

68 | **PROSJEKT
RAPPORT**



BYGGFORSK

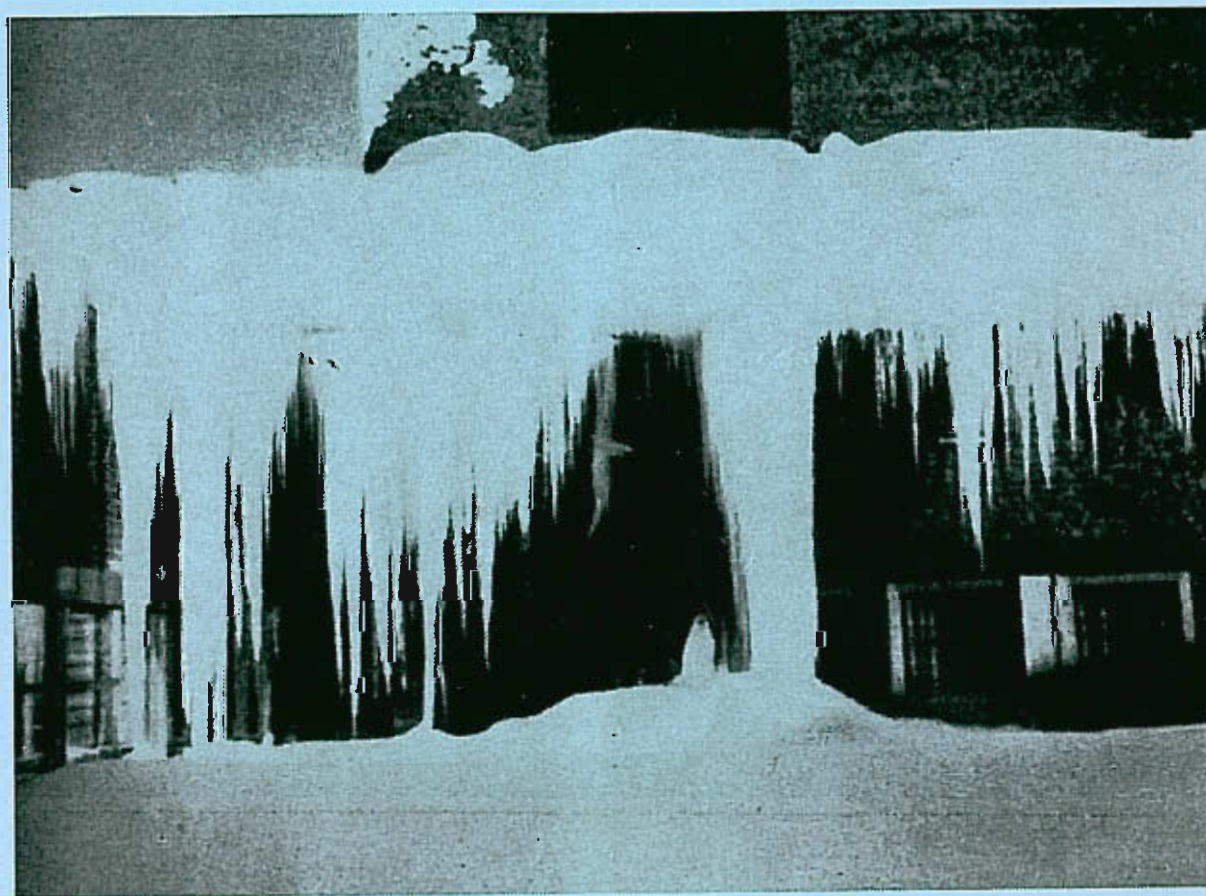
Norges byggforskningsinstitutt

Helge Juul og Trond Bøhlerengen

Ising på tak

En studie av et skadetilfelle

En rapport fra NTNF-prosjektet "Byggskader"



Norges byggforskningsinstitutt 1990

Prosjektrapport 68

Helge Juul og Trond Bøhlerengen

Ising på tak

En studie av et skadetilfelle

En rapport fra NTN-prosjektet "Byggskader"

Prosjektrapport 68
Helge Juul og Trond Bøhlerengen
Ising på tak
En studie av et skadetilfelle

ISBN: 82-536-0347-9

© Norges byggforskningsinstitutt
Forskningsveien 3 b, Postboks 123 Blindern
0314 Oslo 3
Telefon: (02) 46 98 80
Telefax: (02) 69 94 38

Fra januar 1991:
Telefon: (02) 96 55 00
Telefax: (02) 69 94 38

Innhold

Forord	3
1. Bakgrunn	3
2. Institusjonsbygg/sykehus med store isproblemer på taket	4
3. Noen strøttanker om smelting og ising	5
4. Konsekvenser	7
Bilag 1	8
Bilag 2	20

Forord

Ising på tak forårsaker hvert eneste år store problemer. Det er ofte vanskelig å finne riktig årsak, og dermed fornuftig utbedringstiltak.

I denne rapporten tar vi for oss én skadesak som kan være typisk. Det er i forlengelse av denne skadesaken også foretatt noen teoretiske beregninger og betraktninger omkring snøsmelting og ising på tak.

På grunnlag av disse beregningene, er det til slutt satt opp et forslag til regler for lufting av tak. Det er også utarbeidet et nytt blad i Byggforskserien, Byggdetaljer, A 525.035, Ising på tak", som et resultat av prosjektet.

Til sist drøftes konsekvensene for Norges byggforskningsinstituttets Byggforskserie.

Prosjektrapporten er utarbeidet med midler fra Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd og mangfoldiggjort for instituttets egen regning.

Oslo, november 1990

Helge Juul

Trond Bøhlerengen

1. Bakgrunn

Skader og problemer i forbindelse med is på tak er et kjent fenomen. Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk) har hatt utallige skadeoppdrag i den forbindelsen. Leser man igjennom disse skaderapportene, sitter man igjen med følelsen av at vi vet for lite. Vi er på nokså usikker grunn når vi foreslår utbedringstiltak. Særlig gjelder dette for hvordan lufting av tak skal utføres i ulike konstruksjoner for å unngå ising.

I denne prosjektrapporten tar vi for oss et konkret eksempel. Fordi vi først feilet, måtte vi gå dypere inn i saken. Det brakte oss et lite stykke videre. Vi trekker til slutt opp generelle retningslinjer for tiltak mot ising på tak.

2. Institusjonsbygg/sykehus med store isproblemer på taket

Sykehuset ligger på indre Østlandet. Det ble bygd i 1980.

Takene er skrå med utvendige nedløp, takfall antatt 20°. Takene er formet som pulttak, noen med "fritt" møne, andre støter opp mot høyere vegg. *Foto 14 i Bilag 1* viser noen av takene. Bakenfor ligger fire sammenhengende pulttak inn mot et atrium, se *foto 13 i Bilag 1*.

Takets oppbygging er som følger, regnet nedenfra og opp:

- 200 mm Siporexelementer
- 100 mm mineralull lagt mellom 48 mm x 98 mm sperrer
- Forhudningspapp på sperrene
- Opplekting med 48 mm x 48 mm lekter
- 18 mm bordtak
- Underlagspapp
- Båndteknig

Det var lufteåpning ved takfot og i møne/avslutning mot høyere vegg.

Takene har en U-verdi på ca. 0,25 W/m² k, altså litt over kravene i de nåværende byggeforskriftene.

Det oppsto store istapper og lekkasjer allerede første året. Ved en befaring i 1982 fikk vi opplyst at problemet hovedsakelig gjaldt det ene taket, nemlig tak over del A. Det som var spesielt, rent bygningsteknisk med dette taket, var et stort overlysfelt i takflaten og store utblåsningsrister for varmluft rettet ned mot takflaten. Vi foretok også en termografering for å finne ut om luftlekkasjen gjennom fugene i lettbetongelementene kunne spille en rolle.

Vi konkluderte i 1982 med at så ikke var tilfelle. Vi mente at hovedårsaken til istappene først og fremst var de store overlysfeltene. Vår anbefaling gikk ut på å fjerne overlysene, snu utblåsningsristene, samt enkelte andre mindre endringer av taket. Dette ble gjort, dog bare delvis som opprinnelig anbefalt av Byggforsk.

Vinteren 1987 fikk vi melding om at problemene med is og lekkasjer var like store etter ombygningen. Ja, nå var det også store isdannelse på flere av de andre takene, først og fremst over forsamlingslokalet og vestibyle som ses på *foto 14 i Bilag 1*. På del A, hvor taket var ombygd, var istappene fortsatt store, særlig over en del av taket, se *foto 1 i Bilag 1*.

Det ble holdt et møte med befaring på stedet i mars 1988. Det var bittert, men dessverre helt nødvendig å innrømme at våre utbedringsforslag fra vår rapport i 1982 ikke hadde virket etter hensikten. *Foto 6, 7, 8, 9 og 10 i Bilag 1* viser store lokale snøsmeltinger på del A.

Vi måtte nå starte på nytt. Ved Byggforsk, Trondheimsavdelingen, hadde de de siste årene hatt flere store isskader på tak hvor årsaken var å finne i ventilasjonssystemet. Trygve Isaksen og Anker Nielsen ved Trondheimsavdelingen hadde i fellesskap analysert flere slike saker.

Isaksen/Nielsen/Juul samlet nå inn alt materiale om ventilasjonsanlegget. Vi intervjuet maskinsjefen på sykehuset, og etter hvert begynte mønstret å klarne. To hovedårsaker kom frem:

- I maskindelen i del A kom temperaturen om vinteren av og til opp i ca. + 40 °C. Over der var de desidert største isansamlingene i del A.
- Over forsamlings salen ble varmluften blåst inn over en nedsenket himling slik at det bygde seg opp en "varmepute" med overtrykk under yttertaket. Flere andre ting bidro til snøsmeltingen:
 - Luftlekkasjene gjennom elementene fordi det allikevel må antas overtrykk noen steder og at luftlekkasjene kan være større enn først antatt
 - For dårlig lufting av takflaten. Det ble laget en ny rapport til oppdragsgiver. Den er gjengitt i *Bilag 1*.

Anker Nielsen gjorde også en del generelle beregninger med regneprogrammet SYMPHONY. Resultatene er meget interessante og lærerike, se *Bilag 2*.

På denne bakgrunn har Byggforsk utarbeidet et blad i Byggforskserien, Byggdetaljer, A 525.035 "Ising på tak". Her er de skadene isen kan forårsake tatt opp. Det er i dette bladet forsøkt å behandle alle de ulike årsaker til is på tak som Byggforsk til nå har erfaringer med. Bladet bør kunne brukes som en sjekkliste når man skal finne årsaken til isskader på tak.

3. Noen strøtanker om smelting og ising

I Byggforskserien, Byggedetaljer A 525.035, fig. 221a er det vist en kurve for densitet og varmekonduktivitet for snø. I fig. 221b er det vist et eksempel på temperaturfordeling i et snøtekt tak. Det er et svært forenklet bilde; virkeligheten er adskillig mer komplisert.

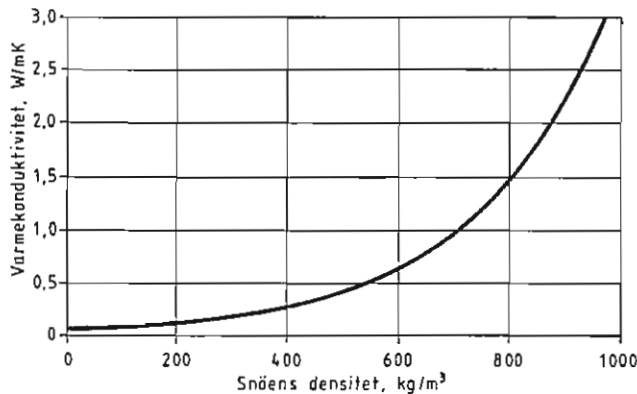


Fig. 221 a
Kurven viser hvordan snøens isoleringsevne forandrer seg med snøens densitet. Generelt blir snøen tyngre og isolerer dårligere jo eldre den blir. Kurven for temperaturfordelingen som er vist i fig. 221 b, vil derfor som oftes bli atskillig mer differensiert i virkeligheten.

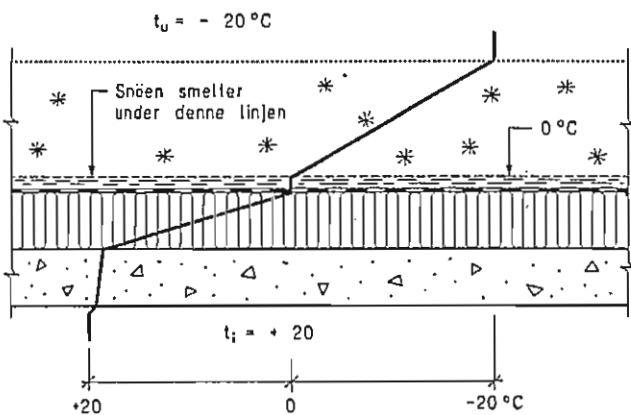


Fig. 221 b
Figuren viser hvordan temperaturfordelingen i et snøtekt, kompakt tak kan bli. Selv ved +20 °C ute, kan undersiden av snølaget smelte.

Fra Byggforskserien, Byggedetaljer A 525.035 Ising på tak, 1988

I fig. 1, på side 6, er det lagt til grunn en kompakt konstruksjon med 200 mm betong, 170 mm ekspandert polystyren og et 1 m tykt snølag. Vi forutsetter at snøen har størst densitet og høyest λ -verdi nederst. Tykkelse, densitet og λ -verdi for de tre snølagene er vist på figuren. Innetemperatur +20 °C, utetemperatur +10 °C.

Motstanden for hvert sjikt er beregnet (m_1 er satt til 0,15 og m_2 til 0,05). Temperaturen i grensesjiktene er beregnet, idet temperaturfallet antas proporsjonalt med sjiktets varmemotstand.

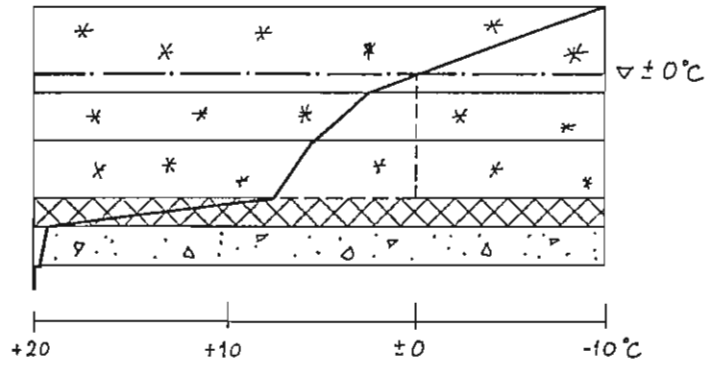
Som man ser, kommer den såkalte "null-linjen" langt opp i snølaget. Det vil si, snøen smelter under denne linjen. Da vil snart temperaturen under nullinjen synke til 0 °C, og temperaturfordelingen skulle bli som stiplede linje viser.

Også denne situasjonen vil raskt endres. Den smeltede snøen vil synke sammen og oppta et mye mindre volum. Etter hvert vil den forhåpentligvis dreneres vekk som vann, men før det vil sørpe/- vannlaget få en ny λ -verdi på ca. 0,60 W/mK. Dermed blir temperaturkurven også endret, se fig. 2, på motsstående side, s. 6. Så lenge energien brukes til snøsmelting, vil temperaturen i vannet holde seg på ± 0 °C, se stiplede linje.

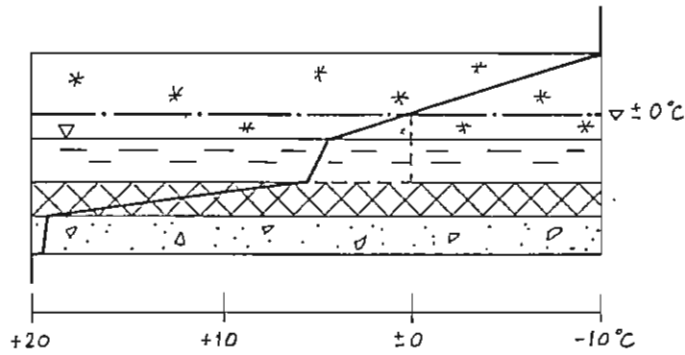
Vi har erfaring med at et sørpelag dreneres meget 'langsomt. Et plutselig fall i utetemperaturen vil presse nullinjen nedover, og det øverste vannsjiktet begynner å fryse, se fig. 3, side 6. Isen har meget høy λ -verdi (ca. 2,2), og temperaturkurven blir på nytt en annen, null-linjen blir liggende i overkant av varmeisolasjonen, og vannet fryser. Når vannet fryser, frigis smeltvarme. Hvordan virker det inn?

Hensikten med dette er bare å vise hvor lite stabile forholdene er på et snøtekt tak. En rekke parametre virker inn, og flere av dem endrer seg fort. Det er neppe mulig å danne seg et eksakt bilde av hendelsesforløpet.

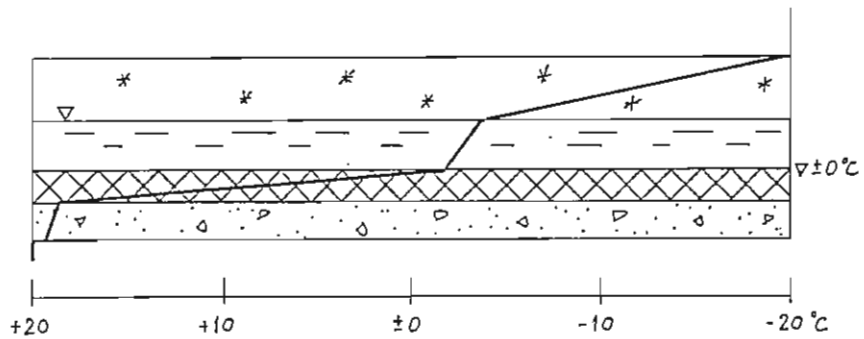
TYKKELSE MM	DENSITET KG/M ³	VARMEKONDUKTIVITET W/MK
450	150	0.10
250	300	0.24
300	500	0.45
170	20	0.04
200	2400	1.70



TYKKELSE MM	DENSITET KG/M ³	VARMEKONDUKTIVITET W/MK
450	150	0.10
230	1000	0.60
170	20	0.04
200	2400	1.7



TYKKELSE MM	DENSITET KG/M ³	VARMEKONDUKTIVITET W/MK
330	150	0.10
260	1000	0.60
170	20	0.04
200	2400	1.7



4. Konsekvenser

De nye kunnskapene som etter hvert erveres vedrørende lufting av tak, vil nødvendigvis få konsekvenser for bl.a. bladene i Byggforskserien, Byggdetaljer. Eksisterende blad behandler i første rekke lufting av små treak (små-hustak). Anvisningene misbrukes derfor til prosjektering av *store* tak. Vi må derfor skille mellom lufting av *små* og *store* tak. Det er altså behov for nye blad som behandler lufting av *skrå* tak med taklengde mer enn 5 m (avstand møne-raft). Følgende punkter kan legges til grunn:

- Tak fra 5 – 15 m skal ha en fri luftepalte på minst 100 mm. Åpningene skal være like store ved både raft og møne. Lufteåpningen må være åpen hele vinteren.
- Tak fra 5 – 15 m må ha minst 200 mm varmeisolasjon (polystyren/mineralull). Det kan være nødvendig med 150 – 300 mm. I spesielle tilfeller, f.eks. med spesielt høy innetemperatur, er heller ikke dette godt nok.
- Tak med lengde over 15 m kan luftes for å fjerne fukt i kon struksjonen, men luftingen kan ikke gi god nok nedkjøling til å hindre snøsmelting. Altså bør slike tak lages som (eller som om de var) kompakte (massive) tak, dvs. med innvendige, varme nedløp.

Ofte vil snøen rase ned fra slike tak. På et kompakt tak kan det bli en svært høy last på gesimskanten. Hvis den holder, vil det legge seg en snøskavl som kan bli svært høy. I bunnen av den kan det etter hvert oppstå et vanntrykk (sørpetrykk) som går over tekningsoppkanten og gir lekkasjer.

Dermed kommer kravet til snøfangere inn. Kan de brukes på alle tekninger? Hvor skal de sitte på taket? Innfestingsdetaljer, dimensjonering, krav til materialer osv. Det er sannsynligvis ikke tilstrekkelig bare å henvise til eksisterende anvisninger.

På bakgrunn av disse erfaringer, samt de konklusjoner og anvisning som vil fremkomme i Peter Bloms dr.ing-avhandling¹ om lufting av tak (ferdig i 1990), bør nye anvisninger utarbeides så raskt det er mulig.

Oslo, november 1990

¹ Peter Blom: "Ventillasjon av isolerte, skrå tak". Institutt for Husbyggingsteknikk, Norges Tekniske Høgskole, Trondheim 1990

Bilag 1



Norges byggforskningsinstitutt

Hovedkontor Oslo:
Forskningsveien 3b
Telefon: (02) 46 98 80
Telefax: (02) 69 94 38
Postadresse:
Postboks 123, Blindern
0314 Oslo 3
Telegramadresse:
Byggforsk
Postgiro: 4 160 495
Bankgiro: 5084.05.10058

Trondheim:
Høgskoleringen 7
Telefon: (07) 59 33 90
Telefax nr.: (07) 59 33 80
Postadresse:
Høgskoleringen 7
7034 Trondheim - NTH

Narvik:
Ornesveien 1A
Telefon: (082) 41 210
Telefax nr.: (082) 47 260
Postadresse:
Postboks 250
8501 Narvik

Prosjekt nr.:	N2344	Sted/dato:	Trondheim, mai 1988
Prosjektleder/forfatter:			
Oppdragsgiver:			
Oppdragsgivers adresse:			
Oppdragsgivers referanse:			

RAPPORT

OM

ISPROBLEMER/LEKKASJE

PÅ TAK OVER SYKEHUS

UTBEDRINGSFORSLAG*

Kort sammendrag:

KONSTRUKSJON OG SKADER: Se rapport O-7869 av 07.10.1982.

ARSAKER I 1988: Høye lufttemperaturer i tekniske rom og over store kanalansamlinger like under takflater enkelte steder. For lav luftspalte for så brede tak. Manglende lufttetthet/manglende dampsperre og for høyt lufttrykk i enkelte lokaler. Store snømengder

UTBEDRINGER: Over tekniske rom og forsamlingshall: Alt treverk tas av. Dampsperre legges over hele takflaten. Isolasjonen økes til 250 mm. Forhudningspapp legges over isolasjonen.

48 mm x 98 mm festes over oppløftede sperrer. Bordtak og kledning legges på igjen. Lufteåpninger 120 mm brede spalter. Lufteåpning mot høyere vegg: Flyttes opp til ca. 1 m over takplater

Faste emneord: Feltundersøkelse Laboratorieundersøkelse Utredning Beregning Skade

Andre godkjente emneord: HELSEINSTITUSJON VARMEANLEGG LETTBETONG VARMEGJENNOMGANG LUFTGJENNOMGANG	TAK SPERRESJIKT TRE VANNLEKKASJE	Byggverkets adresse:	Byggeår: 1980
		Vår ref.: TI/AFN	Kvalitetssikring: Ansvarlig sign.:

Utdragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten NBI's spesielle godkjenning.
Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder NBI seg rett til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

1. Generelt

I vår rapport av 07.10.82 foreslo Byggforsk:

Fjerne overlys, fjerne vertikale vinduer i personairom og lage skrått tak nedenfor. Isolere omkring eller fjerne rister for eventuelt fremtidig kjøleanlegg, forandre utblåsingrøret.

Disse forslagene er fulgt, men vinteren 1987–88 plaget taket rapporten gjelder (del A, vestvendt), fremdeles med snøsmelting og sterk isdannelse.

2. Isplager i 1988

I 1982 fikk Byggforsk opplyst at isplagene på øvrige tak var så små at man kunne leve med dem. Foto tatt i 1988 (foto 14, 15 og 16) viser imidlertid at forsamlingshallen og delvis også undervisningsdelen har for varm overflate og mye is på raftet.

I 1988 ser man at del B er isfri, (se bl.a. foto 13) unntatt i kilrenner inntil nordre del. Også del As søndre takdel inn mot atrium er isfri (se foto 1).

3. Om plassering av varme- og ventilasjonsanlegg umiddelbart under taket

Byggforsk har tidligere undersøkt 5 liknende tilfeller, hvor tekniske rom og alle varmluftsaggregater, varmtvannsbeholdere m.v. og varmeisolerte kanaler var plassert under taket. Vi fant at temperaturen i slike rom kunne bli meget høy om vinteren når anleggene gikk for fullt. Siden slike forhold ikke var nevnt i rapport av 1982, ba vi om å få utlevert tegninger av anlegget.

Tegningene viser at anleggene er plassert som vi fryktet. Vi ringte da sykehusets vaktmester (i april 1988) og fikk bekreftet at lufttemperaturen i tekniske rom ble meget høy (35–40 °C) når anleggets hele kapasitet ble utnyttet, dvs. når det var kaldest ute. (Ved +1 °C ute, var temperaturen under taket +25 °C.)

Rådgivende ingeniørers tegninger viser at kanalene i B-takene er forholdsvis små, mens de i del A opptar store deler av loftet nedenfor (og vest for) nordre del av forsamlingslokalet.

Snøsmeltingsmønsteret på takene inn mot atriet lar seg altså forklare. At smelting foregår over kiler, antar vi kan komme av at taket har meget dårlig/ingen lufting her.

4. Varmluftsinnblåsing i forsamlingslokale

I følge rådgivende ingeniør skjer innblåsing *over* en nedføret himling. Man får derved en slags "varmepute" oppunder taket, og dermed et overtrykk her oppe. Er lufttemperaturen ved golvet i lokalet 20 °C, kan den være

25–30 °C oppe under taket. (Temperaturen burde vært målt/registrert.) Er overtrykket 10–15 Pa, kan det tenkes at ca. 200–300 liter luft pr. m² takoverflate og time kan trenge igjennom den eneste lufttetningen, forhudningspappen, oppå isolasjonen. Fugene mellom gassbetongelementene er åpne, mineralullen også. Det forutsettes da at forhudningspappen er meget godt klemt i omlegg og uskadet for øvrig.

5. Over undervisningsdel i del A

Isdannelsen ser ut til å være verst mellom akse 6 og 8, dvs. der ventilasjonen/varmekanalene er konsentrert. Også disse ligger like under taket.

6. Luftlekkasjer i takene

I 1982 undersøkte vi luftgjennomgang over rom 218 og fant at lekkasjene ikke var særlig store her. Rommene ligger langt unna de tekniske rommene. Thermogrammer viser kaldluftinntrengning over betongbjelke i akse 13, og man antok at lufta kom fra loftet vestfra. VVS-rådgivers tegning tyder på at en del av kaldluften også kan komme fra taket ovenfor oppleggsgugen mellom gassbetongelementene. (Med normalt trykk, dvs. overtrykk under taket, går lufta ut gjennom taket.)

Det kan finnes steder med større luftgjennomgang enn i rom 218. Over forsamlingshallen og tekniske rom vil luftgjennomgang være kritisk, på grunn av den høye temperaturen her.

Vi ser også andre muligheter for opptrengning av varmluft, f.eks. over ytterveggene, hvor tegningene viser at oppleggsguger oppå veggene mangler tetning.

7. Teoretiske beregninger

Byggforsk har gjennomført en rekke teoretiske beregninger som har betydning for problemer med snøsmelting på tak.

Resultatene viser at:

1. Lav spaltehøyde, 3 cm, gir dårlig utlufting
2. Høy innetemperatur gir større snøsmelting
3. Stor snømengde gir større sannsynlighet for snøsmelting
4. Luftstrømning av inneluft til spalten vil gi større snøsmelting
5. Bedre varmeisolering reduserer snøsmeltingen

For så store taklengder som det her er tale om, vil vi i dag anbefale en luftspalte på 10 cm. Såfremt det ikke er mulig å gjøre noe med innetemperaturen i deler av bygningen, bør isoleringstykkelsen økes med 5–10 cm.

8. Konklusjon

Snøsmelting skyldes en kombinasjon av følgende faktorer:

- Høye lufttemperaturer over tekniske rom og over store kanalansamlinger like under takflaten
- For lav luftspalte for så brede tak
- Manglende lufttetthet mellom gassbetongelementene/manglende dampsperre og enkelte steder stort luftovertrykk under taket

9. Utbedringer

Over tekniske rom og forsamlingshall

- Alt treverk tas av.
- Dampsperre (nedre luftsperre) av 0,5 mm PVC folie varmluftsveives i omlegg og skjøter, eller diffusjonstett papp, f.eks. PMU 170 med sveiste omlegg, legges over hele takflaten.
- Isolasjonstykkelsen økes til 25 cm.
- Forhudningspapp legges over isolasjonen (som nå).
- 48 mm x 98 mm klemmer pappomlegg over oppløftede hovedsperrer
- Bordtak og tekning legges på igjen.
- Luftåpninger inn til det 98 mm høye luftrommet skal trekkes ut fra vegg i raft (større utstikk, men nå slik at luftspaltene blir 120 mm brede). Forholdsvis åpen netting kan dekke spalten, maskevidde lysmål ca. 4-5 mm. Samme åpning bør tilstrebes i mønet. Luftåpning mot høyere vegg mot forsamlingslokalet bør flyttes ca. 1 m opp over den nye takflaten.

Over kiler (grater)

- Slik taket er bygd opp nå, antar vi at gratene er uluftet/meget dårlig luftet. Den enkleste måten å øke grateluftingen på, er vel å bygge opp gratene med lufting som beskrevet ovenfor.

Norges byggforskningsinstitutt
Trondheim 1988

Bildene på motstående side viser:

Foto 1

Store isdannelse i takrønnen nedenfor snøskavlen på tak i nordøstre hjørne i atrium og sydover

Foto 2

Nordvestre hjørne i atriet. Snøsmelting og Istapper ved gratet mellom nordre og vestre tak

Foto 3

"Vestvegg" i atrium, fri for is, unntatt i nordre ende



Foto 1



Foto 2

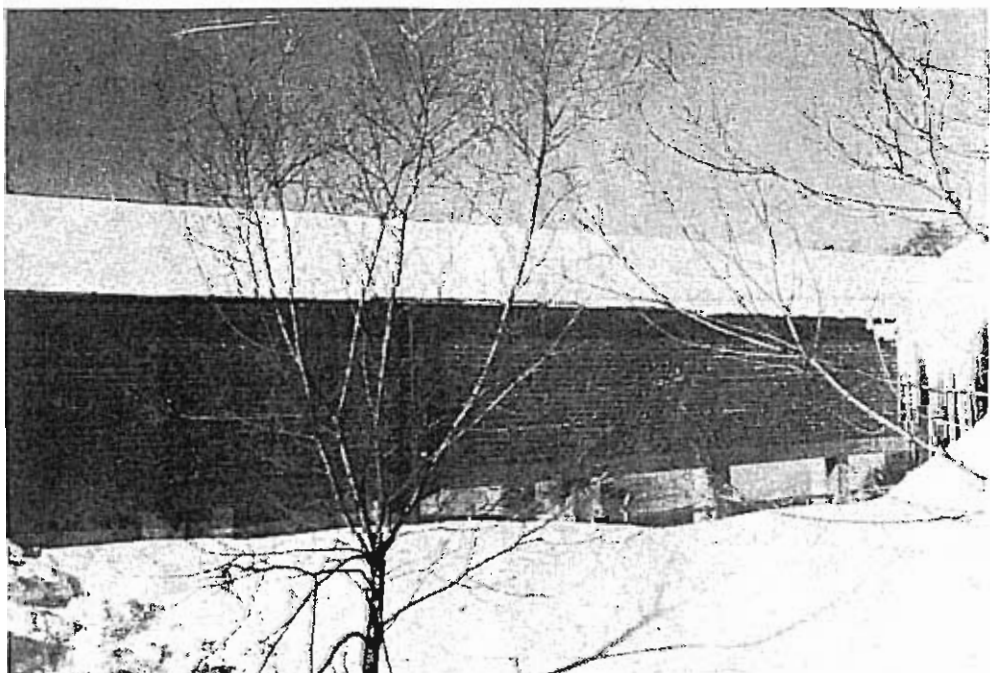


Foto 3

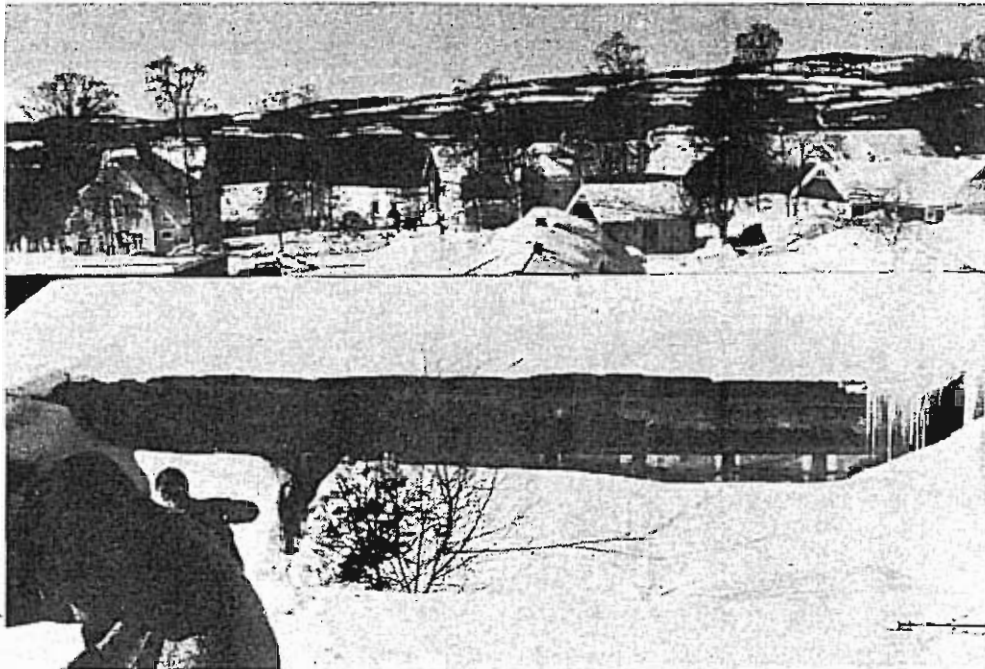


Foto 4

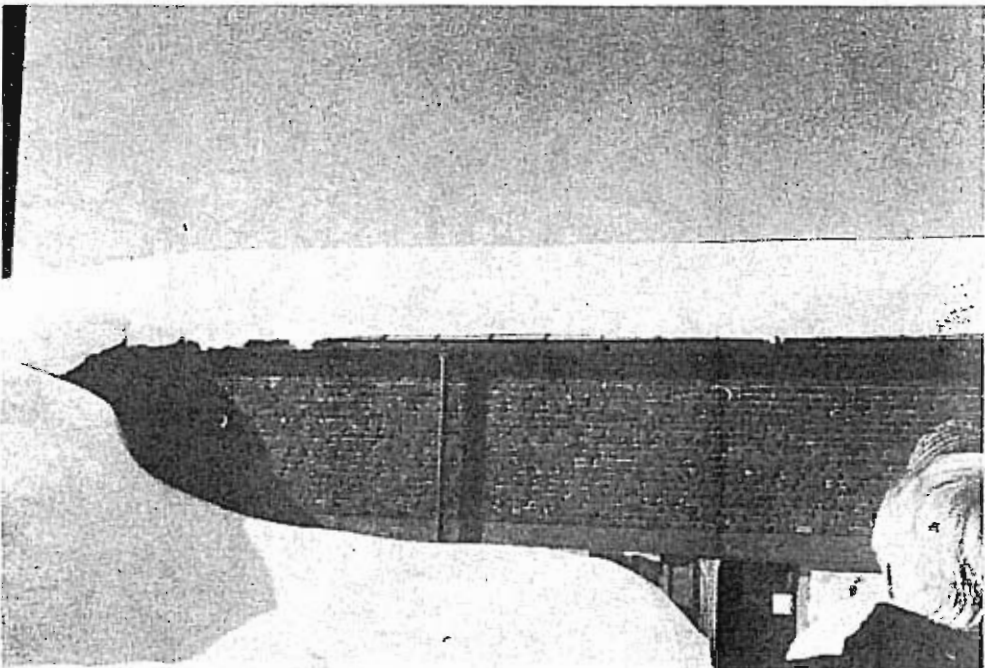


Foto 5



Foto 6

Bildene på motstående side viser:

Foto 4 og 5

"Vestvegg" i atrium fri for is unntatt i nordre ende. Fotoet viser at skavløne av nedrast taksne kan bli mer enn 2 meter høye.

Foto 6

Stedet er et "snøhull", se takene i bakgrunnen, hvor man har måkt vekk snø.

Bildet nedenfor viser:

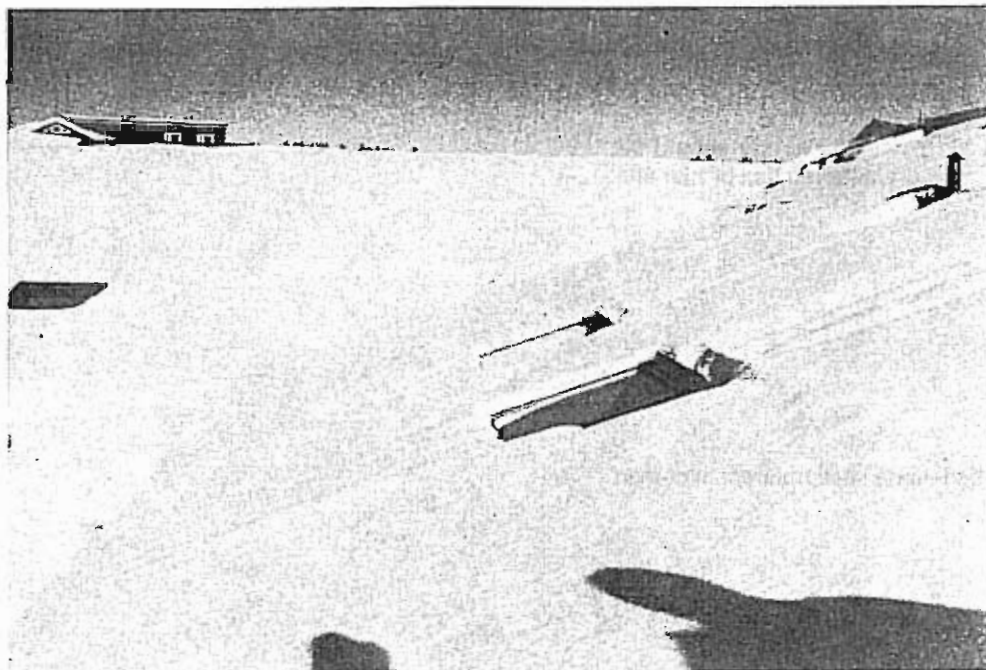


Foto 7

Østre tak (i atrium) og nordre tak: Store snømængder i kilen (gratet) og sammenhengende "is-snø-foss" fra tak til grunn i atriet

Bildene på motstående side viser:

Foto 8, 9 og 10

Kraftig lokal smelting ved luftelyre. Virkning av snøfanger ses på alle tre bilder.

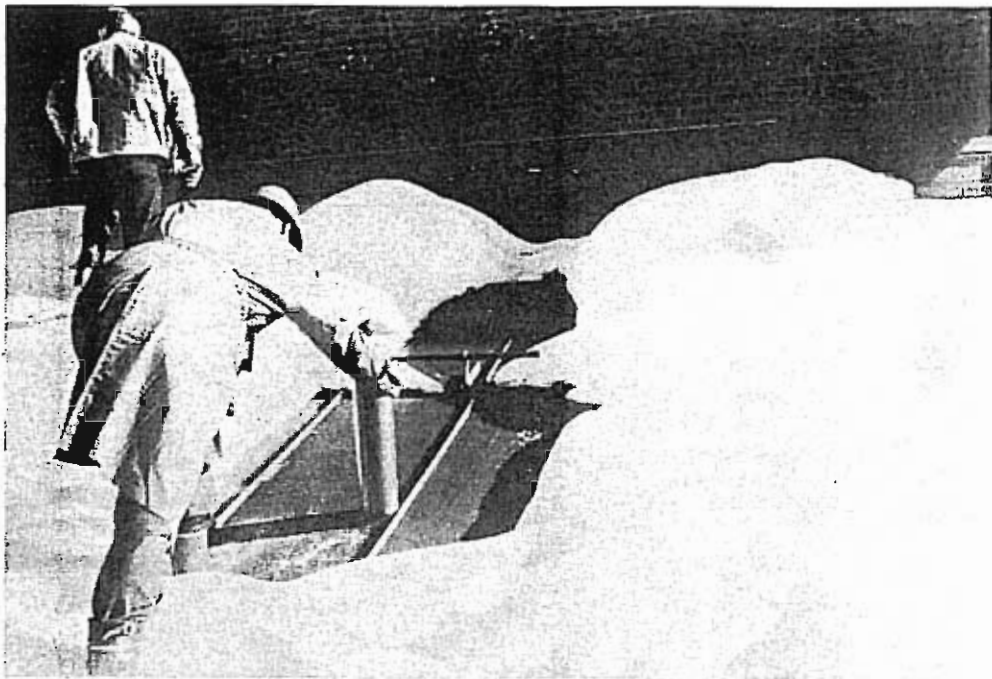


Foto 8

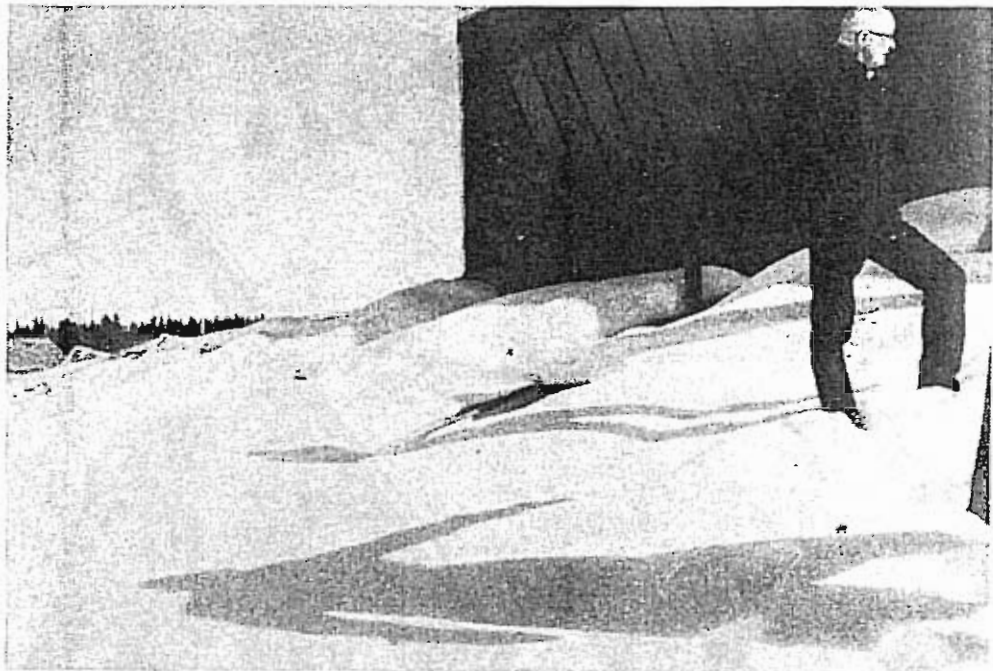


Foto 9



Foto 10

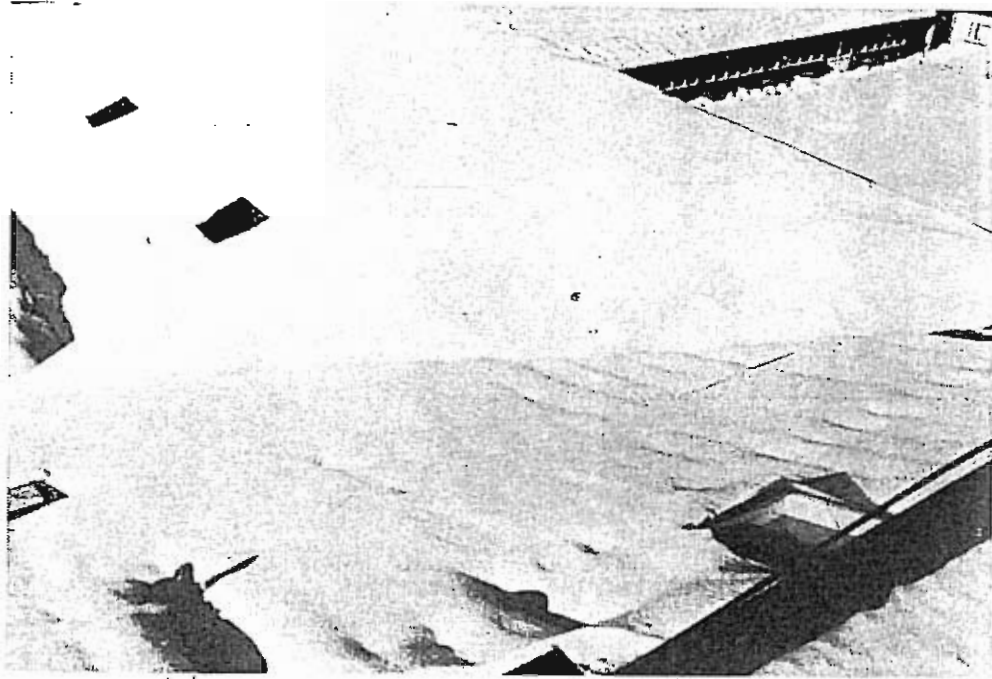


Foto 11



Foto 12



Foto 13

Bildene på motstående side viser:

Foto 11 og 12

Kilen mellom østre og nordre tak sett ovenfra. Man ser snøfanger og falsør i taktekningen. Snøen smelter tilsynelatende hurtigere på østre enn på nordre tak (rundt atriet).

Foto 13

Snøfordeling på og istapper fra tak i nordre del av atriet

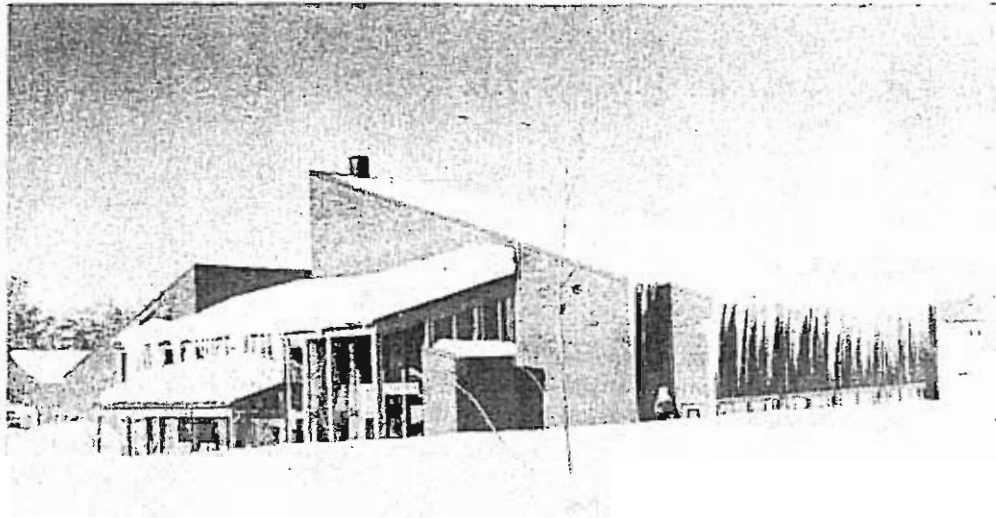


Foto 14

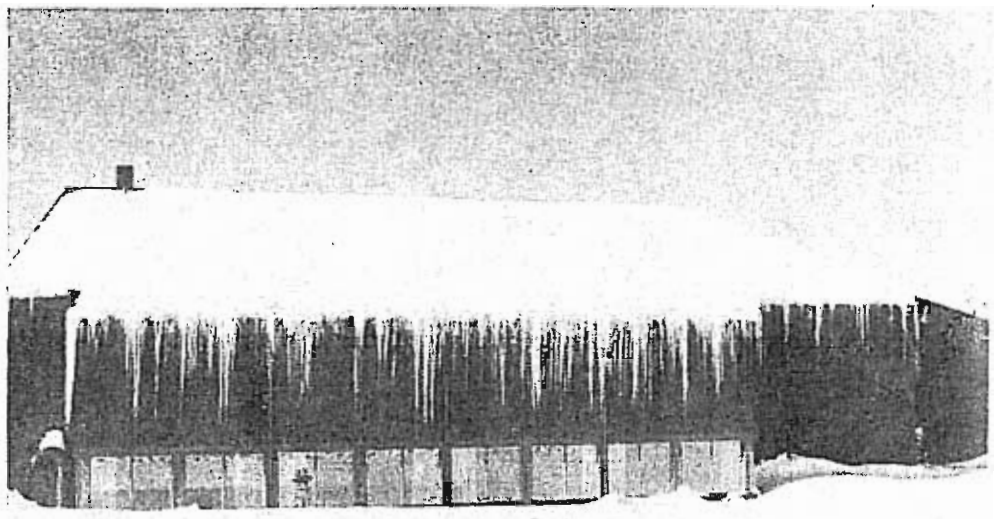


Foto 15

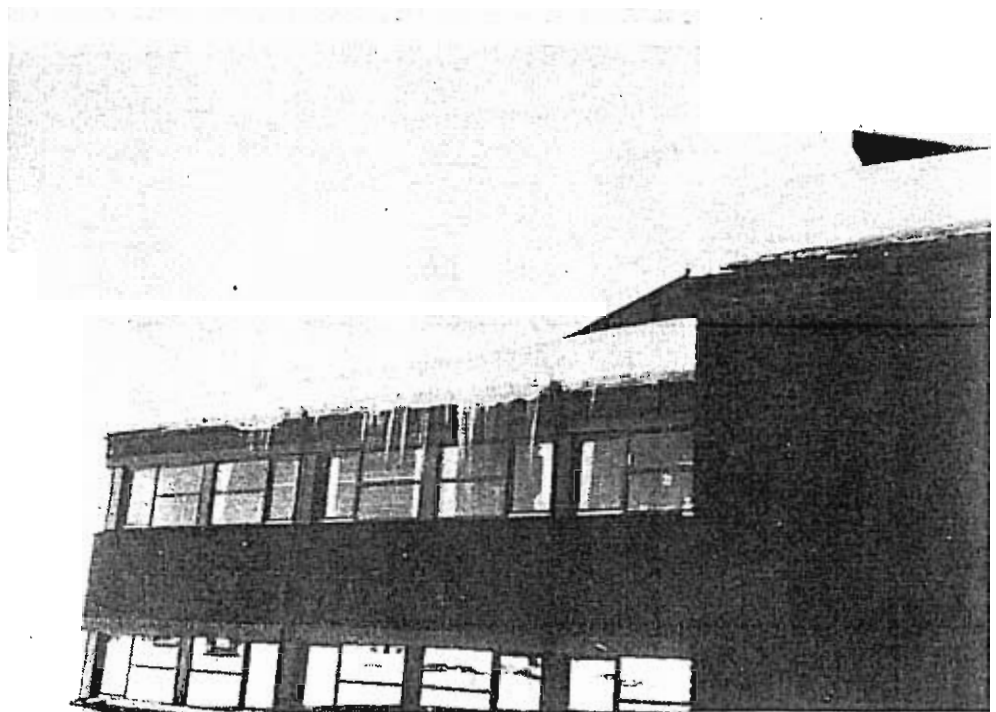


Foto 16

Bildene på motstående side viser:

Foto 14

Det er store Istapper fra tak i nordre del av atriet.

Foto 15

Istapper – østre side

Foto 16

Istapper på undervisningsbyggets nordside

1. Innledning

Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk) har foretatt noen teoretiske beregninger av temperaturforhold i ventilerte tak med snø. Da snø virker som et varmeisolerende materiale, kan temperaturen i luftspalten i det ventilerte taket komme over frysepunktet selv om utetemperaturen er under frysepunktet. Dette medfører at snøen vil begynne å smelte fra undersiden på grunn av varmetilførselen nedenfra. Hvis det ikke er snøfangere, kan det bety at snøen glir ned fra taket hvis det har helning.

Våre beregninger er gjennomført på grunn av en skadesak, hvor det opptrer meget store istapper ved alle takutstikk. Dette skyldes at smeltevannet fryser ved takutstikket. En vesentlig årsak til problemene er at ventilasjonsanlegget er plassert under takflaten. Denne løsning medfører at spillvarme fra anlegget øker temperaturen like under takflaten. Dette er tilfellet selv om rørene er varmeisolert med 50–100 mm mineralull. Samtidig vil spillvarmen alltid avhenge av temperaturen i ventilasjonssystemet, og med lave utetemperaturer blir temperaturen høy, også for å motvirke varmetap underveis til bruksstedet. I det aktuelle tilfellet var temperaturen ca. 5 grader over normal innetemperatur ved +10 °C ute. Ved + 20 °C til + 30 °C ville overtemperaturen bli høyere, kanskje opp til 10 grader. En vesentlig del av denne spillvarmen vil være konsentrert ved teknikkrommet med vifter og varmerør. Dette kunne også ses i form av økt smelting på denne delen av takflaten.

1.1 Beregningsmetode

Beregningen av temperaturen i luftspalten er foretatt med et EDB-program, SYMPHONY, hvor regnearkdelen er benyttet. Temperaturen i ventilasjonsspalten beregnes ut fra varmemotstanden i taket, snølagets varmemotstand og inne- og utetemperaturene. Dette er en ganske normal energibalanse, hvis det ikke er luftstrømning i spalten. Er det en luftstrømning med uteluft, beregnes en middeltemperatur ut fra at strømmen har utetemperaturen ved innløpet av spalten. Dette er en forenkling, ettersom temperaturen i luftespalten ved innløpet vil være omtrent den samme som uteluften, og temperaturen stiger underveis i luftespalten til utløpet. Det normale er at luften strømmer fra takets nederste punkt til det høyeste. Temperaturen på luften ved innløpet vil være omtrent som uteluften. Temperaturen vil stige i spalten fra bunn til topp på grunn av varmetilskudd fra underliggende oppvarmede rom. Dette betyr at med samme snølag over hele takflaten, vil smelting foregå i takets øverste del og frysing i den nederste. Dette behøver ikke å være særlig kritisk, idet temperaturforandringen skjer jevnt i takets lengderetning. Grensen mellom frost og tøvær ligger typisk et stykke inne på taket. Det er altså ikke tilstrekkelig for å hindre snøsmelting at luftens middeltemperatur er under null grader.

I programmet er det innlagt mulighet for å forutsette en tilstrømning av varm inneluft til spalten. Dette vil være tilfelle, hvis ikke den innvendige siden av takkonstruksjonen er lufttett, for eksempel hvis dampsperran mangler, eller hvis konstruksjonen består av elementer med mulighet for luftstrømning mellom disse. Beregningen forutsetter en varmebalanse med fullstendig oppblanding av inneluft og uteluft. Den beregnede middeltemperaturen er igjen i praksis avhengig av stedet på takflaten – med en tendens til den laveste temperatur ved takfoten og den høyeste ved taktoppen.

Som nevnt er beregningsmetoden ikke helt riktig på grunn av innflytelse fra temperaturvariasjoner langs luftespalten. Dessuten er lufttetheiter gjennom takflaten dårlig kjent, og det vil ha betydning hvordan trykkforholdene er i bygningen. Men resultatene kan benyttes til å vurdere betydningen av de forskjellige størrelsene som inngår i problemet.

1.2 Standardtilfelle

Standardtilfellet *figur 1* består av et 16 m langt tak med en spaltehøyde (i programmet kalt takromhøyde) på 50 mm. Taket har en k -verdi på 0,23 W/m²C, som byggeforskriftens krav. Det blir regnet med en snømengde på 250 mm med en varmekonduktivitet på 0,05 W/mC. Utetemperaturen settes til + 10 °C og innetemperaturen til 20 °C.

Med et luftskifte av uteluft i spalten på 20 ganger pr. time, fås en temperatur på +0,9 °C. Dette luftskiftet svarer til en hastighet på 0,09 m/s. I dette tilfellet skjer det derfor ingen snøsmelting.

1.3 Variasjon i parametre

For å undersøke betydningen av forskjellige endringer i konstruksjonen eller belastningene (temperatur og luftskifte, snølag osv.), er det foretatt supplerende beregninger. Resultatene er angitt i form av temperaturen på takflaten og hvor meget denne øker eller minsker.

1. Spaltehøyden reduseres fra 50 mm til 30 mm.
Dette hever temperaturen til + 1,0 °C, og snøsmelting vil skje. Reduksjonene i spaltehøyde gir 1,9 grader høyere takflatetemperatur.
2. Innetemperaturen økes fra 10 °C til 25 °C.
Dette hever temperaturen til + 0,6 °C, og snøsmelting vil skje. Høyere innetemperatur gir 1,5 grader høyere takflatetemperatur. Dette kan normalt være tilfellet over teknikkrom eller varmerør.
3. Lufttetheiter i konstruksjonens underside
Varm inneluft kan strømme opp i taket. Med en luftmengde på 4 m³/h, gir dette et luftskifte i spalten på 5 ganger pr. time. Takflatens temperatur blir 1,1 °C, og snøsmelting vil skje. Denne lufttetheit gir 2,0 °C høyere takflatetemperatur.

4. Lufttøtthet og høyere innetemperatur

Dette er en kombinasjon av tilfellene 2 og 3. Takflatens temperatur blir 2,9 °C og snøsmelting vil skje. Takflatens temperatur heves 3,8 °C, eller mer enn summen fra tilfelle 2 og 3.

5. Lufttøtthet, lav spaltehøyde og høyere innetemperatur

Dette er en kombinasjon av tilfellene 1, 2 og 3. Takflatens temperatur blir 4,4 °C, og snøsmelting vil skje. Takflatens temperatur er hevet 5,3 °C.

6. Større snøtykkelse, 500 mm i stedet for 250 mm, samt lufttøtthet, lav spaltehøyde og høyere innetemperatur

Dette er en kombinasjon av tilfellene 1, 2 og 3 samt ekstra snølag og må betraktes som det verste tilfellet. Takflatens temperatur blir 6,9 °C, og snøsmelting vil skje. Takflatens temperatur er hevet 7,8 °C.

1.4 Tilfelle med 500 mm snø

For å undersøke et tilfelle som svarer til dårlig utlufing på steder med mye snø, er det beregnet en rekke tilfeller med en spaltehøyde på 30 mm og 500 mm snø på taket. Det er regnet med at det ikke strømmes inneluft opp i taket.

A. Innetemperatur på 25 °C

Takflatens temperatur blir 5,3 °C

B. Innetemperatur på 20 °C

Takflatens temperatur blir 3,1 °C

For tilfelle B er det undersøkt hvilken betydning en økning av spaltehøyden vil ha.

Høyde	Taktemperatur
30 mm	+ 3,1 °C
80 mm	+1,9 °C
100 mm	+ 3,0 °C

Det er tydelig å se at en økning av spaltehøyden vil senke temperaturen, når det antas samme lufthastighet som i standardtilfellet, men luftstrømningen i m³/h blir større. Vi har derfor valgt å studere spaltehøyden spesielt.

1.5 Spaltehøydens betydning

For å undersøke hvor mye ventilasjon som kreves ved forskjellige spaltehøyder, er det foretatt en rekke beregninger med 500 mm snø på taket og 25 °C innetemperatur. Dette er en uheldig kombinasjon, som vil forekomme i perioder. Det regnes med spaltehøyder fra 30 til 150 mm. Første kolonne i hver tabell angir taktemperaturen og den nødvendige mengde uteluft for å oppnå kuldegrader på takflaten. Andre kolonne er for tilfellet med en oppstrømning av inneluft som gir et luftskifte i spalten på 5 ganger pr. time. For tredje kolonne er det en oppstrømning tilsvarende 10 ganger pr. time.

150 mm spaltehøyde			
		1	2
uteluft	h-1	10	25
	m ³ /h	24	60
	m/s	0,04	0,11
inneluft	h-1	0	5
	m ³ /h	0	12
taktemp.	°C	+0,2	+0,7

100 mm spaltehøyde				
		1	2	3
uteluft	h-1	15	30	40
	m ³ /h	24	48	64
	m/s	0,07	0,13	0,18
inneluft	h-1	0	5	10
	m ³ /h	0	8	16
taktemp.	°C	+0,2	+0,7	+0,2

50 mm spaltehøyde				
		1	2	3
uteluft	h-1	30	45	55
	m ³ /h	24	36	44
	m/s	0,13	0,20	0,24
inneluft	h-1	0	5	10
	m ³ /h	0	4	8
taktemp.	°C	+0,2	+0,6	+0,2

30 mm spaltehøyde			
		1	2
uteluft	h-1	50	65
	m ³ /h	24	31
	m/s	0,22	0,29
inneluft	h-1	0	5
	m ³ /h	0	2,4
taktemp.	°C	+0,2	+0,5

Tett dampsperre

For å unngå snøsmelting, må det etter første kolonne i tabellen tilføres 24 m³/h av uteluft til spalten. Dette medfører at lufthastigheten vil bli størst ved den laveste spaltehøyden. De 0,22 m/s tilsvarende en middelvindhastighet på ca. 4,4 m/s. Så høye vindhastigheter forekommer bare i omkring halvparten av dagene med utetemperatur under 0 °C. Det vil derfor være stor sannsynlighet for snøsmelting ved 30 mm spaltehøyde. Anvendes en spaltehøyde på 100 mm eller 150 mm, blir lufthastigheten så lav at naturlig sirkulasjon vil kunne opprettholde den. Men det må understrekes at forutsetningen er at innløpsåpninger og utløpsåpninger for spalten er tilstrekkelig store. En reduksjon av spaltehøyde på disse stedene kan redusere luftstrømmen vesentlig.

Utett dampsperre

En luftstrømning av inneluft på 8 m³/h i en 50 mm spalte krever en lufthastighet på uteluften på 0,24 m/s. Anvendes i stedet en 100 mm spalte, blir kravet til lufthastighet bare 0,13 m/s. Dette betyr at ved utettheter vil en større spaltehøyde gi en bedre sikkerhet mot snøsmelting, da det kreves en mindre hastighet i spalten. Oppstrømningen av inneluft i takkonstruksjoner er meget avhengig av utførelsen av taket og av trykkforholdene i bygningen. Det er også svært vanskelig å bestemme utetthetenes størrelse i praksis. Men ut fra beregningene kan man klart se at i tvilstilfeller bør spaltehøyder på 100 mm til 150 mm velges ved store takflater.

1.6 Bedre varmeisolering

En metode for å forbedre forholdene er å øke isolerings-tykkelsen. Beregningen er bare foretatt for en spaltehøyde på 100 mm. Normaltilfellet svarer til 200 mm isolering. Det beregnes for 250 mm og 300 mm.

200 mm isolering k = 0,23 W/m ² K			
uteluft	h-1	15	30
	m ³ /h	24	48
	m/s	0,07	0,13
inneluft	h-1	0	5
	m ³ /h	0	8
taktemp.	°C	+0,2	+0,7

250 mm isolering k = 0,16 W/m²K

uteluft	h-1	9	22
	m ³ /h	14	35
	m/s	0,04	0,10
inneluft	h-1	0	5
	m ³ /h	0	8
taktemp.	°C	+0,5	+0,8

300 mm isolering k = 0,13 W/m²K

uteluft	h-1	7	20
	m ³ /h	11	32
	m/s	0,03	0,09
inneluft	h-1	0	5
	m ³ /h	0	8
taktemp.	°C	+0,2	+0,3

Resultatet er at en forbedret isolering vil minske risikoen for snøsmelting. Det er derfor rimelig å bruke 300 mm isolering over rom som har en høyere innetemperatur enn 20 °C. I skadetilfeller, hvor det har vært alvorlige problemer med istapper og takbelegningene må fjernes for å øke spaltehøyden, bør varmeisoleringen samtidig økes til 300 mm. Om tykkelsen i stedet velges til 250 mm, er ikke så kritisk, ettersom forbedringen ikke er så stor fra 250 mm til 300 mm. En økt tykkelse gir imidlertid samtidig en energibesparelse. Økes takets tykkelse med 50 mm, kan enten spaltehøyden økes fra 100 til 150 mm, eller isoleringen økes med 50 mm. Som man ser av resultatene, er det mest fordelaktig å øke isoleringen med 50 mm.

1.7 Konklusjoner

En konstruksjon med utvendig taknedløp vil alltid medføre en risiko for isdannelse om vinteren. Denne risikoen øker hvis spaltehøyden er liten, ventilasjonen er dårlig og innetemperaturen er høy. Steder med stort snøfall medfører økt risiko. Bruk av snøfangere på steder med stort nedfall kan medføre at problemet forsterkes, fordi snøtykkelsen ikke reduseres ved at en del av snøen glir av. Men å unnlate å montere snøfangere kan være uheldig, hvis takras medfører risiko for skader på personer eller ting.

På grunnlag av flere saker av denne typen, vil Byggforsk nok tilråde at det på steder med store snømengder bygges etter følgende retningslinjer:

- Bygninger med normal taklengde på 5 m fra topp til bunn kan utføres som normalt med en utluftet spalte på 50 mm. Men det må frarådes å plassere ventilasjons- eller varmesystemet i loftsrommet over isoleringen. I gitt tilfelle skal alle rør isoleres kraftig med minst 50 mm isolering. For teknikkrom må isoleringen være minst som i taket for øvrig, men helst bedre på grunn av høyere temperaturer.
- Bygninger med taklengde mellom ventilasjonsåpninger fra 5 m til 15 m må være forsynt med en spalte på minst 100 mm for å hindre smelting. Ventilasjonssystemet må ikke plasseres under taket, men skal være innenfor bygningens isolerte skall. Det må foretas en spesiell beregning av nødvendig isolering av teknikkrom.
- Ved de store taklengdene på mellom 10 - 15 m er avglidningen av snø fra taket et problem. Det kan dannes store snøhauger nedenfor hver takflate; så høye at vinduene kan bli delvis dekket av snø. Hvis dette er et problem, er det bedre å benytte et massivt tak med innvendig nedløp enn et ventilert tak med snøfangere.
- Bygninger med taklengder på mer enn 15 m bør ikke bygges ventilerte, idet ventilasjonen ikke kan bli god nok til å hindre smelting. Her bør det alltid brukes massive tak med innvendig taknedløp.

Norges byggforskningsinstitutt
Trondheim, mai 1988

Anker F. Nielsen

BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

- Et nasjonalt senter for forskning og utvikling for bygge- og anleggsvirksomhet. Hovedkontoret er i Oslo. Instituttet har forskningsavdelinger og laboratorier i Oslo og Trondheim, og Nord-Norge-kontor i Narvik. En allsidig faglig stab på vel 100 medarbeidere har ansvar for forskning og utvikling, feltundersøkelser, laboratorieprøving, forskningsformidling og informasjon.
- Byggforsk legger vekt på god kontakt med bransje, myndigheter og andre forskningsmiljøer. Instituttet har et internasjonalt kontaktnett, både for forskning og løsninger av praktiske oppgaver. Det bidrar til spredning av forskningsresultater og gir gode muligheter for faglig utvikling ved instituttet.
- Byggforsk er en selvstendig og nøytral stiftelse, ledet av et styre som oppnevnes av Norges Teknisk-Naturvitenskapelig Forskningsråd.

Hovedkontor i Oslo:
Norges byggforskningsinstitutt
Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO 3
Tlf. (02) 46 98 80 — fra 1991: (02) 96 55 00
Telefax (02) 69 94 38

Trondheimsavdelingen
Høgskoleringen 7
Tlf. (07) 59 33 90
Telefax (07) 59 33 80

NBI Nord-Norge
Ornesveien 1A
Postboks 250 - 8501 Narvik
Tlf. (082) 22 100
Telefax (082) 47 260

Et utvalg av publikasjoner om registrering og forebygging av skader

Takskader. Rapport 95. Helge Juul, Oslo 1984

Svømmehaller. Erfaringer, skader, utbedringsforslag. Rapport 96. Helge Bringe, Oslo 1985

Typiske byggskader. Rapport 98. Trygve Isaksen, Oslo 1986

Flate papptekte tak. Feltundersøkelse 1980 og 1985. Prosjektrapport 15. Trygve Isaksen og Helge Juul, Oslo 1986

Feltundersøkelser av platetak. Rapport 100. Trond Bøhlerengen, Trygve Isaksen og Helge Juul, Oslo 1987

Isolering mot utendørs støy. Håndbok 39. Anders Homb og Sigurd Hveem, Oslo 1988

Feltundersøkelse av loft ombygd til leiligheter. Rapport 104. Helge Juul, Ole Mangor-Jensen, Knut Fabritius, Oslo 1989

Konstruksjonsdetaljer. Prosjekt fasader — fornyet overflatebehandling. Prosjektrapport 52, Tore Gjelsvik, Trygve Isaksen, Bjørn Marteinson og Juhn Saarimaa, Trondheim 1989

Fasader av glass og metall. Håndbok 41. Trygve Isaksen m.fl., Oslo 1990

Overganger for glasstak. Praktiske forslag til detaljløsninger. Prosjektrapport 62, Casten Dreier, Oslo 1990

Unngå byggskader. Eksempler fra skadearkivet ved Byggforsk. En rapport fra NTN-prosjektet "Byggskader". Rapport 106. Trond Bøhlerengen, Oslo 1990

Prefabrikkerte betongelementer. Feltundersøkelse av betongfasader. Rapport 107. Trond Bøhlerengen, Helge Juul og Svein Erik Torgersen. Oslo 1990

Ombygging av loft til bolig. Anvisning 33. Helge Juul, Ole Mangor-Jensen m.fl. Oslo 1990

Takstein. Snø og brekkasje. Prosjektrapport 67. Petter Lossius og Trond Bøhlerengen. Oslo 1990