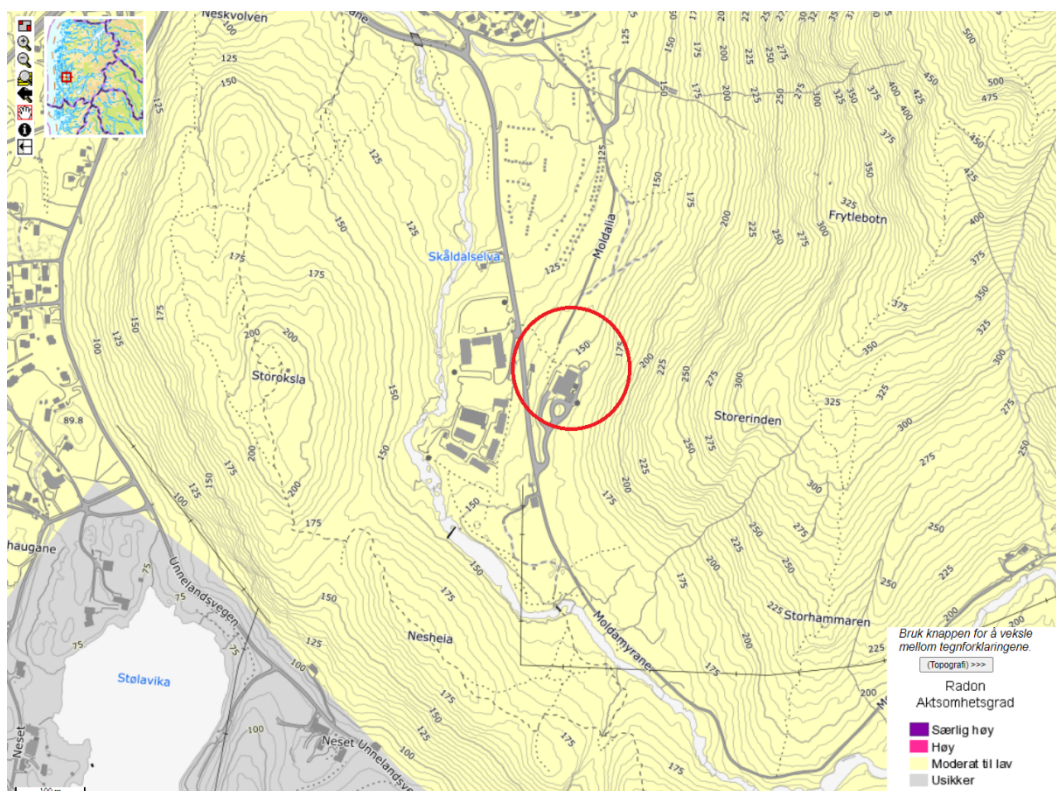
Om det ikke er ønskelig å montere radonsperre eller radonbrønner i tilbygget, har man en form for trygghet i de lave målingene som ble gjennomført i eksisterende bygg, men det er alltid en risiko for lokale forskjeller når det kommer til radonmengder, og konsekvensen av for høye målinger er sannsynligvis ikke verdt risikoen ved å utelate radontiltak.

Det har blitt gjennomført radonmålinger for eksisterende del i perioden 15.01.2016 - 07.04.2016. Målingene ble gjort fordelt på rom fra nederste nivå og opp til kontornivået (nivå ved hovedinngang). Målingene ble gjort i rommene rørgalleri, kalkberederrom, verksted, driftskontroll, møterom, kontor og laboratorium. Resultatet fra målingene viser at radonkonsentrasjonene ligger på 30-60 Bq/m³ i årsmiddelverdi. Høyeste verdi er lavere enn tiltaksverdien på 100 Bq/m³ og er i tillegg målt i rørgalleri som ikke er et rom for varig opphold.

Basert på de lave måleverdiene for den eksisterende delen kan man la være å legge radonmembran på eksisterende del.

Dersom det skal tilføres masser til tomten må man sikre at massene ikke inneholder høye konsentrasjoner av radon.

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



Figur 6-1: Aktsomhetskart fra NGU som viser at området har «moderat til lav» aktsomhetsgrad for radon. Espeland VBA er markert med rød ring.

7. Våtrom

Våtrom generelt skal prosjekteres som skildret under.

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

Viktige virkemidler er bl.a. kontinuerlige vanntette sjikt, omhyggelig tetting rundt gjennomføringer, inspiserbare og reparerbare vannførende installasjoner, sluk i gulv og fall til sluk, samt tilstrekkelig ventilasjon. Fall mot sluk, minimum 1:100, må etableres på hele gulvet. I dusjzoner bør fallet være minimum 1:50. Se skisse.

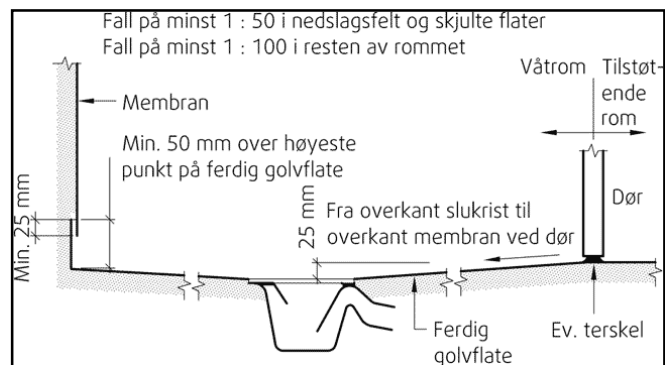
Ved gjennomføring av rør i tettesjiktet, skal det benyttes mansjetter tilpasset gjennomføringen og typen tettesjikt.

For tilslutning mellom membran og sluk skal det benyttes produkter som beviselig passer sammen. Alle produkter relatert til badets membransjikt bør ha en teknisk godkjenning fra SINTEF. Det henvises også til produktforskriften for valg av materiale.

Vegger med innebygde sisterner eller lignende skal sikres mot fuktinntrengning fra lekkasjer fra installasjonen. Eventuelle lekkasjer skal synliggjøres, i andre rom enn våtrom skal lekkasjen føre til automatisk avstengning av vannet.

Som på øvrige kritiske deler av bygget skal det også for våtrom produseres et sett med detaljtegninger. Som et minimum bør det lages en fallplan, snitt av sluk og overgang mellom gulv og vegg.

«Enkle toalettrom» er ikke definert som våtrom, og det er tillatt å lage gulv uten sluk i disse rommene. Gulvet skal tåle vannsøl.



Figur 7-1: Krav til fall til sluk for gulvet i baderom og dusjrom (NBI 541.805)

8. Byggfukt

Byggfukt er den fuktmengden som må tørkes ut for at de ulike materialene skal komme i likevekt med normal bruk av bygningen. Når isolasjonen monteres skal fuktinnholdet være så lavt som mulig, hvor tørt avhenger av uttørkingsmulighetene videre. For tre generelt skal fuktinnholdet være lavere enn 20 vektprosent, og 15 vektprosent for bunnsvill.

Isolasjon som kan bli eksponert for vær og vind utvendig i byggeperioden skal beskyttes slik at vann/fukt ikke blir teknet inn i konstruksjonen. Materialer som skal lagres på byggeplass skal lagres tørt og beskyttes mot oppfukning og sterk uttørking. Det anbefales at alle innvendige arbeider følger tiltakene beskrevet i Byggforsksblad 501.107 og 501.108, for å sikre en ren og tørr byggeprosess.

Der man har konstruksjoner med dampsperre, skal denne monteres kort tid etter isolasjonen og før bygningen blir oppvarmet.

Fuktinnhold i de ulike materialene skal måles før de bygges inn, for å dokumentere at innholdet er under kritisk verdi. Fuktmålinger bør utføres iht. NS3512:2014 «Måling av fukt i trekonstruksjoner». Se for øvrig SINTEF Byggforsk 474.531 - «Måling av fukt i bygninger». Målingen skal indikere antatt fuktigste sted.

Målte verdier må korrigeres for temperatur og materialtype dersom



Figur 8-1: Eksempel på oppfuktet bunnsvill og vindsperre

ikke måleinstrumentet gjør dette automatisk. Ved lave temperaturer øker den elektriske motstanden i treet slik at avleste verdier blir lavere enn ved 20 °C.

VIKTIGE PUNKTER: Byggfukt

- For å unngå soppangrep på trevirke, må det inneholde mindre enn 20 vektprosent fukt.
- I konstruksjoner med lav uttørkingsevne (f. eks. konstruksjoner mot terreng, og bunnsvill) må fuktinnholdet i trevirket være lavere enn 15 vektprosent fukt før innbygging.
- Mellom treverk og betong/murverk skal man alltid legge et kapillærbrytende sjikt.
- For isolerte konstruksjoner må dampsperran monteres før bygningen oppvarmes.
- Fuktmålinger må korrigeres for temperatur og materialtype.
- Prefabrikkerte elementer må beskyttes for nedbør på byggeplass.

9. Tetthet

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

For kontordelen av bygget er det forutsatt et lekkasjetall på maksimum 1,4 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell. Dette er 0,1^{-h} bedre enn minstekravet i TEK17, men vil likevel kreve mye av både prosjekterende og utførende, da det er snakk om renovering av eksisterende bygning.

Om man ikke klarer å oppnå et lekkasjetall på maks 1,4^{-h} må man kan kompensere med andre tiltak, eller søke om fravik fra kravet til totalt netto energibehov.

Om et lekkasjetall på maks 1,5^{-h} heller ikke kan oppnås, må det i tillegg søkes om fravik fra minstekravet til lekkasjetall i TEK17.

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

Det er fordelaktig å utføre to trykktester av bygget. Det bør trykktestes når etterisolerte yttervegger er etablert og vinduer, dører og tekniske installasjoner er satt inn/gjennomført, men uten at vegger er isolert og platet på innsiden. Dette gjør at lekkasjepunkter kan utbedres på en enkel og kostnadseffektiv måte. Dersom ikke tekniske installasjoner er montert på dette tidspunktet anbefales det allikevel å sette inn kanal- og rørstusser slik at det kan tettes rundt disse og slik at de blendes av ved trykktesting.

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



Figur 9-1: Trykktesting

Eventuelle feil skal utbedres og det skal inspiseres på nytt for å bekrefte ytelse.

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

Ved overganger mellom sokkel/dekke og yttervegg bør det alltid benyttes svillemembran som tar opp ujevnheter og sikrer en lufttett overgang.

Ved gjennomføringer i klimaskjermen bør det benyttes mansjetter, tetthet skal uansett ivaretas.

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

Vedlegg 1 - Sjekkliste for dokumentasjon av inndata

Størrelser		Inndata	Dokumentasjon ^b
Arealer [m ²]	Yttervegger ^b	215	Målt på tegning
	Tak ^b	781	Målt på tegning
	Gulv ^b	85	Målt på tegning
	Vinduer, dører og glassfelt ^b	54	Målt på tegning
Oppvarmet del av BRA (A_{R1}) [m ²]		698	Målt på tegning
Oppvarmet luftvolum (V) [m ³]		2875	Beregnet basert på tegninger
U-verdi for bygningsdeler [W/m ² K]	Yttervegger ^c	0,15	BKS 471.401, tabell 42
	Tak ^c	0,13	BKS 471.013, tabell 52
	Gulv ^c	0,16	BKS 471.011, tabell 42
	Vinduer, dører og glassfelt ^c	0,77	Forutsatt, dokumenteres av leverandør.
Arealandel for vinduer, dører og glassfelt (α_{so}) [%]		7,7	Beregnet i Simien
Normalisert kuldebroverdi (Y'') [W/m ² K]		0,09	Forutsatt.
Normalisert varmekapasitet (C') [Wh/m ² K]		102	Forutsatt.
Lekkasjetall (n_{50}) [h ⁻¹]		1,4	Forutsatt.
Temperaturvirkningsgrad (h_{η}) for varmegjenvinner [%]		85	Oppgitt verdi fra RIV
Spesifikk vifteeffekt (SFP) relatert til luftmengder, i driftstiden [kW/m ³ /s]		1,8	Oppgitt verdi fra RIV
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsluftmengde i driftstiden [m ³ /m ² h]		7,34	Minstekrav i NS 3031 tillegg A
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsluftmengde utenfor driftstiden [m ³ /m ² h]		2,0	Minstekrav i NS 3031 tillegg A.
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad for oppvarmingssystemet [%] ^h		0,84	Beregnet i Simien
Settpunkt-temperatur for oppvarming [°C] ⁱ		20,0	Krav i NS 3031, tillegg A
Spesifikk pumpeeffekt (SPP) (kW/(l/s))		0,0	Forutsatt
Driftstid for ventilasjon, oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann og personer ^{d, i}		12	Krav i NS 3031, tillegg A (timer per dag/dager per uke/uker per år)
Spesifikt effektbehov for belysning i driftstiden [W/m ²] ⁱ		8	Standardverdi i NS 3031, tillegg A
Spesifikt varmetilskudd for belysning i driftstiden (q''_{lys}) [W/m ²] ⁱ		8	Standardverdi i NS 3031, tillegg A
Spesifikt effektbehov for utstyr i driftstiden [W/m ²] ⁱ		11	Krav i NS 3031, tillegg A

Størrelser	Inndata	Dokumentasjon ^b
Spesifikt varmetilskudd for utstyr i driftstiden (q''_{uts}) [W/m^2] ⁱ	11	Krav i NS 3031, tillegg A
Effektbehov varmtvann på driftsdager [W/m^2] ⁱ	0,8	Krav i NS 3031, tillegg A
Spesifikt varmetilskudd for varmtvann i driftstiden [W/m^2] ⁱ	0,0	Krav i NS 3031, tillegg A
Varmetilskudd fra personer (q''_{pers}) i driftstiden [W/m^2] ⁱ	4,0	Krav i NS 3031, tillegg A
Total solfaktor (\bar{g}_t) for vindu og solskjerming (Ø/S/V/N) ^e	0,55	Forutsatt
Gjennomsnittlig karmfaktor (F_F)	0,16	Forutsatt
Solskjermingsfaktor pga. horisont, nærliggende bygninger, vegetasjon, og eventuelle byggningsutspring ^f	1,00/0,94 1,00/1,00	Forutsatt

^a I mange tilfeller er inndata i denne tabellen summerte/aggregerte verdier som må beregnes. I praksis vil derfor dette inndataskjemaet ofte være et resultat i et dataprogram, og dermed en sjekklister på innlagte data i programmet.

^b Areal for bygningsdeler/konstruksjoner som vender mot uoppvarmede soner/rom eller mot grunnen skal også tas med her. Det kan gjerne angis i dokumentasjonsfeltet en oppdeling av hva som vender hhv. Mot friluft, uoppvarmede soner og grunnen.

^c I U-verdien for de ulike bygningsdeler skal det angis en gjennomsnittlig U-verdi (arealmidler). For bygningsdeler /konstruksjoner mot uoppvarmede rom/soner skal en effektiv U-verdi angis som er produktet av U-verdien til konstruksjonen mot uoppvarmede sonen og varmetapsfaktoren b : $U_{eff} = b \times U$. Verdier for b er gitt i tabell B.7. Forkonstruksjoner mot grunnen skal ekvivalent U-verdi for grunnen på grunn (U_g) og kjellervegger (U_{bw}) angis.

^d I tilfeller der det er ulik driftstid for ventilasjon, oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann og personer, skal dette angis

^e I tilfeller der systemfaktorer, \bar{g}_t , varierer for ulike fasadeorienteringer, skal det angis separate verdier for øst (Ø), sør (S), vest (V) og nord (N). Orientering for øst regnes som fra 46° til 135°, sør fra 136° til 225°, vest fra 226° til 315° og nord fra 316° til 45°, der retning nord er 0° og rett sør er 180°. I tilfeller der systemsolfaktoren varierer mye over året, skal en gjennomsnittsverdi for de fire varmeste månedene angis (mai - august). For bevegelig (regulerbar) solskjerming skal verdien for aktivisert stilling angis.

^f I tilfeller der denne solskjermingsfaktoren varierer mye over året, skal en gjennomsnittsverdi for de fire varmeste månedene angis (mai – august).

^g Hvilke standarder, metoder, dokumentasjon fra byggevarereprodusenter og verdier fra tabeller i dette dokumentet som inndata er basert på, skal angis i dette feltet.

^h Ikke nødvendig for energibehov og kontrollberegning etter TEK.

ⁱ Ved kontrollberegning mot offentlige krav velges inndata fra tillegg A.



asplan viak