

Tradisjonsbygg Trondheim AS

JUSTISMUSEET - PREMISSNOTAT FOR BYGNINGSFYSIKK

Dato: 20.11.2018
Versjon: 01

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Tradisjonsbygg Trondheim AS
Tittel på rapport:	JUSTISMUSEET - PREMISSNOTAT FOR BYGNINGSFYSIKK
Oppdragsnavn:	Justismuseet-rehabilitering og ombygging Samspillsfase
Oppdragsnummer:	618751-01
Utarbeidet av:	Tore Henrik Erichsen
Oppdragsleder:	Kari Overvik
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Asplan Viak AS er engasjert av Tradisjonsbygg Trondheim AS som rådgiver i en samspillskontrakt med Statsbygg. Asplan Viak AS har prosjekteringsansvaret for alle fag.

Dette notatet oppsummerer relevante bygningsfysiske forskriftskrav og prosjektspesifikke krav, samt anbefalinger og løsninger vedrørende oppbygningen av de forskjellige bygningskomponentene.

Prosjektet er etablering av Justismuseum i det gamle Militær Sykehuset i Trondheim. Bygningen er oppført i 1830.

Bygningen består av en tømmerkasse som utvendig er kledd med panel og innvendig er kledd med panel/bygningsplater.

Takkonstruksjonen har et bæresystem i tre. Undertak i tre med tegeltakstein.

For etablering av museum skal takflaten isoleres. Vegger skal ikke endres. Vinduer vil få isolerglass og varevindu.

Ventilasjonsanlegget vil ha teknisk rom på loft. Teknisk rom bygges som et rom i rommet og skal isoleres mot de kalde deler av loftet.

01	20.11.18	Samspillsfasen	THE	FMH
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forord

Denne rapporten belyser de bygningsfysiske premissene for planlagte arbeider på Justismuseet.

Trondheim, 20.11.2018



Tore Henrik Erichsen
Sivilingeniør

Fredrik Moen Haaland
Kvalitetssikrer

Innhold

1. INNLEDNING	4
1.1. Generelt	4
1.2. Lokalklima	4
2. RELEVANTE KRAV	6
2.1. Byggteknisk forskrift (TEK17).....	6
2.2. Prosjektspesifikke krav	7
3. OPPBYGNING AV BYGNINGSDELER.....	8
3.1. Gulv mot grunn	9
3.2. Yttervegg over terreng.....	10
3.2.1. Kledd tømmerkasse	10
3.2.2. Innvendig fuksikring – Dampspærre.....	10
3.3. Vinduer og dører	10
3.4. Tak.....	11
3.5. Kuldebroer	11
4. VÅTROM.....	12
5. RADON	13
6. BYGGFUKT	14
7. LUFTTETTHET	15
8. KONKLUSJON	16

1. INNLEDNING

1.1. Generelt

Asplan Viak AS er engasjert av Tradisjonsbygg Trondheim AS for å bistå med rådgivning innenfor bygningsfysikk i forbindelse med prosjektet Justismuseet.

Justismuseet skal etablere nye lokaler i det gamle Militær Sykehuset i Trondheim



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

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

Dette notatet oppsummerer relevante krav, samt anbefalinger og løsninger vedrørende oppbygningen av de forskjellige bygningskomponentene i klimaskallet.

Avvik fra dette dokumentet, samt alle detaljer som omhandler tettesjikt og isolasjon, skal kontrolleres og kvalitetssikres av bygningsfysikere. 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.

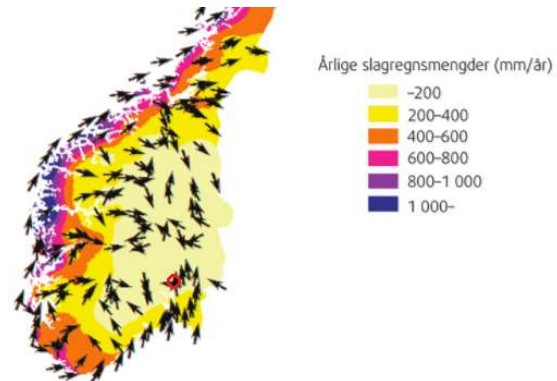
1.2. Lokalklima

Understående klimadata for Trondheim er hentet fra Byggforskblad 451.031 og 451.021.

Laveste tredøgns middeltemperatur:	$\theta_{3d} = -22,0^{\circ} \text{C}$
Årsmiddeltemperatur:	$\theta_m = 5,8^{\circ} \text{C}$
Årsnedbør i normalår:	850 mm/år (Voll)
Slagregn i normalår:	390 mm/år (Voll)

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

I Trondheim er det i utgangspunktet vestvendte fasader som er mest utsatt, men som kartet viser er det moderate mengder med slagregn.



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

Forutsetninger for simuleringer

For kondenssimuleringer skal laveste tredøgns middeltemperatur ($-22,0^{\circ}\text{C}$) 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 .

2. RELEVANTE KRAV

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

2.1. Byggt teknisk forskrift (TEK17)

Tabell 1: Grensesnittmatrise

Område (TEK17)	Kommentar	Hovedansvar
§ 13-4. Termisk innelima	Vurdere behov for solavskjerming, kjøling og/eller åpningsbare vinduer.	ARK/RIV
§ 13-5. Radon	Radonsikring. Membran og tiltak i grunnen.	RIB/RIV
§ 13-7. Lys	Dokumentere at prosjektet har tilfredsstillende dagslys.	ARK
§ 13-9. Generelle krav om fukt		RIBfy
§ 13-10. Fukt fra grunnen	Detaljer av løsninger vedr. klimaskjermen under terreng, inkl. drenering og evt. dimensjonering av frost- og telesikring. RIB utarbeider tegninger som kontrolleres av RIBfy.	RIB
§ 13-11. Overvann	Utforming av terreng med tilfredsstillende fallforhold.	LARK
§ 13-12. Nedbør	Detaljer av løsninger vedr. klimaskjermen over terreng. ARK utarbeider tegninger som kontrolleres av RIBfy.	ARK/RIBfy
§ 13-13. Fukt fra inneluft	Detaljer av løsninger vedr. klimaskjermen over terreng. ARK utarbeider tegninger som kontrolleres av RIBfy.	ARK/RIBfy
§ 13-14. Byggfukt	Materialer og konstruksjoner skal være tørre ved innbygging/forsegling. Fuktmålinger må dokumenteres.	ENT
§ 13-15. Våtrom og rom med vanninstallasjoner	ARK utarbeider løsninger som kontrolleres av RIBfy.	ARK/RIBfy
§ 13-16. Rengjøring før bygningen tas i bruk	Overflater i rom, kanaler og lignende skal være rengjort før bygningen tas i bruk. Overflatene skal være frie for synlig støv og fett.	ENT
§ 14. Energi	Energikravene i TEK17	RIEn

2.2. Prosjektspesifikke krav

For øvrige krav se brukers krav om personbelastning og klimakrav (inneklima)

For undervisningsrom og publikumsmottak: Innetemperatur: 19-22 °C. Akseptabelt med kortere perioder opp til 24 °C, Luftfuktighet: 10-60 % RF.

For utstillingsrom og verksted: Innetemperatur: Minimale svingninger er viktig. 19-22 °C. Akseptabelt med kortere perioder opp til 24 °C, Luftfuktighet: 20-40 % RF. Akseptabelt med svingninger i kortere perioder ned mot 12%.

3. OPPBYGNING AV BYGNINGSDELER

I dette kapitlet presenteres løsninger og for isolering og oppbygning av de forskjellige bygningskomponentene. En oppsummering av U-verdier er presentert i tabellen under.

Tabell 2: Bygningskomponentenes egenskaper og minstekrav fra TEK17.

Beskrivelse	Justismuseet	Minstekrav (TEK17)
U-verdi yttervegger – Kledd Laftekonstruksjon [W/m ² K]	0,65	≤ 0,22
U-verdi tak [W/m ² K] Nederst mot raft i 3. etg	0,18	≤ 0,18
U-verdi [W/m ² K] i dekke over 3. etg mot kaldt loft	0,25	≤ 0,18
U-verdi gulv mot grunn [W/m ² K]	0,36*	≤ 0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	2,0	≤ 1,2
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,2	-
Lekkasjetall [luftvekslinger per t.]**	1,5**	≤ 1,5

*U-verdi eks. grunnens varmemotstand. Basert på anslått tykkelse

** Anslått, svært usikkert med hensyn til eksisterende vegger som ikke skal restaureres nå.

3.1. Gulv mot grunn

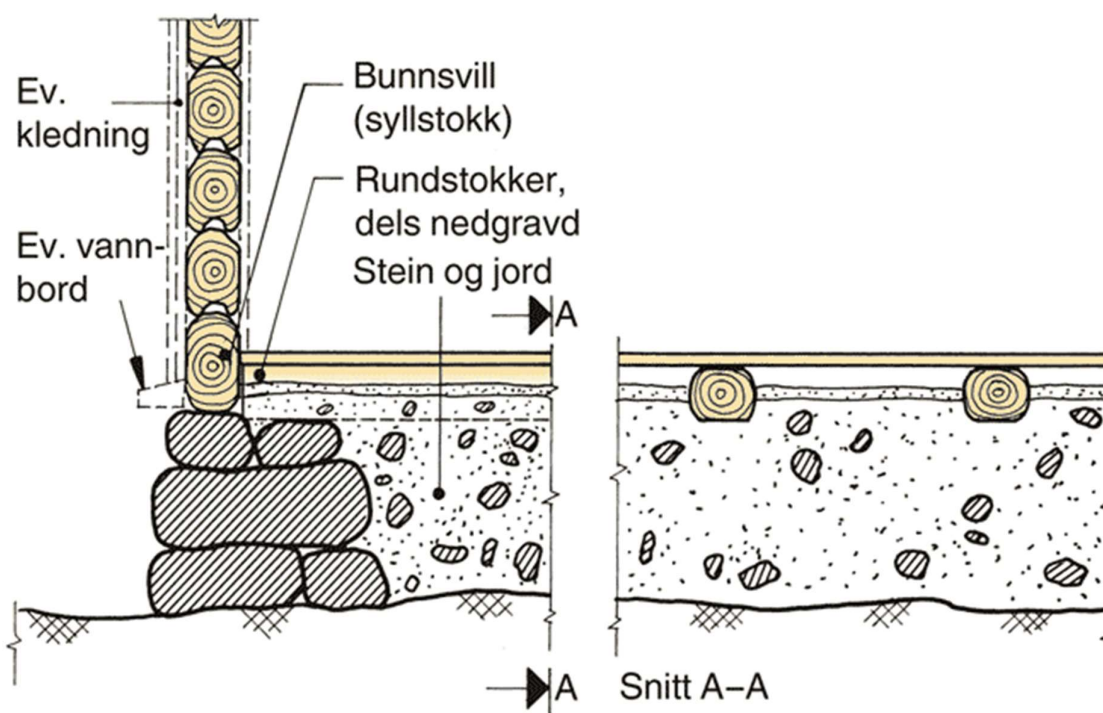
Det er ikke planlagt isolerende tiltak i eksisterende golv på grunnen. Golvet har tidligere blitt etterisolert i områdene nærmest yttervegg ved innblåsing av isocell løsisolasjon mellom golvbord og grunn.

Anslått U-verdi i isolert område er $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$. dette er eksklusive varmemotstanden i grunnen. Anslått verdi med en forutsatt isolasjonstykkelse på ca. 100mm.

Tek 17 stiller krav til at golv mot grunn skal utføres med tiltak for radonsikring.

Eventuell radonsikring forutsetter tiltak i grunnen som vil kreve demontering av golvbord. Dette er i utgangspunktet ikke ønskelig sett fra et bevaringsperspektiv. Byggherre har gjort radonmålinger. Dersom det kan dokumenteres at det ikke er for høye nivåer er det ikke nødvendig å gjennomføre tiltak.

Dersom det ved målinger i driftsfasen viser seg at radonnivået er for høyt kan det være mulig å etablere radonbrønner eventuelt etablere utlufting i luftsiktet under golvbordene.



Figur 3-1: Prinsipiell oppbygging av grunnmur og golv på grunn (Byggforskserien 721.111)

3.2. Yttervegg over terreng

3.2.1. Kledd tømmerkasse

Eksisterende yttervegger er laftede vegger kledd med panel utvendig og bygningsplater og panel innvendig.

3.2.2. Innvendig fuktsikring – Dampsperre

For laftet tømmer er dette ikke nødvendig da tømmerets egenskaper sørger for tilstrekkelig damp tetthet og uttørking på utvendig side.

Imidlertid er det viktig at alle overganger og gjennomføringer vies spesiell oppmerksomhet både i detaljerings- og utførelsesfasen. Overganger som krever spesielt fokus på tettesjikt er:

- Overganger mellom vegg og tak
- Dør- og vindusinnsetting
- Tekniske gjennomføringer

3.3. Vinduer og dører

Energiberegningene stiller krav til at gjennomsnittlig U-verdi for glassfasader, vinduer og dører ikke kan overstige $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Da eksisterende vinduer skal rehabiliteres er det ikke mulig å oppnå dette kravet. Det vil bli satt inn 2 lags isolerglass i vinduene og i tillegg vil det være varevindu. Antatt U-verdi er $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Plassering av vinduer i yttervegg er gitt av eksisterende plassering.

VIKTIGE PUNKTER: Vinduer og dører

- Bruk alltid to-trinns tetting av fugene mellom vinduskarmen og veggen.
- Avslutt kledning i god avstand fra vannbrett og beslag, min 10 mm.
- Ved inntrukket vindu skal det benyttes membran under karm og vannbrettbeslag.
- Vinduer skal ikke plasseres utenfor vindspærresjiktet da dette medfører en vesentlig kuldebro og lav overflatetemperatur.

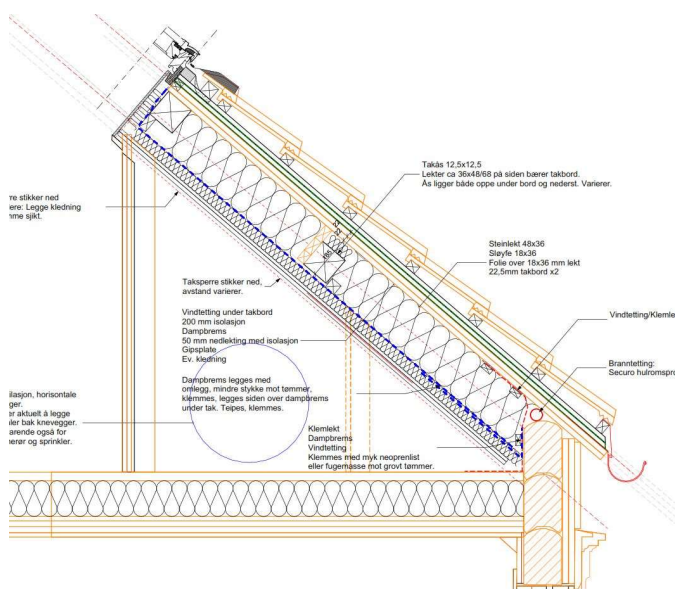
3.4. Tak

Justismuseet har saltak med bæresystem i tre og undertak i tre med tegltakstein.

For etablering av kontorer i museet skal takflaten i tredje etasje etterisoleres. Taket har takrenner med utvendig nedløp.

Beregnet U-verdi for isolert del av taket er 0,18 W/m²K.

Det er da lagt til grunn en samlet isolasjonstykkelse på 225 mm med isolasjon i klasse 36 eller bedre. Isolert tak må etableres med dampsperre på varm side. Vindsperrerefunksjonen ivaretas av dampåpent undertaksbelegg som legges på eksisterende undertak av takbord. Det er viktig at vindtetthet sikres i overgang mellom tak og vegg for å hindre gjennomblåsing i isolasjonen.



Oppbygging tak ved raft

3.5. Kuldebroer

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

Det er ikke identifisert kuldebroer som antas å kunne gi kondensproblemer.

4. VÅTROM

Våtrom skal prosjekteres og utføres slik at det ikke oppstår skade på konstruksjoner og produkter på grunn av bruksvann, vannsøl, lekkasjevann og kondens (TEK § 13-15). På Justismuseet skal dette ivaretas ved å følge byggebransjens våtromsnorm (BVN). Dersom en ønsker å avvike fra våtromsnormen skal dette godkjennes av ansvarlig prosjekterende.

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

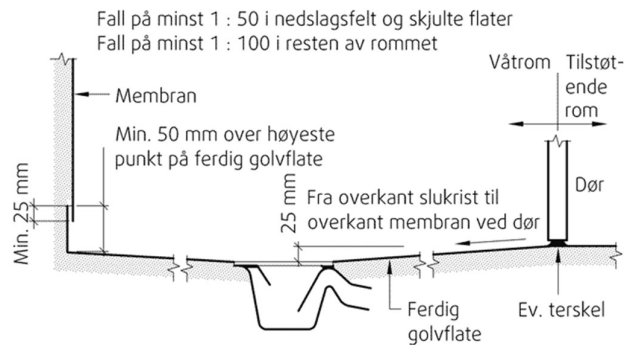
Fall mot sluk, minimum 1:100, må etableres på hele gulvet. I dusjsoner bør fallet være minimum 1:50. Se skisse.

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 skal ha en teknisk godkjenning fra SINTEF.

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

Oppbygning av vegger rundt våtrom og andre rom med høy fuktbelastning skal godkjennes av bygningsfysikker.



Figur 4-1: Krav til fall til sluk for gulvet i baderom og dusjrom (NBI 541.805)

5. RADON

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

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

Da etablering av radonsperre vil medføre store inngrep i bygget er det ønskelig å unngå dette. Radon målinger er utført av byggherre. Det bør i tillegg gjøres målinger i ferdig bygg.

Radonmålingene kan utføres så fort museet er i «normal» drift, og måleperioden skal gå over minimum to måneder i vinterhalvåret.

Dersom det registreres for høye verdier må tiltak vurderes.

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

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

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

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

Rehabilitering av taket er utført høsten 2018. Dette er utført under tak slik at fuktproblemer pga nedbør ble unngått



Figur 6-1: Eksempel på oppfuktet bunnsvill og vindsperre

VIKTIGE PUNKTER: Byggfukt

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

7. LUFTTETHET

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

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.

I dette bygget er det ikke mulig å oppnå lekkasjetall som i moderne bygg da eksisterende yttervegger skal stå urørt.

Det vil imidlertid være fordelaktig å redusere all lekkasje ved alle nye gjennomføringer vindussettinger og overganger mellom nye og gamle deler. Slik at det ikke oppstår nye luftlekkasjer.



Figur 7-1: Trykktesting

I detaljprosjektfasen må det gjøres luft-tetthetsmålinger kombinert med fotografering med varmekamera for å finne eventuelle luft-lekkasjer i yttervegg/klimaskall som kan utbedres.

Eksisterende lufteåpninger under vinduer og luftkanaler må tettes slik at det ikke oppstår lekkasjer gjennom disse. Dette gjelder også gamle skorsteiner.

Tetningsprodukter må være testet for bruk i et norsk klima. Det anbefales at alle produkter har teknisk godkjenning fra SINTEF Certification. Eller tilsvarende produktdokumentasjon

8. KONKLUSJON

Det gamle Militær Sykehuset i Trondheim, er oppført i 1830. Dette er fortsatt intakt uten nevneverdige skader. Bygget har fungert godt bygningsfysisk med de løsningene og den bruk det har hatt frem til i dag.

Ved en betydelig ombygging og bruksendring slik det nå er planlagt, medfører dette at bygningsfysiske forhold kan bli endret i negativ retning. Det er vår vurdering at de planlagte tiltakene er gode og at de ikke vil øke risikoen for fuktskader.

Da dette er et vernet bygg med betydelig historisk og antikvarisk verdi anbefaler vi at det gjennomføres en 3. parts kontroll av detaljer med betydning for bygningsfysikken. En slik kontroll kan for eksempel gjøres av SINTEF Byggforsk.

I byggesaken må det søkes om dispensasjon fra krav gitt i TEK 17 med hensyn til radonsikring, U-verdier og energi.