

2020:00500 - Åpen

# Rapport

## Lufting av tak

Parameterstudie og anbefalinger

**Forfatter**

Sivert Uvsløkk



**SINTEF Community**

Bygningsfysikk

2021-10-07

# Rapport

## Lufting av tak

Parameterstudie og anbefalinger

**EMNEORD:**Beregning, Byggskade,  
Funksjonsbeskrivelse,  
Kondens, Tak, Frost,  
Fukt, Luftgjennomgang,  
Strømning, Temperatur,  
Trykk, Varmegjennom-  
gang.**VERSJON**

3

**DATO**

2021-10-07

**FORFATTER**

Sivert Uvsløkk

**OPPDRAGSGIVER(E)**

SINTEF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

-

**PROSJEKTNR**

99130118-1, 99130106-1, 99130124

**ANTALL SIDER**

80 inklusive vedlegg

**SAMMENDRAG**

Tretak med utvendig nedløp må luftes for å hindre snøsmelting og for å gi taket uttørkingsevne. I områder med snø er det luftebehovet for å hindre snøsmelting som er dimensjonerende for luftespalten i takflaten og spalteåpningene ved takkantene.

Anbefalte lufteløsninger og spaltedimensjoner er basert på teoretiske beregninger og lang erfaring med luftede tretak. Beregningene er utført med et egenutviklet, regnearkbasert program hvor det blant annet tas hensyn til drivtrykk fra vind og termisk oppdrift og strømningstap fra innløp til utløp i luftespalten.

Nødvendig spaltetykkelse for å hindre snøsmelting er først og fremst avhengig av takets utstrekning, takets isolasjonstykkelse og vindhastigheten.

Anbefalingene, som er gitt i form av tabeller og diagrammer, er derfor gjort avhengige av taklengde, isolasjonstykkelse og midlere vindhastighet vinters tid.

Rapporten inneholder også diagrammer som viser beregnet uttørkingsevne samt detaljløsninger som reduserer faren for inndrev av nedbør.

**UTARBEIDET AV**

Sivert Uvsløkk

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Lars Gullbrekken

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Lars Gullbrekken

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

2020:00500

**ISBN**

ISBN-nummer

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Fortrolig

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2020-05-24	Rapportutkast for intern høring
2	2020-09-16	Rapport etter intern høring
3	2021	Rapport etter intern KS

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>4</b>
1.1	Litt teori om snøsmelting på luftede tak .....	5
<b>2</b>	<b>Anbefalte sløyfetykkelser</b> .....	<b>6</b>
2.1	Tak med utvendig nedløp .....	6
2.2	Tak med innvendig nedløp - uttørkingsevne .....	10
2.3	Beregnet uttørkingkapasitet .....	11
<b>3</b>	<b>Lufting av tak med lav takvinkel</b> .....	<b>12</b>
3.1	Takvinkelens betydning for luftingen .....	12
3.2	Prinsippløsninger for luftede tak med lav takvinkel .....	13
<b>4</b>	<b>Beregningsresultater</b> .....	<b>18</b>
4.1	Vurderingskriterier .....	18
4.2	Grenseverdi .....	18
<b>5</b>	<b>Oversikt over vedlegg</b> .....	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>21</b>

## BILAG/VEDLEGG

En oversikt over vedlegg er vist i kap. 5

## 1 Bakgrunn

Tretak med utvendig taknedløp luftes vanligvis av to grunner:

- for å gi takkonstruksjonen evne til uttørring av byggfukt og annen fukt for å hindre uønsket biologisk vekst i taket
- for å ventilere bort varme fra takflaten for å hindre snøsmelting og skadelig oppbygging av is på kalde takutstikk, i takrenner og i nedløpsrør vinters tid

Anbefalte dimensjoner på luftespalter og spalteåpninger er gitt i anvisninger om luftede tak i Byggforskserien og i Håndbok 5 Trehus. Rådene var i utgangspunktet basert på praktisk erfaring fra skrå tretak på småhus og dimensjonerende hensyn har vært å hindre skadelig isdannelse som følge av snøsmelting på taket. Større tak har tradisjonelt vært bygd med innvendig taknedløp som oppforede, luftede tretak eller som kompakte "varme tak" tak uten råtefarlige materialer og derfor uten behov for lufting.

Anbefalingene for lufting av tretak med utvendig nedløp har vært gitt i form av anbefalte sløyfetykkelser (sløyfehøyder) avhengig av takvinkel og takstørrelse. Effektivt tverrsnittsareal for luftstrømmen parallelt med sløyfene, i takfallretningen, er bestemt av sløyfetykkelsen. Anbefalte sløyfetykkelser har ikke vært direkte knyttet til isolasjonstykkelsen i taket eller vindhastigheten på stedet selv om begge har stor betydning.

Tak med takstein og andre tekninger på lekter, som ligger på tvers av sløyfene, har mulighet for krysslufting. For å utnytte denne luftemuligheten er det anbefalt å lage luftespalteåpninger også ved gavlveggene slik at det blir spalteåpninger rundt hele periferien av taket. Det gir lufting ved alle vindretninger.

Der rådene har vært basert på beregninger er det tatt utgangspunkt i minstekravet til takisolering i TEK. Fra 2007 har minstekravet vært at gjennomsnittlig U-verdi for taket ikke skal overstige  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  som innebærer noe over 200 mm isolasjon for et sperretak isolert med mineralull.

Etter hvert som vanlig isolasjonstykkelse i tak har økt som følge av strengere krav i TEK og ønske om redusert energibehov i bygninger, er luftet behovet for å hindre skadelig snøsmelting også redusert. Når en tar hensyn til at det er litt vind i stordelen av tiden de fleste steder viser beregninger at luftede tretak kan brukes på større tak enn "småhustak". Beregninger viser også at når en tar med vinden som drivkraft blir nødvendige dimensjoner på luftespalter og spalteåpninger også tilnærmet uavhengige av takvinkelen. SINTEF har de siste 15 årene bistått med rådgivning om nødvendige luftespaltetykkelser og detaljløsninger i mange konkrete byggprosjekter med store tak og lave takvinkler. Rådgivningen har vært basert på teoretiske beregninger og vår lange erfaring med luftede tak.

I denne rapporten har vi gått mer systematisk til verks og gjennomført mange beregninger hvor vi har variert de viktigste parameterne som beskriver takkonstruksjonen og værforholdene. Basert på beregningene har vi laget tabeller og diagrammer som viser nødvendige sløyfehøyder for å unngå isingsproblemer avhengig av takets utstrekning, takets isolasjonstykkelse og vindforholdene på stedet.

I kapittel 2 **Anbefalte sløyfetykkelser**, har vi satt opp to tabeller med anbefalte sløyfetykkelser avhengig av takets utstrekning og mengden varmeisolasjon.

Tabell 1 viser sløyfetykkelser for steder med lite vind, med midlere vindhastighet 1 m/s målt 10 m over bakken.

Tabell 2 viser sløyfetykkelser for steder med midlere vindhastighet 2 m/s eller mer som gjelder for de fleste steder.

## 1.1 Litt teori om snøsmelting på luftede tak

For at det skal bli snøsmelting på et tak og isoppbygging på et uisolert takutstikk må det være kuldegrader ute og overskuddsvarme til å smelte snø på taktekningen. For at det skal bli varmeoverskudd for snøsmelting må varmetapet innenfra og opp gjennom taket være større enn summen av varmen som ledes fra taktekningen og ut gjennom snølaget og varmen som ventileres vekk i luftespalten. Snøsmeltingen starter et stykke inne på taket, som illustrert i figur 1.

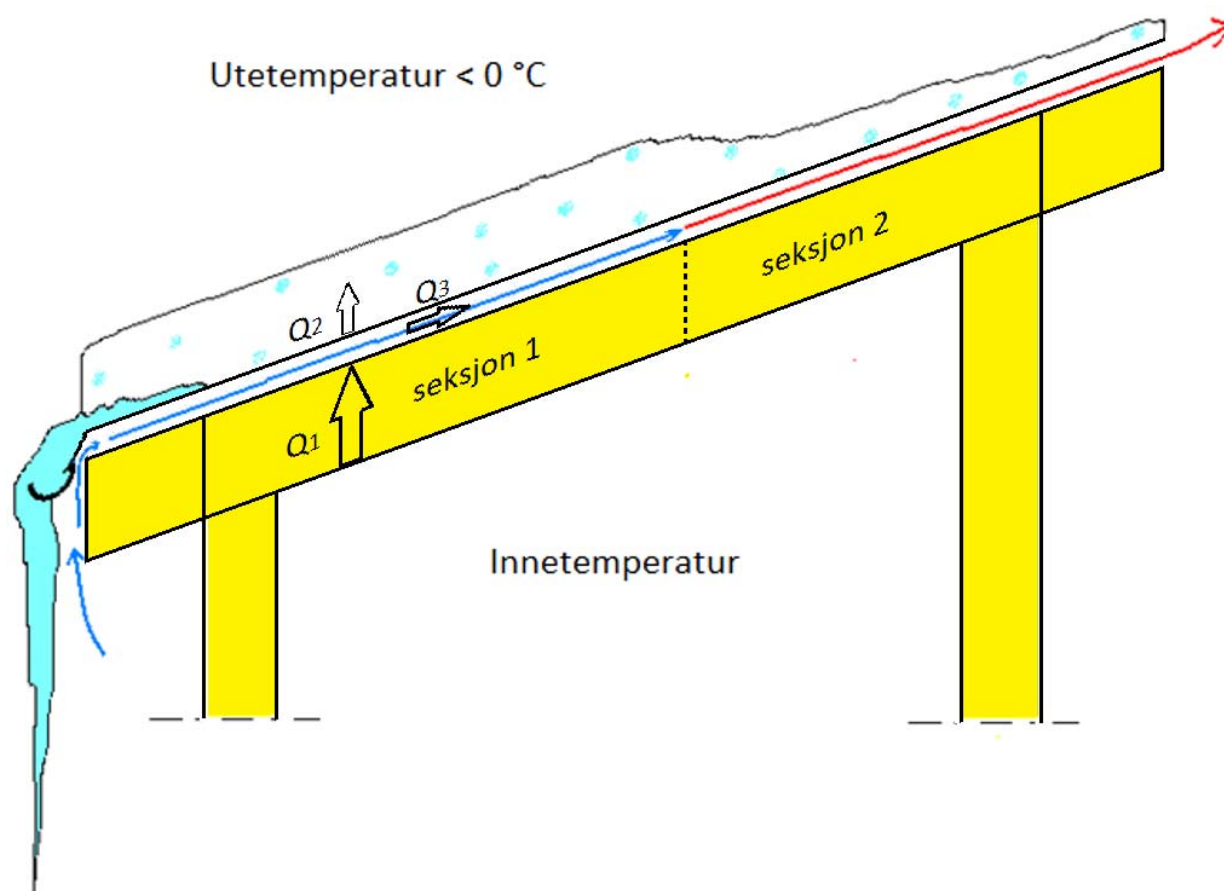
Når det er kuldegrader ute og snø på taket vil uteluften som strømmer inn i luftespalten, mellom isolasjonen og taktekningen, bli oppvarmet. Hvis uteluften ikke er for kald og luftgjennomstrømningen liten nok vil lufttemperaturen øke til litt over 0 °C når luften har passert en del av taket, benevnt seksjon 1 i Figur 1, og snøsmeltingen vil begynne. Så lenge det er snø på taket vil temperaturen på tekningen ikke bli høyere enn 0 °C. I den delen av taket hvor snøsmeltingen pågår, benevnt seksjon 2 i Figur 1, vil derfor temperaturen i luftspalten forbli konstant, litt over 0 °C. Så lenge lufttemperaturen er konstant tar luften ikke opp mer varme fra taket. Vi ser da bort fra latent varme på grunn av eventuell endring i fuktinnhold. I seksjon 2 vil derfor den delen av takets transmisjonsvarmetap som ikke ledes videre ut gjennom snølaget i all hovedsak gå med til snøsmelting.

Mye av smeltevannet tas opp i snølaget og danner en snøsørpe på taktekningen. Det må derfor smelte mye snø før det renner nok vann helt ut på det kalde takutstikket til at det forårsaker skadelig oppbygging av is.

Faren for oppbygging av is på takutstikket er størst når temperaturen er like under 0 °C og det samtidig er vindstille. Da er det tilnærmet ingen temperaturforskjell gjennom snøen og det er tilnærmet ingen varmestrøm ut gjennom snølaget. Varmetransporten ut via luftespalten vil også være svært liten ettersom luftstrømmen vil være svært liten på grunn av manglende drivtrykk. Uten vind er det ikke noen vindtrykkforskjell og når lufttemperaturen både i luftespalten og ute er tilnærmet 0 °C er det termiske oppdriftstrykket, skorsteinseffekten, også tilnærmet borte. Ved slike værforhold vil derfor tilnærmet all varmen som kommer innenfra og opp gjennom takisolasjonen gå med til å smelte snø.

Ved hjelp av et egenutviklet regnearkbasert beregningsprogram som beregner temperaturfordeling og varmetransport i luftede tak har vi beregnet hvor stor snøsmelting og mulig isoppbygging det kan bli på ulike takkonstruksjoner under ulike værforhold. Ved beregningen tas det hensyn til en rekke parametere som beskriver takkonstruksjonen, som takets utstrekning, takvinkel, isolasjonstykkelse og geometrisk utforming av luftespalten. Luftgjennomstrømning i luftespalten er en viktig del av beregningene. Luftgjennomstrømningen er bestemt av drivtrykket fra vind og termisk oppdrift, skorsteinseffekten, og av strømningsmotstanden i hele luftespalten, fra innløp til utløp.

En nærmere beskrivelse av beregningsmodellen og parametrene som er variert ved beregningene er gitt i Vedlegg 10.



**Figur 1**

Illustrasjon av snøsmelting på et luftet tak.

Luften som strømmer inn gjennom luftespalten fra den ene siden blir varmet opp til litt over 0 °C i løpet av en viss strekning, her kalt seksjon 1, og snøsmeltingen starter. I resten av taket, seksjon 2 vil det foregå snøsmelting og lufttemperaturen i luftespalten vil være tilnærmet konstant, litt over 0 °C, så lenge det er snø på taket, og helt til luften strømmer ut av luftespalten. Smeltevannet kan fryse til is når det renner på taktekningen i seksjon 1, nederst i snølaget, og ut på det kalde takutstikket.

## 2 Anbefalte sløyfetykkelser

### 2.1 Tak med utvendig nedløp

I vanlige luftede tak er det tykkelsen (høyden) på sløfene og eventuelle lekter som bestemmer tykkelsen på luftespalten. Nødvendig sløfetykkelse for å hindre skadelig ising er først og fremst avhengig av takets utstrekning, isolasjonstykkelsen og midlere vindhastighet vinters tid der bygningen står.

Med sløyfer menes her treprofilene som ligger nede på undertaket i takets fallretning fra raft til møne eller i strømningsretningen fra takkant til takkant for tak med lav takvinkel. I tak uten lekter og kryssløfting er spaltetykkelse og sløfetykkelse det samme. Vi ser da bort fra ujevnheter i materialene over og under luftespalten. I tak med kryssløfting, med tverrgående lekter oppe på sløfene, er spaltetykkelsen lik summen av sløfetykkelsen og lektetykkelsen. Det minste tverrsnittet som luftstrømmen må passere er imidlertid en begrensende faktor for hvor mye luft som vil strømme gjennom en luftespalte under ellers like forhold. Når luften strømmer parallelt med sløfene, fra raft til møne, må den i hovedsak passere på undersiden av hver tverrgående lekt. Det er derfor sløfetykkelsen som bestemmer det minste tverrsnittet luften må passere fra

møne til raft også for krysslufte tak. Selv om samlet luftespalte-tykkelse er større mellom lektene blir strømningsmotstanden i retning raft-møne likevel litt større i krysslufte tak sammenlignet med tak med bare sløyfer og enveis lufting. Det skyldes turbulens og ekstra strømmingstap som oppstår når strømmingstversnittet innsnevres og utvides igjen for hver lekteplassering. Krysslufting gir imidlertid bedre luftgjennomstrømming når vindretningen er hovedsakelig på tvers av sløyfene sammenlignet med tak med enveis lufting. Krysslufting er ofte nødvendig for å få effektiv lufting av sammensatte takflater for eksempel takflater med fall mot en kilrenne.

Undersøttelse av like forhold er luftingen mest effektiv i den retningen strømningslengden er kortest.

Krysslufting er derfor mest effektivt for tak der utstrekning i møneretningen er mindre enn utstrekningen fra raft til møne. For rektangulære takflater i ett og samme plan, uten kilrenner, og med stor utstrekning i møneretningen bidrar krysslufting bare ved endene av taket. For slike avlange takflater er enveis lufting fra raft til møne, parallelt med sløyfene, mest effektivt. Luftingen for midtdelen av taket vil bli dårligere med tverrgående lekter enn uten fordi lektene gir ekstra strømningsmotstand. For bygninger med flere boenheter som er adskilt av skillevegger parallelt med sløyferetningen, er krysslufting lite uaktuelt fordi luftespalten normalt må blokkeres rett over brannskillene for å redusere faren for brannspredning mellom brannceller.

For å redusere strømmingstapet i tak med krysslufting kan det brukes justerte lekter med avrundede hjørner i stedet for skarpkantede lekter. Laboratorieforsøk har vist at singulærtapskoeffisienten ved lekteplasseringer kan bli ca. 40 % lavere ved bruk av justerte lekter sammenlignet med skarpkantede lekter. [4]. Det vil gi en økning i luftgjennomstrømmingen på opptil 15 % for tak der hele trykktapet skyldes lekteplasseringer. Det gjelder tak med full spalteåpning ved inn- og utløp og ubetydelig trykktap der. For tak med fluenetting og andre innsnevring av spalteåpningene ved inn og utløp vil betydningen av avrundede eller skarpkantede lekter være mindre. Det skyldes at fluenetting og andre innsnevringene også gir trykktap slik at bare en del av samlet trykktapet skjer ved lekteplasseringene. I tabellene og diagrammene i rapporten er det forutsatt at det brukes justerte lekter med avrundede hjørner.

I beregningene er det forutsatt at undertaket og tekningen har plane flater mot luftespalten. I praksis vil begge flatene være noe ujevne, blant annet kan undertaksprodukter på rull bli presset litt opp av underliggende isolasjon hvis isolasjonen er for bred i forhold til bjelkeavstanden eller har litt overtykkelse. Det medfører en innsnevring av strømmingstversnittet og økt strømningsmotstand spesielt ved lekteplasseringene. Nøyaktig montering av bjelker og isolasjon er derfor viktig. Det kan imidlertid være vanskelig å unngå all buling av undertaket. I tabellene 1 og 2 som viser anbefalte sløyfetykkelser (sløyfedybder) er minste sløyfetykkelse derfor satt til 36 mm, for å ta høyde for litt buling. Det er en del høyere enn de teoretiske verdiene i Vedleggene 1 og 2, for de minste takene.

Anbefalte sløyfetykkelser på steder med lite vind er gitt i **Tabell 1**. Verdiene er basert på teoretisk beregnede verdier ved en midlere vindhastighet på 1 m/s, men er avrundet til praktiske sløyfetykkelser. De anbefalte sløyfetykkelsene gir liten risiko for istapper ved utvendig taknedløp når midlere vindhastighet målt 10 m over bakken er 1 m/s eller høyere. De oppgitte sløyfetykkelsene kan brukes ved alle takvinkler.

Takløsning A, se figur 2, er lagt til grunn for tabell 1. Takløsning A har én-veis lufting, ikke krysslufting, og "full spalteåpning" ved inn- og utløp til luftespalten i taket. Spalteåpningene er dekket av netting med 60 % åpningsareal.

Ifølge beregningene kan nødvendig sløyfedybde reduseres med ca. 40 % når midlere vindhastighet økes fra 1 m/s til 2 m/s. På steder med midlere vindhastighet over 2 m/s kan sløyfetykkelser angitt i **Tabell 2** brukes. Verdiene er basert på teoretisk beregnede verdier ved en midlere vindhastighet på 2 m/s, men er avrundet til praktiske sløyfetykkelser. De oppgitte sløyfetykkelsene kan brukes ved alle takvinkler.

Takløsning B, se figur 3, er lagt til grunn for tabell 2. Takløsning B har én-veis lufting, ikke krysslufting, og "halv spalteåpning" ved inn- og utløp til luftespalten i taket. Spalteåpningene er dekket av netting med 60 % åpningsareal.

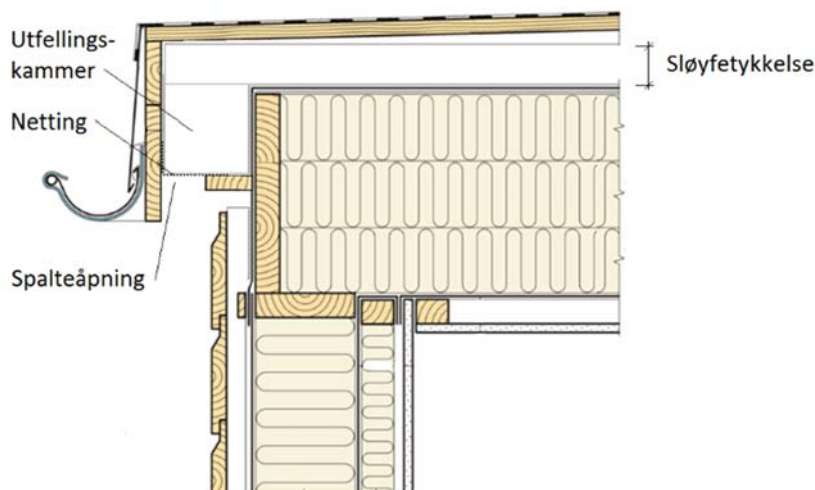
Sløyfetykkelser og luftespalter som er dimensjonert for å hindre skadelig snøsmelting gir rikelig uttørkingsevne, se vedleggene 7.1 og 7.2.



**Tabell 1** Anbefalte praktiske sløyfetykkelser for takløsning A, vist i fig. 2, for å unngå skadelig isoppbygging ved utvendige takrenner på steder med dimensjonerende vindhastighet 1 m/s.

Isolasjons- tykkelse, mm	Anbefalte, praktiske sløyfetykkelser, mm, ved dimensjonerende vindhastighet 1 m/s							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
200	36	36	53 (23+30)	72 (36+36)	91 (23+68)	134 (36+98)	178 (30+148)	221 (23+198)
300	36	36	36	46 (23+23)	59 (23+36)	84 (36+48)	121 (23+98)	153 (30+123)
400	36	36	36	36	46 (23+23)	59 (23+36)	84 (36+48)	109 (36+73)
500	36	36	36	36	36	53 (23+30)	66 (36+30)	84 (36+48)
600	36	36	36	36	36	36	53 (23+30)	66 (36+30)

Sløyfetykkelsene er basert på beregnede, teoretiske verdier i tabell V1.A i Vedlegg 1, men tilpasset vanlige sløyfedimensjoner. Når én sløyfe ikke er nok, kan to sløyfer kombineres (som oppgitt i parentes) for å oppnå aktuell tykkelse. For å oppnå god luft- og regntetthet når sløyfene klemmer undertaket bør den første sløyfen ikke være tykkere enn 36 mm.



**Figur 2** Takløsning A

Tak uten krysslufting, full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen.

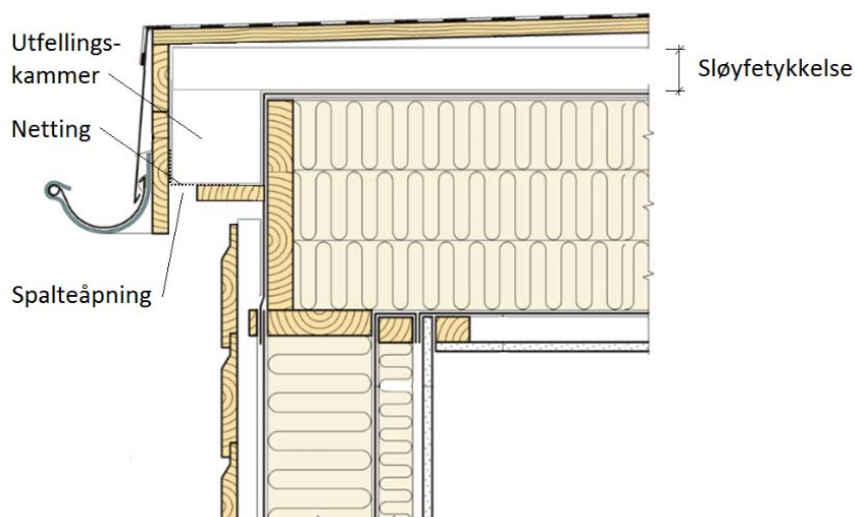
Spalteåpningene er dekket med fluenetting med 60 % åpningsareal.

Enveis lufting, ikke krysslufting. Minimumsløsning med begrenset utfellingskammer. Luftespalteåpningen ved raft har samme bredde som sløyfetykkelsen. Strømningstverrsnittet øker til det dobbelte inne i utfellingskammeret hvor midlere lufthastighet reduseres til det halve slik at nedbør vil felles ut. Løsningen passer best for steder som er lite utsatt for snøinndrev.

**Tabell 2** Anbefalte praktiske sløyfetykkelser for takløsning B, vist i fig. 3, for å unngå skadelig isoppbygging ved utvendige takrenner på steder med dimensjonerende vindhastighet 2 m/s.

Isolasjons- tykkelse, mm	Anbefalte, praktiske sløyfetykkelser, mm, ved dimensjonerende vindhastighet 2 m/s							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
200	36	36	36	53 (30+23)	72 (36+36)	104 (36+68)	146 (23+123)	178 (30+148)
300	36	36	36	36	46 (23+23)	66 (36+30)	91 (23+68)	121 (23+98)
400	36	36	36	36	36	46 (23+23)	66 (36+30)	84 (36+48)
500	36	36	36	36	36	36	46 (23+23)	66 (36+30)
600	36	36	36	36	36	36	46 (23+23)	53 (30+23)

Sløyfetykkelsene er basert på beregnede, teoretiske verdier i tabell V2.B i Vedlegg 2, men tilpasset vanlige sløyfedimensjoner. Når én sløyfe ikke er nok, kan to sløyfer kombineres (som oppgitt i parentes) for å oppnå aktuell tykkelse. For å oppnå god luft- og regntetthet når sløyfene klemmer undertaket bør den første sløyfen ikke være tykkere enn 36 mm.



**Figur 3** Takløsning B

Tak uten krysslufting, redusert spalteåpning ved inn- og utløp, 50 % av sløyfetykkelsen. Spalteåpningene er dekket med fluenetting med 60 % åpningsareal. Enveis lufting, ikke krysslufting. Luftespalteåpningen ved raft er redusert til halve sløyfetykkelsen. Strømningstverrsnittet øker til det firdobbelte inne i utfellingskammeret hvor midlere lufthastighet reduseres til en firedel. Det gir sikrere utfelling av nedbør og Takløsning B gir derfor bedre beskyttelse mot snøinndrev enn takløsning A i Figur 2. Når spalteåpningene snevres inn, som her for takløsning B, viser beregningene at sløyfetykkelsen må økes med mellom 15 og 30 % for at beregnet snøsmeltingen ikke skal endres i forhold til takløsning A i figur 2. Denne økningen er medregnet i Tabell 2.

## 2.2 Tak med innvendig nedløp - uttørkingsevne

Tak med innvendig nedløp tåler snøsmelting så lenge smeltevannet ledes ned fra taket via renner, sluk og nedløpsrør som holdes oppvarmet til over 0 °C. Når nedløpsrørene er plassert i oppvarmede rom er denne betingelsen normalt oppfylt.

Selv om snøsmelting ikke er noe problem, må tretak med innvendig nedløp normalt likevel luftes for å sikre at taket får nødvendig uttørkingsevne. Nødvendig uttørkingsevne kan imidlertid oppnås med vesentlig mindre sløyfetykkelser og spaltetykkelser enn det som kreves for å hindre snøsmelting.

Uttørkingsevne er nødvendig for tretak for å holde fuktinnholdet så lavt at det ikke blir vekstvilkår for muggsopp, råtesopp og andre biologiske skadegjørere. En forenklet tommelfingerregel om muggvekst på treoverflater er at så lenge den relative luftfuktigheten, RF, ved overflaten er lavere enn 80 %RF eller temperaturen er lavere enn + 5°C så er det liten fare for muggvekst. En annen tommelfingerregel er at så lenge fuktinnholdet i treet er under 20 vekt-% så er faren for soppvekst liten. Treets fuktinnhold innstiller seg etter RF i omgivende luft og vil være ca. 20 vekt-% når luftfuktigheten er mellom 85 og 90 %RF.

Fuktkildene i byggeperioden er naturlig fuktinnhold i tre og tre-baserte materialer samt nedbør som kommer inn i taket i byggeperioden.

Selv uten at det regner ned i taket vil bjelkene i et vanlig tretak kunne ha et naturlig fuktoverskudd på i størrelsesorden 2 l/m<sup>2</sup> og som må tørke ut av taket for å unngå muggvekst.

Dette naturlige fuktoverskuddet skyldes en fuktfordeling som skjer når taket tas i bruk og det blir varmere inne enn ute. Ved fuktlikevekt vil det absolutte fuktinnholdet [g/m<sup>3</sup>], som er det samme som vandampkonsentrasjonen, være tilnærmet det samme som i uteluften i hele taket. Den relative luftfuktigheten, som bestemmer fuktinnholdet i tre, vil derimot være svært forskjellig ettersom temperaturen i de ulike sjiktene i taket er forskjellig.

Øverst, der bjelkene er kaldest vil det være tilnærmet uteforhold med høy RF og fuktinnholdet i trebjelkene vil være bare litt lavere enn ved innbygging.

Nederst i bjelkelaget er det tilnærmet innetemperatur og der vil den relative luftfuktigheten vinters tid bli lav, 10 – 20 %RF, og fuktinnholdet i treet vil gå ned fra for eksempel 20 vekt-% ved lukking av taket til under 5 vekt-% vinters tid.

I gjennomsnitt kan trefuktigheten gå ned fra for eksempel 20 vekt-% til ca. 8 vekt-% når bjelkene er kommet i fuktlikevekt utpå vinteren. For et tak med 400 mm høye heltrebjelker kan det bety et fuktoverskudd på ca. 2 l/m<sup>2</sup>. Dette fuktoverskuddet vil flytte seg oppover til den kaldeste siden av taket og føre til høyt fuktinnhold og 100 %RF hvis det ikke kan slippe ut av taket. Med dampåpent undertak og luftespalte med luftgjennomstrømning over vil denne naturlige byggfukten transporteres opp og ut av taket i den kalde årstiden.

Hvis taket har en uttørkingsevne på 1 kg/m<sup>2</sup> mnd. vil den naturlige byggfukten i teorien kunne tørke ut i løpet av noen måneder utover høsten/vinteren, slik at fuktinnholdet er under faregrensen når temperaturen stiger og blir høy nok til å gi gode muggvekstforhold utover våren.

I normale tak er uttørkingsbehovet størst rett etter at bygningen tas i bruk og varmes opp, som forklart ovenfor. Uttørkingsevne er imidlertid viktig også for å kunne transportere ut fukt som kommer inn i taket senere, både utenfra og innenfra. Når bygget er i vanlig drift vil takbjelkene få tilført fukt ved diffusjon fra uteluften som strømmer gjennom luftespalten når temperaturen stiger sommers tid. Fuktilførselen kan være spesielt stor når takoverflaten har lavere temperatur enn uteluften. Det skjer når det er lite skyer på himmelen, og ikke noe sol. Da kan overflatetemperaturen på begge sider av taktekningen, bli flere grader lavere enn utelufttemperaturen og det kan da kondensere inne i luftespalten, på tilsvarende måte som at det dugger eller rimer på bakken eller på en bilrute. Kondensvannet kan dryppe ned på undertaket.

I tillegg kan taket tilføres fukt utenfra ved lekkasjer i tekningen, inndrev av regn og smeltevann fra snøinndrev. Taket kan også tilføres fukt fra inneluft ved diffusjon og luftlekkasjer.

## 2.3 Beregnet uttørkingskapasitet

Beregnet uttørkingskapasitet avhengig av sløyfetykkelser, taklengde og isolasjonstykkelse for noen takløsninger er vist i diagrammer i Vedlegg 7.3.

Diagrammene viser uttørkingskapasitet ved vinterforhold med snø på taket. Når snøen er borte og utetemperaturen stiger vil også uttørkingskapasiteten øke og kunne bli vesentlig større enn det diagrammene i Vedlegg 7 viser, spesielt når taktekningen er oppvarmet av sol.

### 3 Lufting av tak med lav takvinkel

#### 3.1 Takvinkelens betydning for luftingen

Alle tak bør ha en minimums helning slik at vann renner av uten at det blir stående vanndammer på taket etter en regnskur. Anbefalt minste takfall for å oppnå dette er 1:40 som tilsvarer en takvinkel på 1,4 °.

Nødvendig takvinkel er ellers bestemt av regntettheten til takteknningen. Asfalt takbelegg og takfolier kan tåle store vanntrykk når membranen og alle overganger til parapeter og gjennomføringer er feilfrie. Diskontinuerlige tekninger som takstein, trebord og metallplater må ha en viss takvinkel for at vann ikke skal renne gjennom omleggene. I Norge er det i tillegg vanlig å bruke et undertak med dokumentert god regntetthet, inklusive skjøter og gjennomføringer, under diskontinuerlige tekninger for å ta vare på eventuelle lekkasjer i omlegg og ved skader på tekningen.

Ved de laveste takvinklene er luftgjennomstrømningen i luftespalten helt avhengig av vinden som drivkraft. Skrå tretak får også en viss luftgjennomstrømning i luftespalten på vindstille dager på grunn av termisk oppdrift, skorsteinseffekten. Som det framgår av diagrammene i vedleggene 4 og 5 avtar betydningen av termisk oppdrift med økende vindhastighet.

Risikoen for snøsmelting og skadelig ising er størst ved utelufttemperaturer like under 0 °C. Da er temperaturforskjellen mellom luftespalten og uteluften liten og den termiske oppdriften begrenset. For luftespalter med strømningslengde 10 m og 45 ° takvinkel er beregnet oppdriftstrykk og vindtrykkforskjell like store ved en vindhastighet på 1 m/s. Ved en takvinkel på 15 ° er oppdriftstrykk og vindtrykkforskjell like store ved ca. 0,6 m/s. Ved en vindhastighet på 2 m/s er beregnet vindtrykkforskjell ca. 4 og 10 ganger større enn oppdriftstrykket ved henholdsvis 45 ° og 15 ° takvinkel.

Når det ikke er snø på taket er taktemperaturen lavere enn lufttemperaturen ute en stor del av tiden. Det skyldes at avgitt varmestråling fra taket er større enn mottatt varmestråling fra himmelen og omgivelsene i perioder med begrenset skydekke. Beregninger og målinger viser at på klare og vindstille netter kan overflatetemperaturen på takflaten bli mange grader lavere enn i uteluften. Kjoleeffekten fra den kalde takteknningen er da større enn oppvarmingen fra varmestrømmen innenfra og fører til at luften i luftespalten også blir nedkjølt. Da kan luftgjennomstrømning i luftespalten føre til oppfukning av taket i stedet for uttørring. Dugg i graset og på bilruter skyldes samme effekt. Når det dugger på utvendig takflate vil det også kunne felles ut kondens på undersiden av takteknningen fra luften som strømmer gjennom luftespalten etter hvert som luften avkjøles av den kalde tekningen. Temperaturforskjellen mellom taket og uteluften avtar med økende vindhastighet fordi uteluften da vil varme opp takflaten ved konvektiv varmeoverføring.

I skrå tak med lufteåpning i mønet vil fuktig uteluft strømme inn ved mønet og ut ved raft, på grunn av "omvendt skorsteinseffekt" ettersom luften i luftespalten blir avkjølt av takteknningen. Tak med lav takvinkel og skrå tak uten luftespalteåpning i mønet er mindre utsatte for slik oppfukning fordi de mangler oppdriftstrykk og luftgjennomstrømningen er derfor minimal i vindstille vær.

For tak med luftespalter med en viss fuktopptaksevne, som tekning av betongtakstein, trebord eller taktro, har slik oppfukning ikke så stor negativ betydning ettersom fukten/kondensen absorberes på undersiden av tekningen og tørker raskt ut igjen i overskyet vær og når takflaten blir oppvarmet av sol. Taktekninger uten kondensopptaksevne, som metallplatetak, er mer utsatt ettersom utfelt kondensen kan dryppe ned og fukte opp undertaket.

Ved svært lave takvinkler kan en ikke regne med at eventuelt vann fra kondensering, eller inndrev av snø eller regn, renner ut igjen. Selv om undertaket har god regntetthet, vil stående vanndammer føre til oppfukning av taket nedenfor ved diffusjon gjennom et dampåpent undertak. Slike tak må ha tekning på taktro med god kondensopptaksevne og detaljløsninger ved takkantene som hindrer inndrev av nedbør.

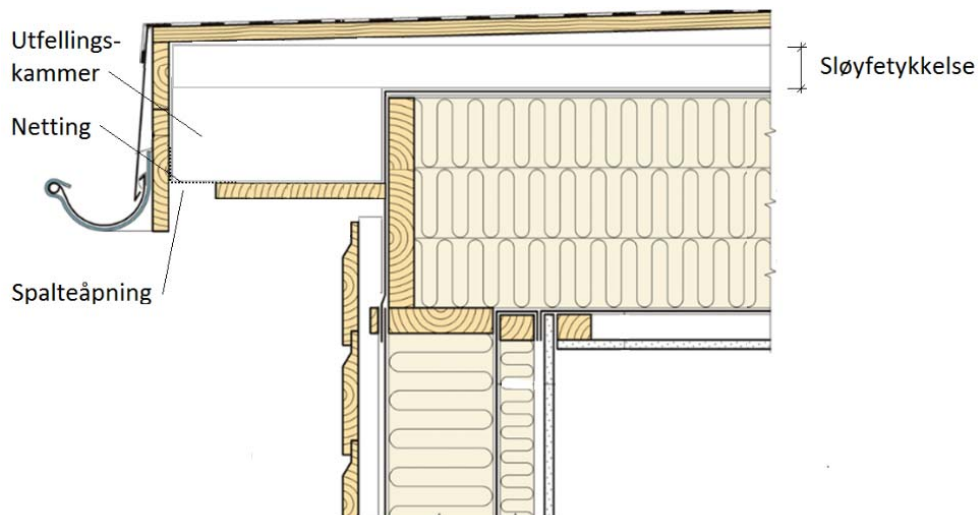
### 3.2 Prinsipløsninger for luftede tak med lav takvinkel

Her er det vist noen flere prinsipløsninger enn de som er vist i figurene 2 og 3.

Når helningen til undertaket er under en viss vinkel kan en ikke regne med at eventuelt vann som kommer inn og blir liggende på undertaket vil renne ut igjen. Det er derfor helt avgjørende at luftespaltene avsluttes slik at det ikke kommer nedbør i form av regn eller snø inn i luftespalten i taket. Undertaksmaterialene er vanntette, men på dampåpne undertak tåles det ikke at det blir stående vanddammer da det vil føre til at vann damp kan diffundere nedover i taket. Hvor stor helningen på undertaket må være for at eventuelt vann skal renne av vil variere med type undertak, skjøteløsning og overgangsløsningene ved gjennomføringer i taket. Hvor stor helningen et undertak må ha for at vann skal kunne renne ut, uten at det blir stående vanddammer eller at det oppstår lekkasjer, kan undersøkes i forbindelse med regntetthetsprøving av undertaket. Undertaksprodukter er vanntette og mer robuste enn vanlige, tynnere vindsperreprodukter. Det anbefales derfor å bruke et undertaksprodukt framfor vindsperre også om undertaket legges helt horisontalt uten fall.

For alle takløsningene anbefales det å dekke alle spalteåpningene mot det fri med fluenetting. Nettingen gir litt ekstra strømmingstap, men det er det tatt hensyn til i alle beregningene. I tillegg til å stenge fugler og insekter ute er nettingen også viktig for å redusere faren for inndrev av nedbør. Nettingen er muligens nok til å hindre inndrev av snø i de fleste tilfeller, men vi anbefaler at spalteåpningen senkes for eksempel ca. 100 mm nedenfor undertaket, som vist i figurene. Hulrommet mellom spalteåpningen med netting og luftespalten i taket vil da fungerer som et utfellingskammer. Eventuelt regn og snø som blåser gjennom nettingen vil felles ut i dette rommet slik at risikoen for at nedbør blåses videre innover i luftespalten i taket blir mindre.

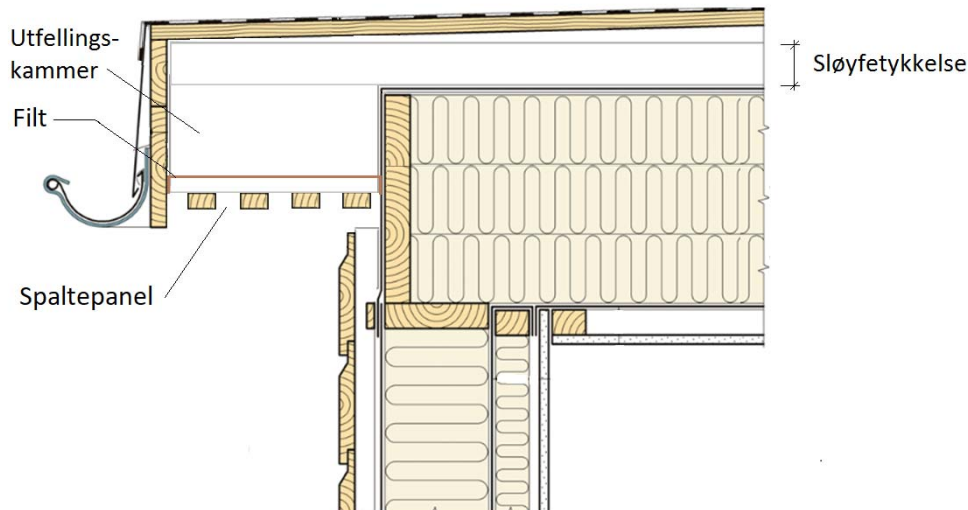
For å få full nytte av luftespalten i taket må spalteåpningene til det fri ha tilnærmet samme dimensjon som luftespalten/sløyfene som vist for løsningene A og C. Hvis spalteåpningene gjøres trangere, som vist for løsningene B og D, blir luftgjennomstrømmingen noe redusert, men løsningene er sikrere mot inndrev av nedbør.



**Figur 4 Takløsning med raftekasse**

Større takutstikk gir plass til større og mer effektivt utfellingskammer enn løsningen i figur 3. Luftespalteåpning ved raft er like stor som sløyfetykkelsen som for takløsning A vist i Figur 2. En forlengelse av takutstikket som vist i figur 4 øker strømmingstverrsnittet til ca. det fem-dobbelte inne i utfellingskammeret/raftekassen. Midlere lufthastighet reduseres derfor til ca., en femtedel inne i utfellingskammeret slik at eventuell nedbør som kommer inn gjennom nettingen får god mulighet til å felles ut med liten risiko for å bli blåst inn i luftespalten i taket.

Økt lengde på takutstikket vil gi noe større oppstuvningstrykk fra vinden spesielt helt inne ved veggen. En bør derfor unngå å ha spalteåpning nær veggkledningen, men i stedet ha en åpning lengst ute mot kantbordet bak takrennen. Fullskala laboratorieforsøk har vist at det er gunstigst å plassere spalteåpningen ytterst i raftekassen nærmest kantbordet for å redusere faren for inndrev.



**Figur 5 Takløsning A med raftekasse og filt**

På steder som er spesielt utsatt for snødrev kan en bruke en filt i stedet for fluenetting. Her dekker filten hele bunnen i raftekassen og filten er understøttet av lekter slik at luft kan strømme inn gjennom hele filtarealet.

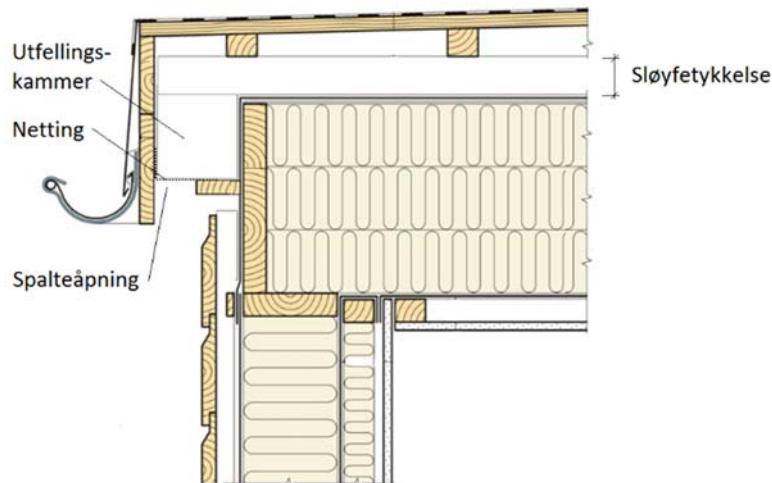
Filten vil ha større strømningsmotstand per areal enn en fluenetting og det må kompenseres for dette ved å gjøre filterarealet tilsvarende større. Nødvendig filtareal er sterkt avhengig av filtens luftgjennomgangstall i tillegg til taklengde, isolasjonstykkelse og dimensjonerende vindhastighet.

I Vedlegg 6 er det vist eksempler på hvordan beregnet snøsmelting og mulig isproduksjon varierer med sløyfetykkelsen for tak med raftekasse med filt. Beregningene er gjort for filt med luftgjennomgangstall  $200 \text{ [m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa]}$  og areal  $0,5 \text{ m}^2$  pr løpemeter raft.

Diagrammene i vedlegg 6 viser at en filtløsning som vist i Figur 5 gir tilfredsstillende lufting, med beregnet snøsmelting mindre enn grenseverdien på  $100 \text{ kg/mnd.}$  per løpemeter raft, for små tak på 10 og 15 m med 300 mm isolasjon. Forutsatt 400 mm isolasjon er løsningen tilstrekkelig også for tak med 20 m strømningslengde. For større tak og tak med mindre isolasjon må enten filtarealet økes, eller det må brukes en filt med større luftgjennomgangstall.

Ved beregningene av diagrammene i Vedlegg 6 er det forutsatt en vindhastighet på 2 m/s. På steder med høyere gjennomsnittlig vindhastighet om vinteren kan filtarealet reduseres.

For store tak bør det gjøres en egen beregning for å komme fram til aktuelt filtareal avhengig av filtens luftgjennomgangstall og takets luftspaltetykkelse.



**Figur 6 Takløsning C**

Krysslufting, full luftespalteåpning ved raft, 100 % av sløyfetykkelsen.

Ved alle beregningene for tak med krysslufting er det brukt en lektetykkelse på 48 mm og c/c avstand 0,6 m som er aktuelt for tak med lav takvinkel og taktro. Beregnede, teoretiske sløyfetykkelser for takløsning C med krysslufting er vist i tabeller og diagrammer i Vedlegg 1 C, for vindhastighet 1 m/s, og i Vedlegg 2 C for vindhastighet 2 m/s.

Sammenlignet med takløsning A med enveis lufting uten krysslagte lekter, krever takløsning C med krysslufting ca. 20 % tykkere sløyfer for de lengste takene for at beregnet snøsmelting ikke skal øke. For tak med strømningslengde ca. 10 m er beregnet sløyfetykkelse omtrent lik for takløsningene A og C.

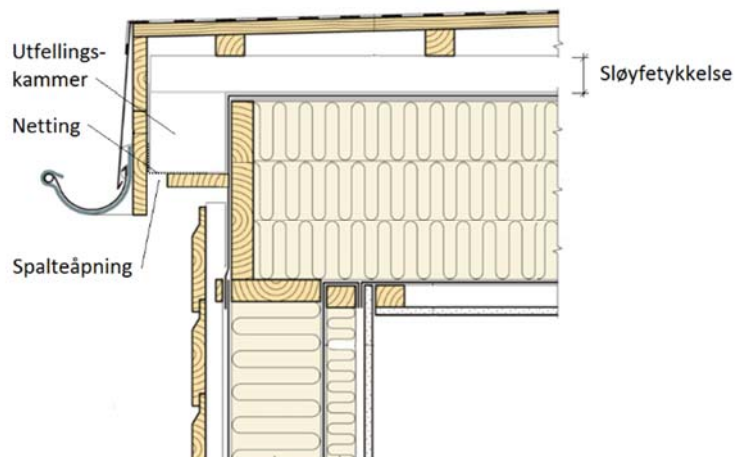
Selv om samlet luftespalte-tykkelse er større mellom lektene blir motstanden mot strømning parallelt med sløyfene likevel litt større i kryssluftede tak sammenlignet med tak med bare sløyfer og enveis lufting. Det skyldes turbulens og ekstra strømningstap som oppstår når strømningsverrsnittet innsnevres og utvides igjen for hver lekteplassering. Krysslufting gir imidlertid bedre luftgjennomstrømning når vindretningen er på tvers av sløyfene sammenlignet med tak med enveis lufting.

For tak som har vesentlig lengre utstrekning på tvers av fallretningen enn i fallretningen har krysslufting begrenset nytte. Det skyldes at strømningslengden og trykktapet blir vesentlig større for strømning på tvers av sløyfene sammenlignet med parallelt med sløyfene. Forutsatt at det er spalteåpninger som er like store som tykkelsen på de tverrgående lektene ved gavlveggene vil kryssluftingen gi et visst bidrag til luftingen. Bidraget er størst nær gavlveggene og avtar med avstanden fra takkanten.

I bygninger med flere leiligheter kan luftespalten ikke krysse leilighetsskillelinjene av hensyn til faren for brannspredning. Da er det mest effektivt å ha enveis lufting og ikke ha lekter på tvers opp på sløyfene.

Krysslufting er ofte nødvendig for å få effektiv lufting av sammensatte takflater for eksempel takflater med fall mot en kilrenne. For å redusere strømningstapet bør det brukes justerte lekter med avrundede hjørner, ikke skarpkantede lekter.





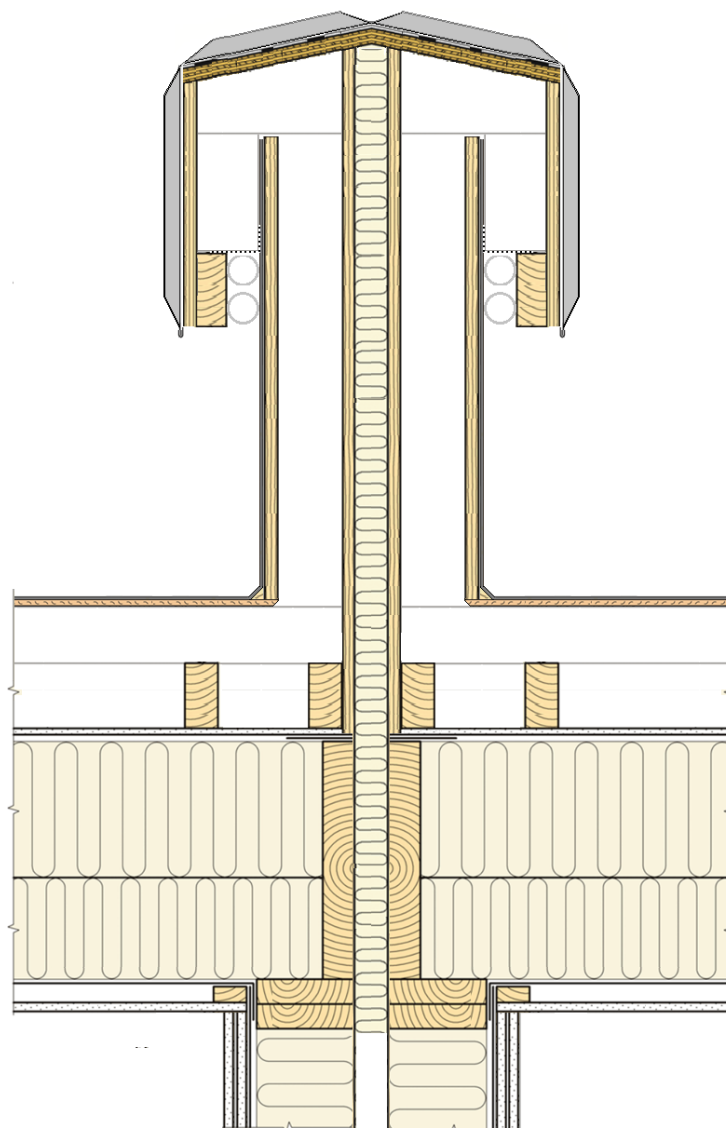
### Figur 8 Takløsning D

Krysslufting, redusert luftespalteåpning ved raft, 50 % av sløyfetykkelsen.

Luftespalteåpningen ved raft er redusert til halve sløyfetykkelsen. Strømningstverrsnittet øker til det firdobbelte inne i utfellingskammeret hvor midlere lufthastighet reduseres til en firedel. Det gir sikrere utfelling av nedbør og takløsning D gir derfor bedre beskyttelse mot snøinndrev enn takløsning C i Figur 7

Når spalteåpningene snevres inn, som her for takløsning D, viser beregningene at sløyfetykkelsen må økes med ca. 20 % for at beregnet snøsmeltingen ikke skal endres i forhold til takløsning C i figur 7..

På steder som er spesielt utsatt for snødrev kan en bruke raftekasse og filt i stedet for fluenetting som vist i figur 5.



**Figur 9 Takløsning D. Prinsipløsning med luftelyre langs brannskille.**

Krysslufting, med luftespalteåpning lik halve lektetykkelsen. Luftespaltene for de to takdelene er adskilt og i åpningene må det monteres inn "brannstoppere" som lukker spalteåpningen ved brann for å redusere faren for brannspredning via luftespaltene i taket. Nøyaktig utforming og tiltak for å hindre brannspredning må vurderes i hvert enkelt prosjekt av brannrådgiver eller andre med nødvendig kompetanse.

Spalteåpningene er dekket med netting for å hindre fugl og insekter samt inndrev av nedbør. Over nettingen er det en tverrsnittutvidelse som senker lufthastigheten slik at eventuell nedbør som kommer gjennom nettingen kan felles ut der i stedet for å blåse videre ned i taket.

## 4 Beregningsresultater

Resultater fra de mange beregningene som ligger til grunn for anbefalingene om sløyfetykkelser og spalteåpninger er vist i tabeller og diagrammer i vedleggene 1 til 9. En oversikt over vedleggene er vist i Kapittel 5.

De fleste diagrammene viser beregnet snøsmelting og mulig "isproduksjon" avhengig av sløyfetykkelse og spalteåpninger for fire takvarianter ved dimensjonerende værforhold. Noen diagrammer viser hvordan beregnet snøsmelting varierer med vindhastighet, utetemperatur og takvinkel. Beregnet uttørkingsevne avhengig av vindhastighet og utetemperatur er vist i andre diagram. Tabellene, som bygger på diagrammene, viser beregnede sløyfetykkelser som gir liten risiko for skadelig ising på luftede tak avhengig av takets størrelse og oppbygging ved aktuelle værforhold. Vurderingskriteriene og grenseverdien som er lagt til grunn er omtalt i egne avsnitt nedenfor.

### 4.1 Vurderingskriterier

SINTEF Byggforsk har gjennom anvisningene i Byggforskserien gitt anbefalte luftespaltetykkelser avhengig av takvinkel og takets størrelse basert på erfaringer gjennom mange år. Se tabell 32 i anvisning 525.102 (2012). Tilsvarende beregninger for tak med sløyfer og lekter i henhold til denne anvisningen gir en teoretisk snøsmelting tilsvarende ca. 100 kg per løpemeter takfot per måned under stasjonære forhold (kg/m mnd.). Lang erfaring med småhustak har vist at slike tak i praksis likevel ikke har problemer med istapper eller ising i takrenner. Dette skyldes flere forhold. Smeltevannet inne på takflaten vil i første omgang suges opp av snøen og danne et "sørpelag" nederst i snølaget. Bare en viss andel av smeltevannet vil renne helt ut på det kalde takutstikket og fryse til is der eller i takrenner og nedløpsrør. Hvis smeltevannet fordeles på en takflate med bredde 1 m og lengde 7,5 m fra raft til møne vil 100 l smeltevann tilsvare et sørpelag med en gjennomsnittlig tykkelse på ca. 1,5 cm. Resultatene som er framstilt i diagrammene tilsvarer en "ekstremsituasjon" med stabile ugunstige snø og værforhold sammenhengende i en måned.

### 4.2 Grenseverdi

Teoretisk snøsmelting på 100 kg/m mnd. ved stasjonære forhold med utelufttemperatur  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  er brukt som en grenseverdi ved vurdering av nødvendige dimensjoner på sløyfer og lekter. Når beregnet snøsmelting er 100 kg/m mnd eller lavere for et tak er risikoen for istapper og skadelig ising i utvendige takrenner og nedløpsrør etter vår vurdering liten.

## 5 Oversikt over vedlegg

- Vedlegg 1      **Beregnete sløyfetykkelser** for takløsningene A, B, C og D for **vindhastighet 1 m/s** for takisolasjon fra 100 til – 600 mm og taklengder fra 7.5 til 30 m
- Vedlegg 2      **Beregnete sløyfetykkelser** for takløsningene A, B, C og D for **vindhastighet 2 m/s** for takisolasjon fra 100 til – 600 mm og taklengder fra 7.5 til 30 m
- Vedlegg 3.1    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 3.2    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 4.1    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 4.2    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 5.1    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning C** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 5.2    Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning C** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 6      Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med sløyfetykkelsen for **tak med raftekasse med filt** for isolasjonstykkelsene 300mm og 400 mm for noen taklengder.
- Vedlegg 7.1    Diagrammer som viser hvordan beregnet **uttørkings kapasitet** varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser fra Tabell 1 for dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m
- Vedlegg 7.2    Diagrammer som viser hvordan beregnet **uttørkings kapasitet** varierer **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser fra Tabell 2 for dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

- Vedlegg 7.3 Diagrammer som viser hvordan **beregnet uttøringskapasitet** for luftespalten varierer med Sløyfetykkelsen og taklengden for takløsningene A og B med 300 mm isolasjon ved dimensjonerende vindhastighet 1 og 2 m/s
- Vedlegg 8 Underlag for Vedlegg 1. Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med sløyfetykkelse, taklengde og isolasjonstykkelse for **takløsning A** for takisolasjon fra 100 til – 600 mm og taklengder fra 7.5 til 30 m  
Fast utetemperatur -1 °C og fast **vindhastighet 1 m/s**
- Vedlegg 9 Underlag for Vedlegg 2. Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med sløyfetykkelse, taklengde og isolasjonstykkelse for **takløsning A** for takisolasjon fra 100 til – 600 mm og taklengder fra 7.5 til 30 m  
Fast utetemperatur -1 °C og fast **vindhastighet 2 m/s**
- Vedlegg 10 Beregningsmodell
- Vedlegg 11 Vindtrykk
- Vedlegg 12 Vindstatistikk

## 6 Referanser

- [1] Uvsløkk, S (2011)  
*Drying out capacity and snow melting risk for ventilated wooden roofs - a parameter study.*  
In Proceedings of the ninth symposium on building physics in the Nordic Countries. p. 441 – 448  
Tampere University of Technology, Finland
- [2] Uvsløkk, S (1996)  
*The Importance of Wind Barriers for Insulated Timber Frame Constructions.*  
Journal of Building Physics. 20(1) p. 40-62.
- [3] Hansen, H.E, Kjerulf-Jensen, P. & Stampe, O. B (1987)  
*DANVAKs Varme- og Klimateknik, Grundbog. København*
- [4] Gullbrekken, L et. a. (2018)  
*Local loss coefficients inside air cavity of ventilated pitched roofs.*  
Journal of Building Physics. Published online 1. Desember 2017.
- [5] Gullbrekken, L et. a. (2018)  
*Wind pressure coefficients for roof venting purposes. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.* Vol. 175, pp. 144 -152
- [6] Gullbrekken, L et. al. (2017)  
*Air cavity design guidelines for pitched wooden roofs in cold climate.*
- [7] Noreng, K og Uvsløkk, S. (2010)  
*Robuste tak med luftekanaler i isolasjonssjiktet og økt selvuttørkingsevne.*  
Prosjektrapport 63, SINTEF Byggforsk, Oslo
- [8] Wolleng, T. (1979)  
*VVS-tekniske data for Norge. Håndbok 33, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.*

## Vedlegg 1 Beregnede sløyfetykkelser for dimensjonerende vindhastighet 1 m/s

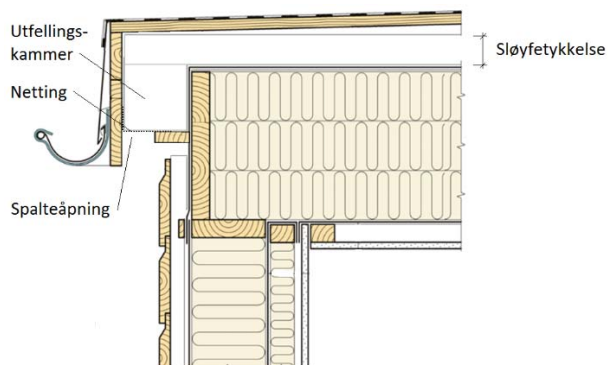
Tabellene og diagrammene i dette vedlegget viser beregnede, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for isproduksjon og istapper på kalde takutstikk og i takrenner. Verdiene er beregnet med en midlere vindhastighet på **1 m/s** og en utelufttemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Tabell V1.A og diagrammet i Figur V1.A for takløsning A, er basert på beregningsresultatene som er vist i diagrammene V1.1 – V1.6 i Vedlegg 8.

Tilsvarende diagrammer med beregningsresultater ligger til grunn for tabellene og diagrammene for de andre takløsningene, B, C og D, i Vedlegg 1.

Tabell V 1 Diagramoversikt

Tabell og Figur nr.	Figurene viser	Takløsning	Vindhastighet m/s	Isolasjonstykkelse mm
V1.A	Sløyfetykkelser	A	1,0	100 - 600
V1.B	Sløyfetykkelser	B	1,0	100 - 600
V1.C	Sløyfetykkelser	C	1,0	100 - 600
V1.D	Sløyfetykkelser	D	1,0	100 - 600



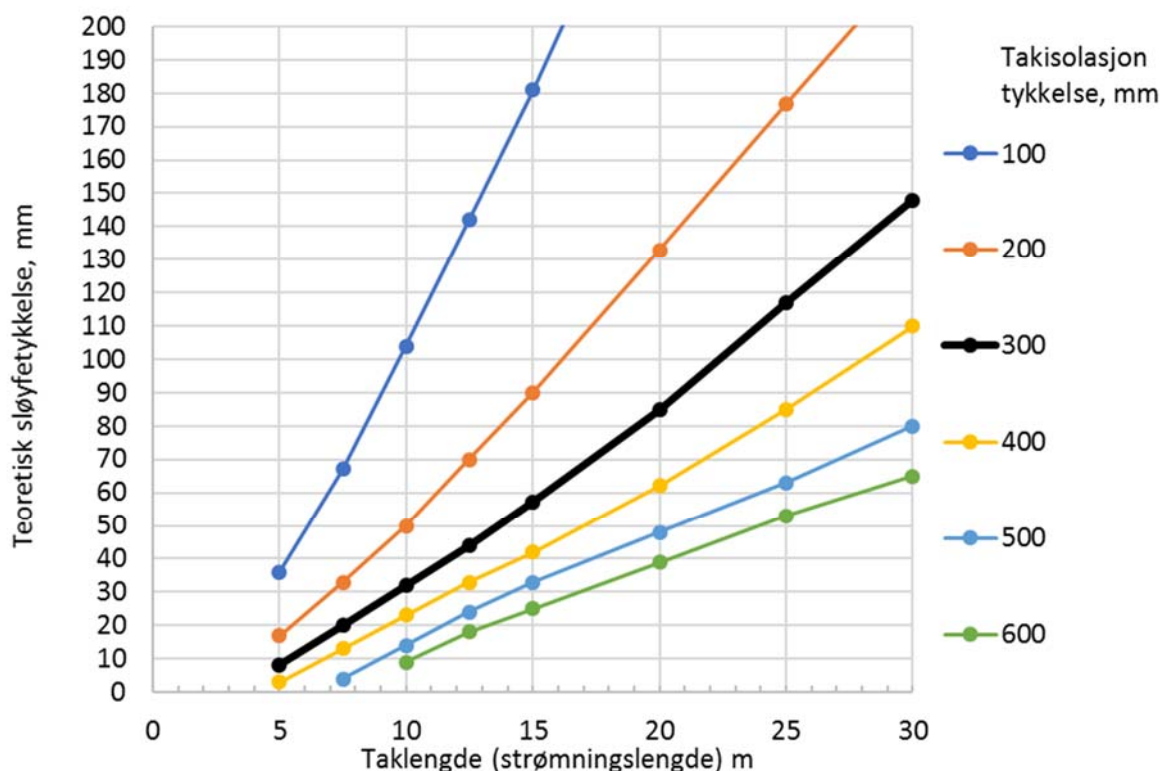
**Vedlegg 1 A. Takløsning A, vindhastighet 1 m/s  
Beregnete sløyfetykkelser**

Tak uten krysslufting  
Full spalteåpning ved inn- og utløp,  
100 % av sløyfetykkelsen

**Tabell V1.A**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, ved midlere <b>vindhastighet 1 m/s</b>							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	36	67	104	142	181	264	347	435
200	17	33	50	70	90	133	177	220
300	8	20	32	44	57	85	117	148
400	3	13	23	33	42	62	85	110
500		4	14	24	33	48	63	80
600			9	18	25	39	53	65

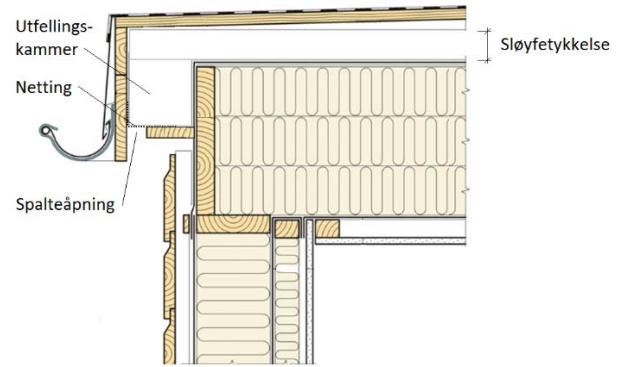


**Figur V1.A**

Grafisk framstilling av sløyfetykkelsene i tabell 1A.

Verdiene er tatt fra diagrammene i figurene V1.1 til V1.6 i Vedlegg 8 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft. De viktigste inngangsverdiene står nederst i diagrammene.





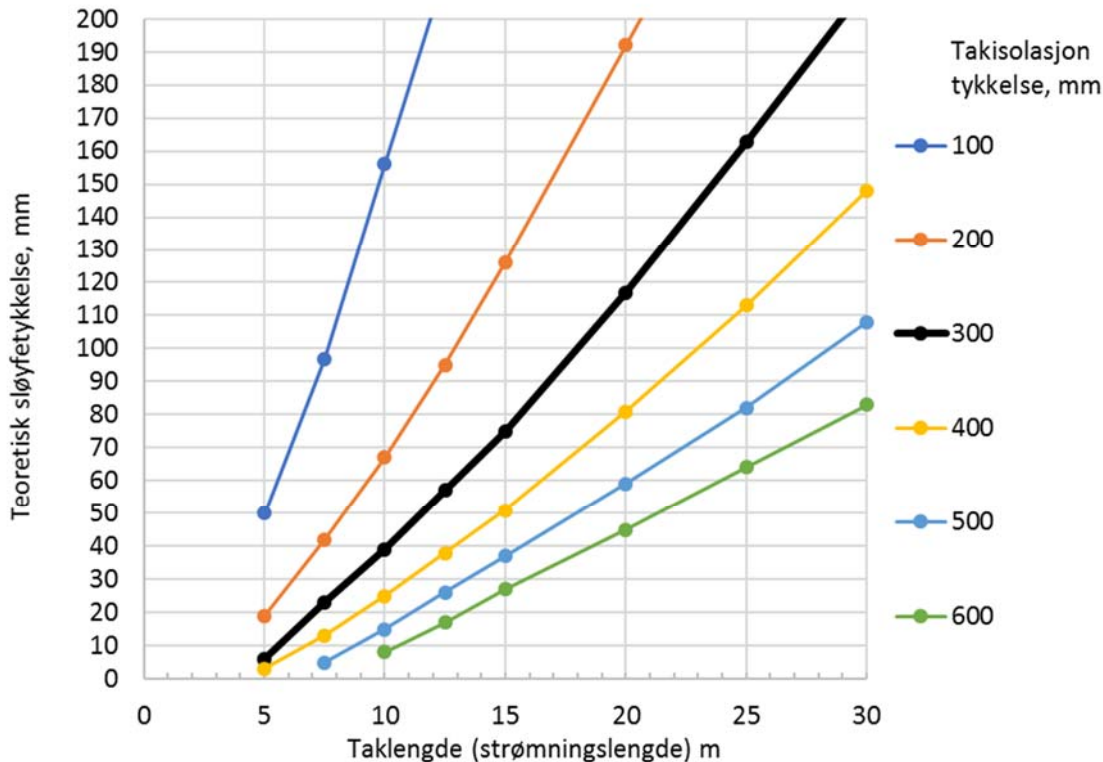
**Vedlegg 1 B. Takløsning B, vindhastighet 1 m/s  
Beregnete sløyfetykkelser**

Tak uten krysslufting  
Halv spalteåpning ved inn- og utløp,  
50 % av sløyfetykkelsen

**Tabell V1.B**

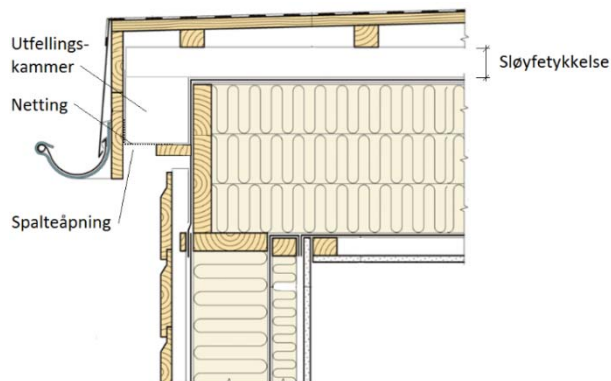
**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, ved midlere vindhastighet 1 m/s							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	50	97	156	214	276	403	536	672
200	19	42	67	95	126	192	258	324
300	6	23	39	57	75	117	163	210
400	3	13	25	38	51	81	113	148
500		5	15	26	37	59	82	108
600			8	17	27	45	64	83



**Figur V1.B**  
Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell 1B.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene V1.1 til V1.6 i Vedlegg 8 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.



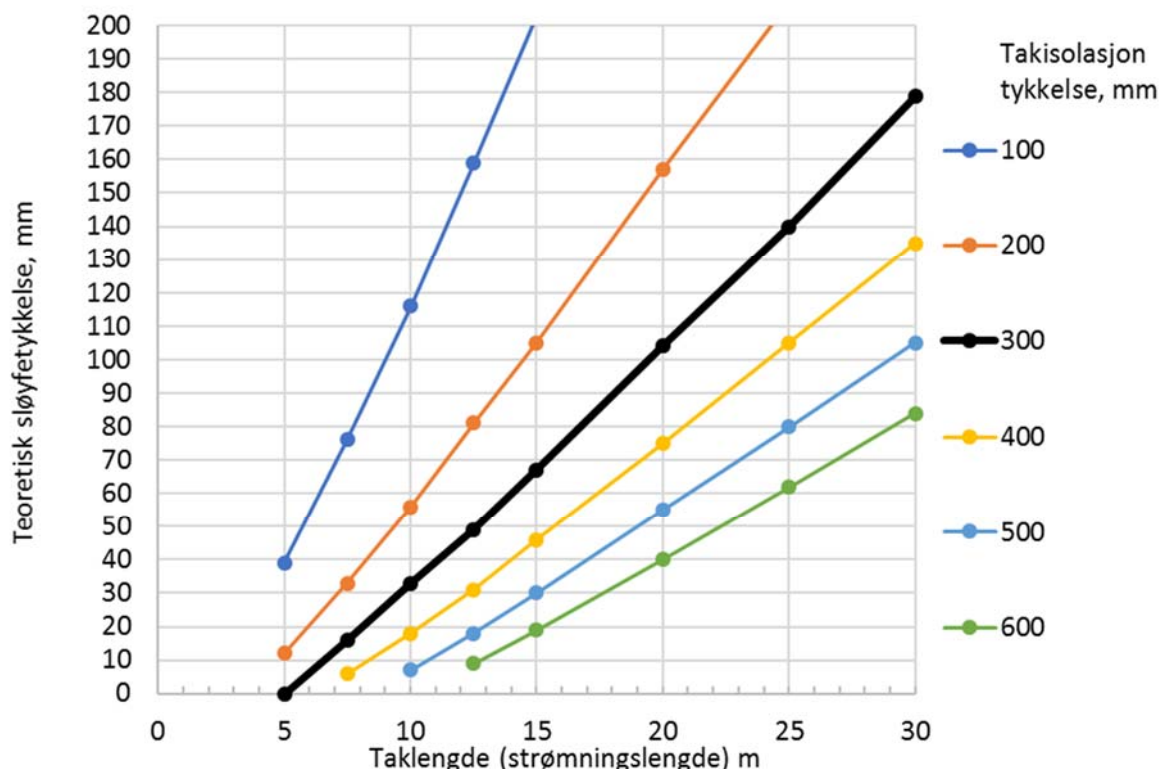
## Vedlegg 1 C Takløsning C, vindhastighet 1 m/s Beregnete sløyfetykkelser

Tak med krysslufting  
Full spalteåpning ved inn- og utløp,  
100 % av sløyfetykkelsen

**Tabell V1.C**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

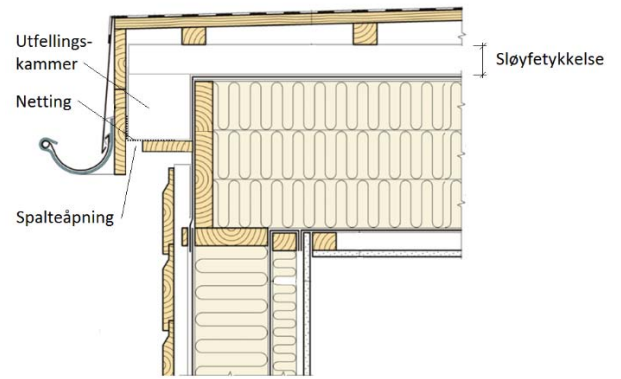
Isolasjons- tykkelse, mm	Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, ved midlere <b>vindhastighet 1 m/s</b>							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	39	76	116	159	203	290	377	466
200	12	33	56	81	105	157	207	254
300	0	16	33	49	67	104	140	179
400		6	18	31	46	75	105	135
500			7	18	30	55	80	105
600				9	19	40	62	84



**Figur V1.C**

Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell V1.C.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene V1.1 til V1.6 i Vedlegg 8 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.

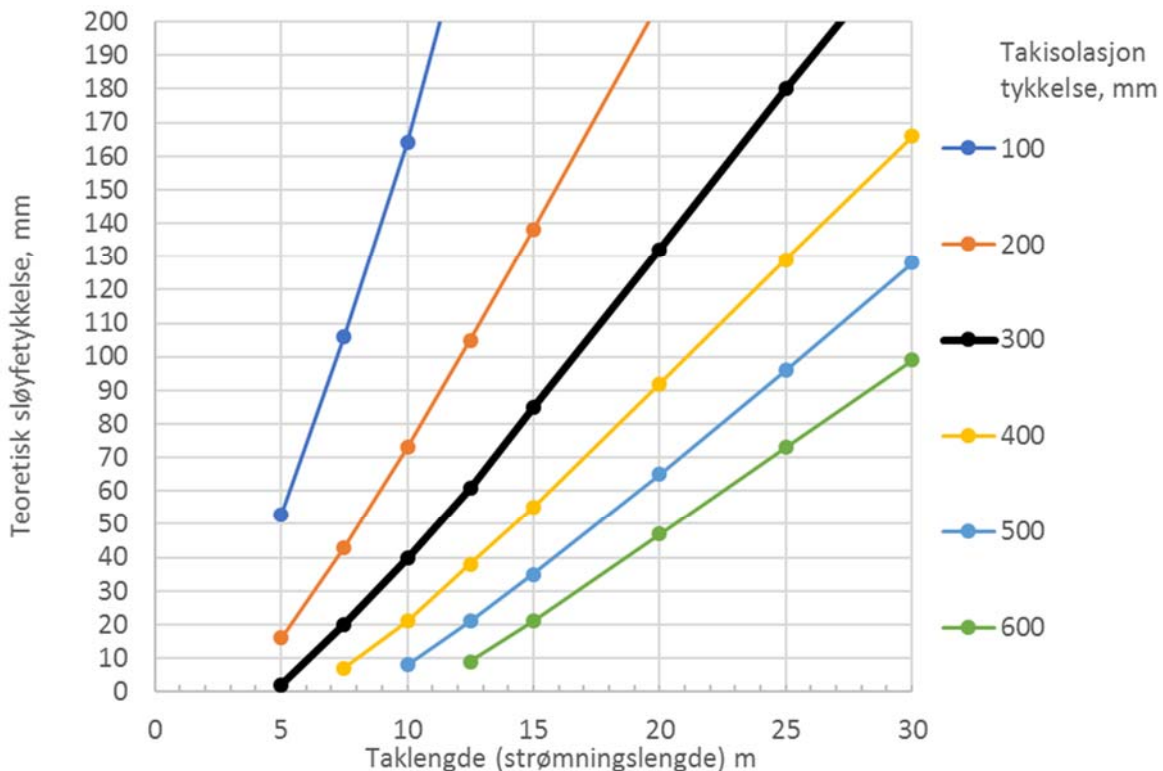


**Vedlegg 1 D Takløsning D, vindhastighet 1 m/s**  
**Beregnete sløyfetykkelser**

Tak med krysslufting  
 Halv spalteåpning ved inn- og utløp,  
 50 % av sløyfetykkelsen

**Tabell V1.D**  
**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, ved midlere <b>vindhastighet 1 m/s</b>							
	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	53	106	164	233	290	417	550	686
200	16	43	73	105	138	206	274	342
300	2	20	40	61	85	132	180	226
400		7	21	38	55	92	129	166
500			8	21	35	65	96	128
600				9	21	47	73	99



**Figur V1.D**  
 Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell V1.D.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene V1.1 til V1.6 i Vedlegg 8 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.

## Vedlegg 2 Beregnede sløyfetykkelser for dimensjonerende vindhastighet 2 m/s

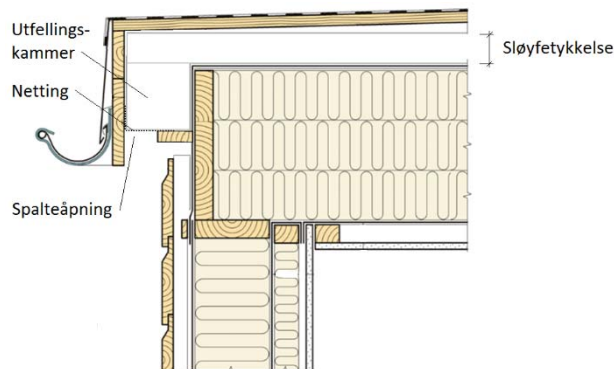
Tabellene og diagrammene i dette vedlegget viser beregnede, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for isproduksjon og istapper på kalde takutstikk og i takrenner. Verdiene er beregnet med en midlere vindhastighet på **2 m/s** og en utelufttemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Tabell V2.A og diagrammet i Figur V2.A for takløsning A, er basert på beregningsresultatene som er vist i diagrammene V2.1 – V2.6 i Vedlegg 9.

Tilsvarende diagrammer med beregningsresultater ligger til grunn for tabellene og diagrammene for de andre takløsningene, B, C og D, i Vedlegg 2.

Tabell V 2 Diagramoversikt

Figur nr.	Figurene viser	Takløsning	Vindhastighet m/s	Isolasjonstykkelse mm
V2.A	Sløyfetykkelser	A	2,0	100 - 600
V2.B	Sløyfetykkelser	B	2,0	100 - 600
V2.C	Sløyfetykkelser	C	2,0	100 - 600
V2.D	Sløyfetykkelser	D	2,0	100 - 600

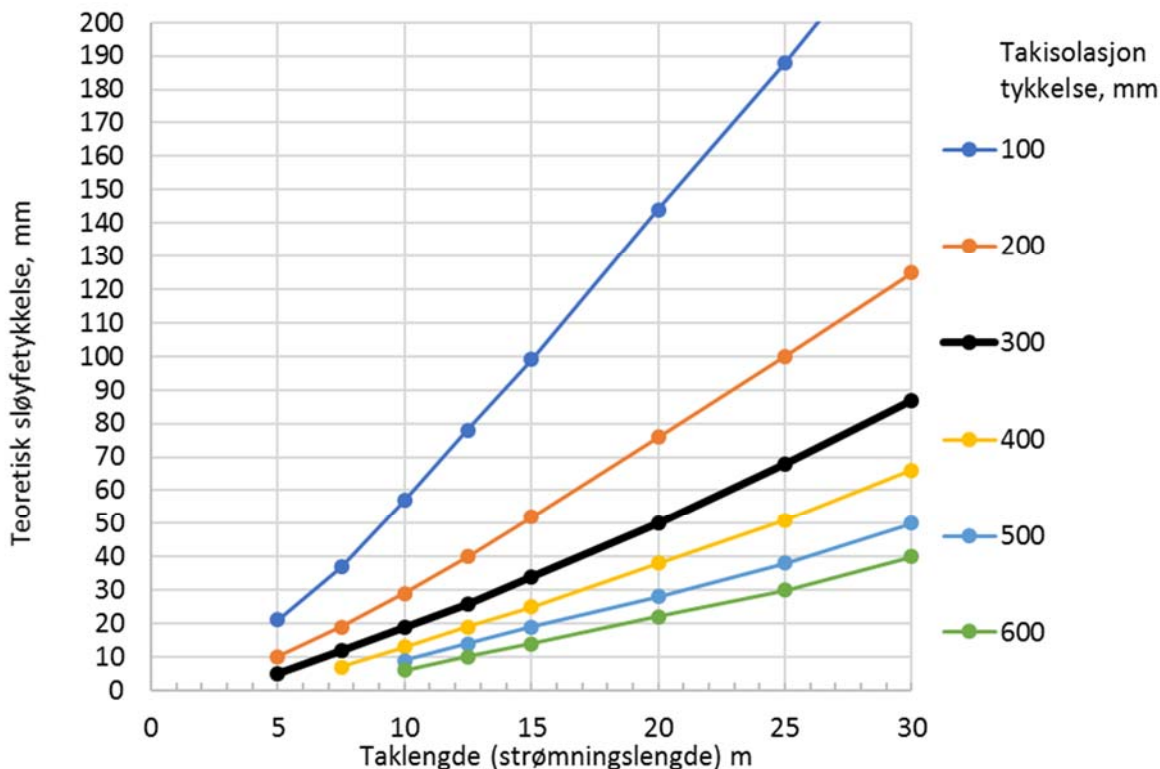


**Vedlegg 2 A Takløsning A, vindhastighet 2 m/s  
Beregnete sløyfetykkelser**

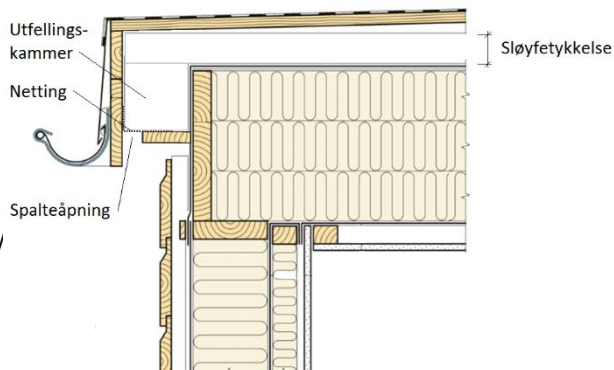
Tak uten krysslufting  
Full spalteåpning ved inn- og utløp,  
100 % av sløyfetykkelsen

**Tabell 2A**  
Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.

Isolasjons- tykkelse, mm	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	21	37	57	78	99	144	188	235
200	10	19	29	40	52	76	100	125
300	5	12	19	26	34	50	68	87
400		7	13	19	25	38	51	66
500			9	14	19	28	38	50
600			6	10	14	22	30	40



**Diagram 2A**  
Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendig taknedløp.  
Tak uten krysslufting og full spalteåpning ved inn og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen.  
Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell 2A.  
Verdiene er tatt fra diagrammene i figurene V2.1 til V2.6 i Vedlegg 9 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.  
De viktigste inngangsverdiene står nederst i diagrammene.



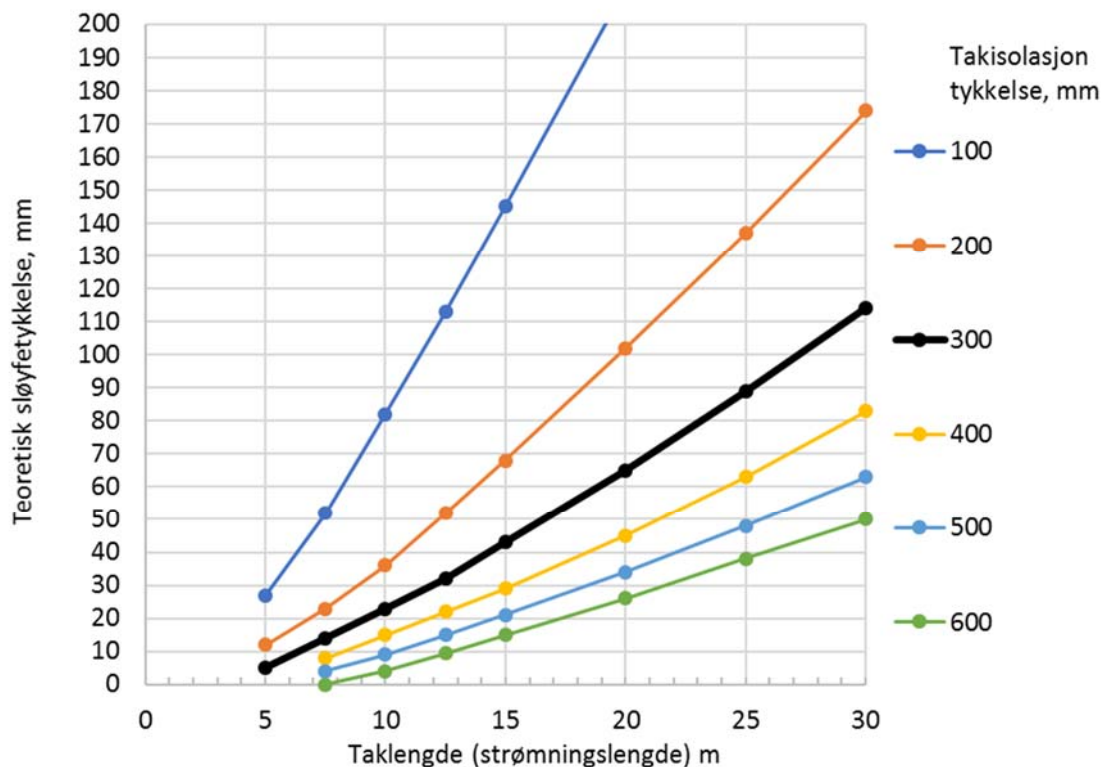
## Vedlegg 2 B Takløsning B, vindhastighet 2 m/ Beregnete sløyfetykkelser

Tak uten krysslufting  
Halv spalteåpning ved inn- og utløp,  
50 % av sløyfetykkelsen

**Tabell 2B**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	27	52	82	113	145	211	280	350
200	12	23	36	52	68	102	137	174
300	5	14	23	32	43	65	89	114
400		8	15	22	29	45	63	83
500		4	9	15	21	34	48	63
600		0	4	9,5	15	26	38	50



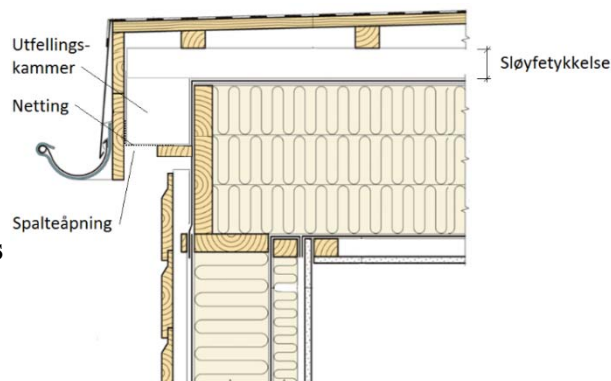
**Diagram 2B**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendig taknedløp.**

Tak uten krysslufting og halv spalteåpning ved inn og utløp, 50 % av sløyfetykkelsen.

Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell 2B.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene V2.1 til V2.6 i Vedlegg 9 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft. .



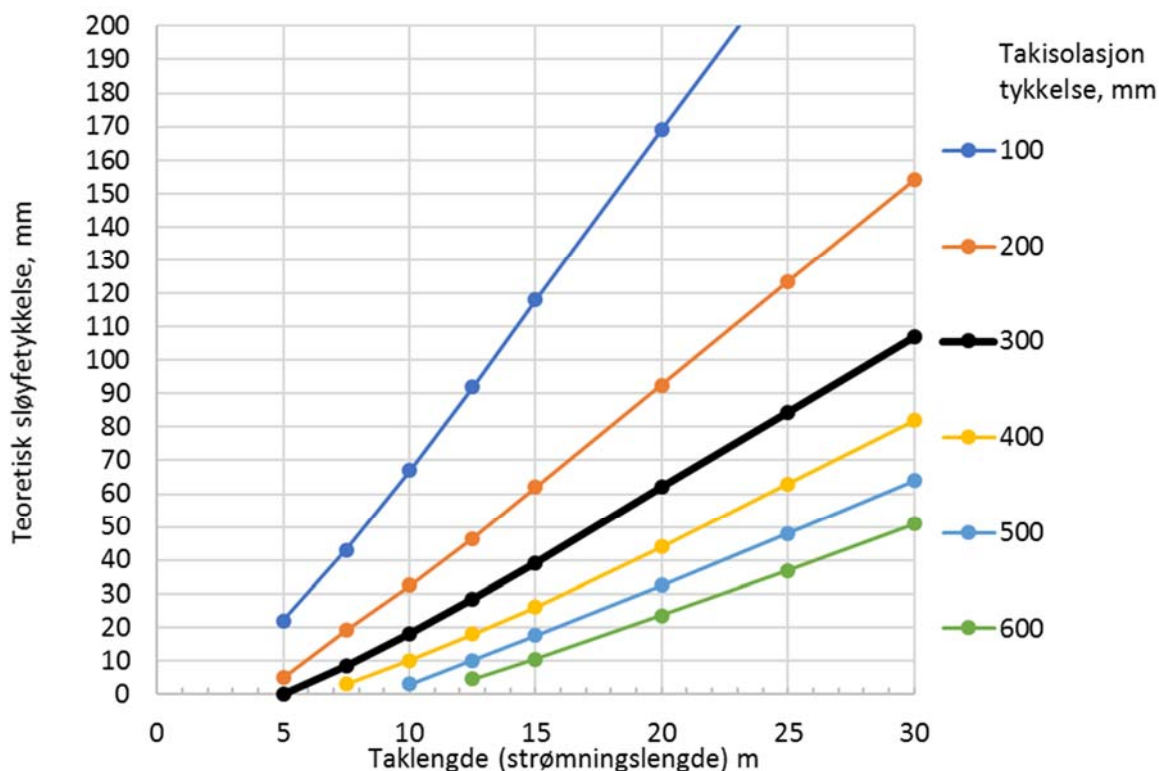
## Vedlegg 2 C Takløsning C, vindhastighet 2 m/s Beregnete sløyfetykkelser

Tak med krysslufting  
Full spalteåpning ved inn- og utløp,  
100 % av sløyfetykkelsen

**Tabell 2C**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	22	43	67	92	118	169	220	271
200	5	19	33	47	62	93	124	154
300	0	9	18	29	39	62	85	107
400		3	10	18	26	44	63	82
500			3	10	18	33	48	64
600				5	11	24	37	51



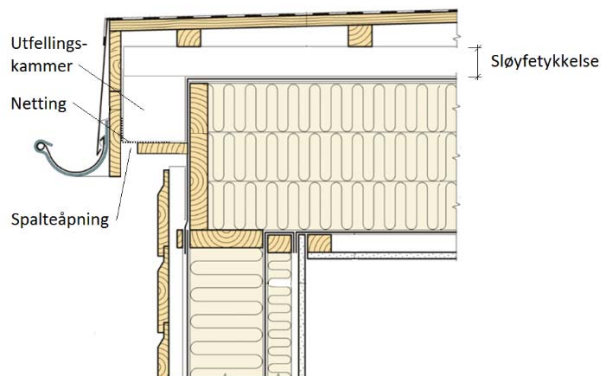
**Diagram 2C**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendig taknedløp.**

Tak med krysslufting og full spalteåpning ved inn og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen.

Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell 2C.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene 2A.1 til 2A.6 i Vedlegg 9 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.



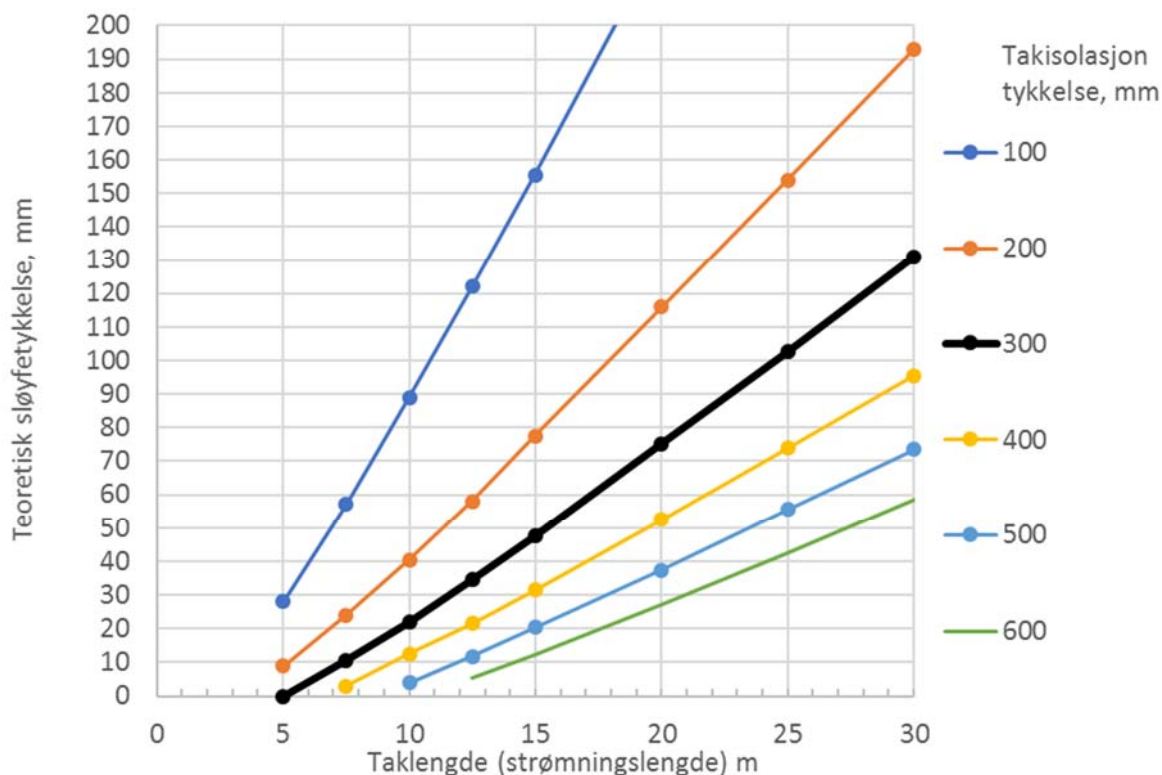
## Vedlegg 2 D Takløsning D, vindhastighet 2 m/s Beregnete sløyfetykkelser

Tak med krysslufting  
Halv spalteåpning ved inn- og utløp,  
50 % av sløyfetykkelsen

**Tabell 2D**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendige takrenner.**

Isolasjons- tykkelse, mm	Taklengde (strømningslengde) m							
	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
100	28	57	89	122	156	226	297	371
200	9	24	41	58	78	116	154	193
300	0	11	22	35	48	75	103	131
400		3	13	22	32	53	74	96
500			4	12	20	38	56	74
600				5	12	27	43	59



**Diagram 2D**

**Beregnete, teoretiske sløyfetykkelser, mm, som gir liten risiko for istapper ved utvendig taknedløp.**

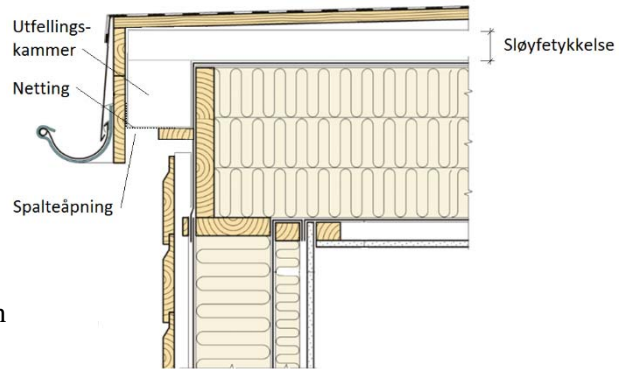
Tak med krysslufting og halv spalteåpning ved inn og utløp, 50 % av sløyfetykkelsen.

Grafisk framstilling av de samme sløyfetykkelsene som i tabell 2D.

Verdiene er tatt fra tilsvarende diagrammer som diagrammene i figurene 2A.1 til 2A.6 i Vedlegg 9 og viser sløyfetykkelser som gir beregnet smeltevann og "mulig isproduksjon" lik grenseverdien på 100 kg/mnd. per løpemeter raft.



**Vedlegg 3.1** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

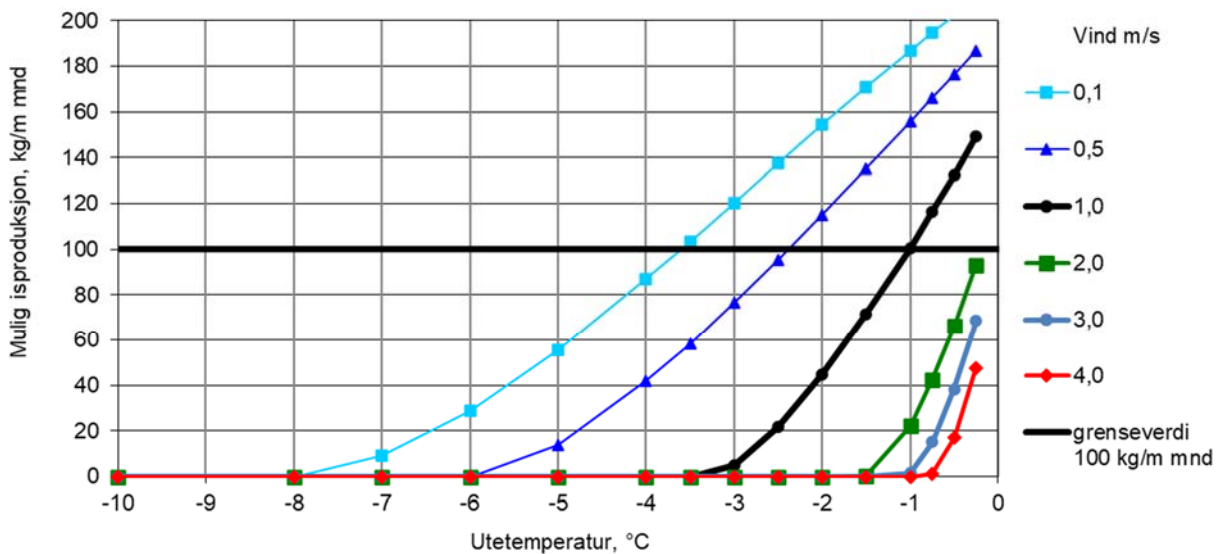


**Vedlegg 3.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av utetemperatur og vindhastighet**

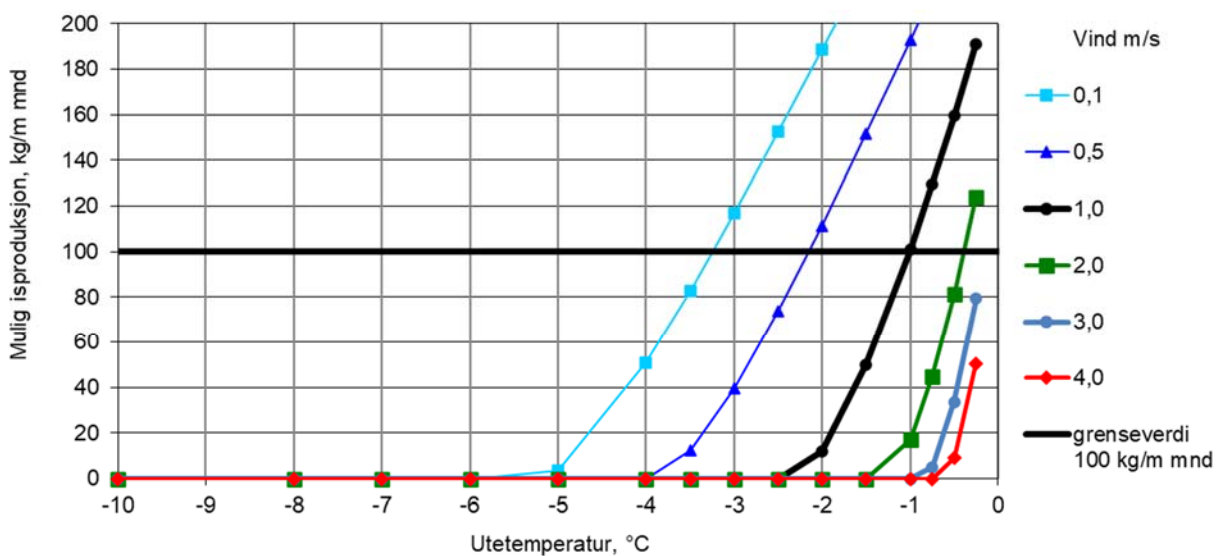
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 33 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 58 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

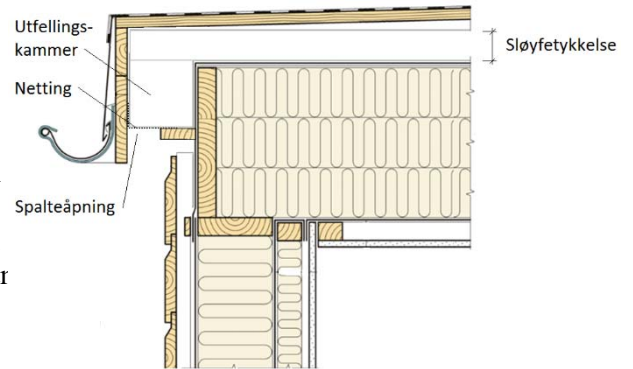
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 33 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

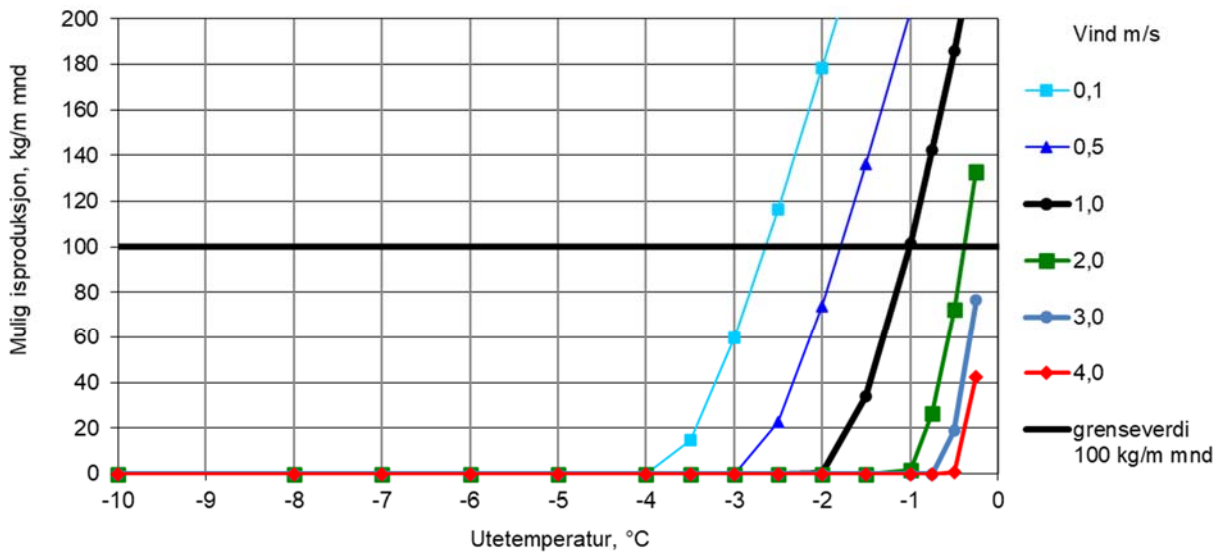


Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 58 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

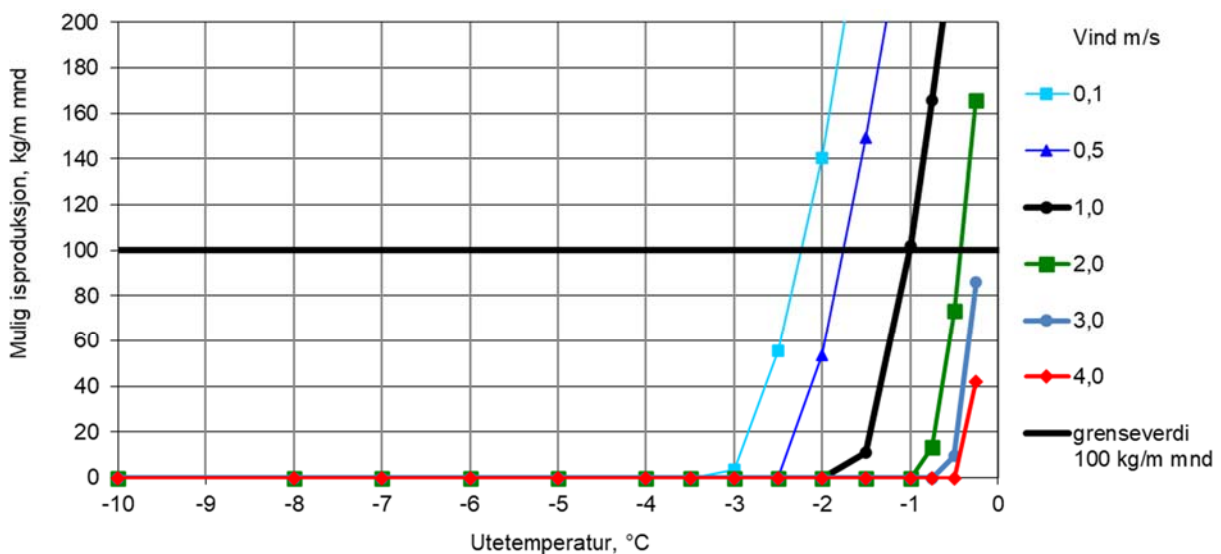


### Vedlegg 3.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 92 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 156 mm, nederste diagram

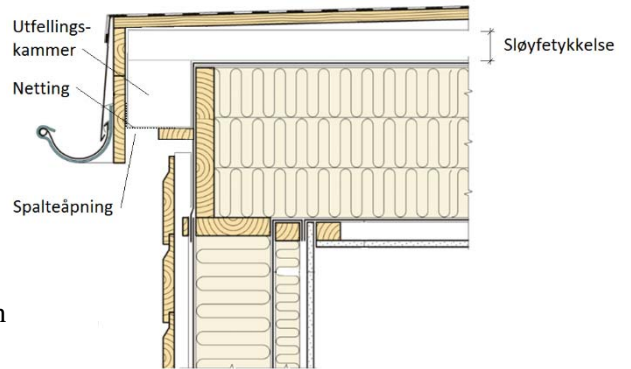


Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 92 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 156 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 3.2** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

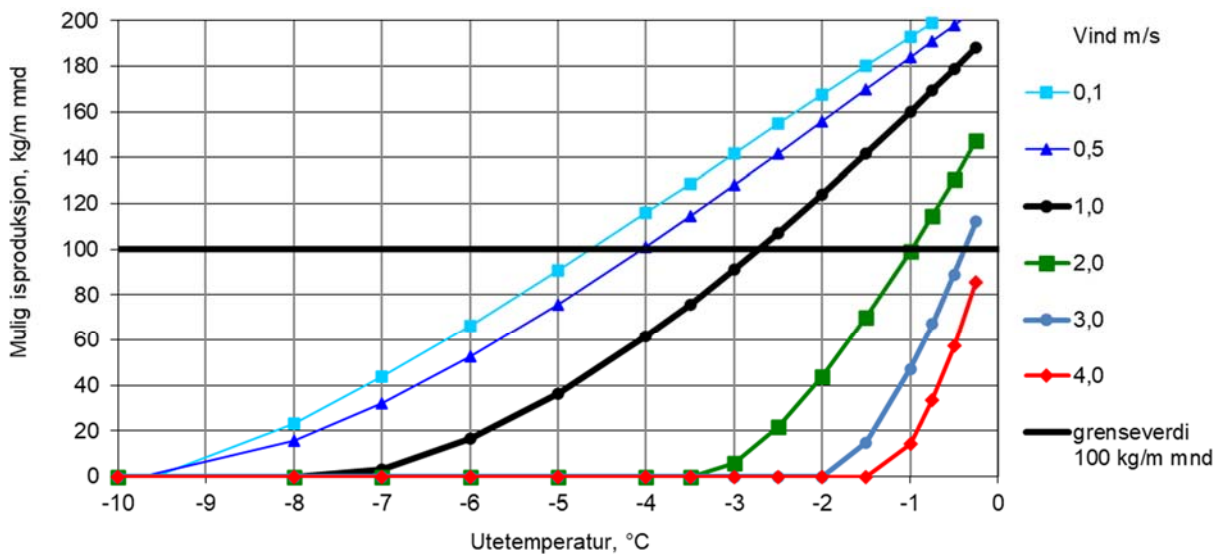


**Vedlegg 3.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av**  
**utetemperatur og vindhastighet**

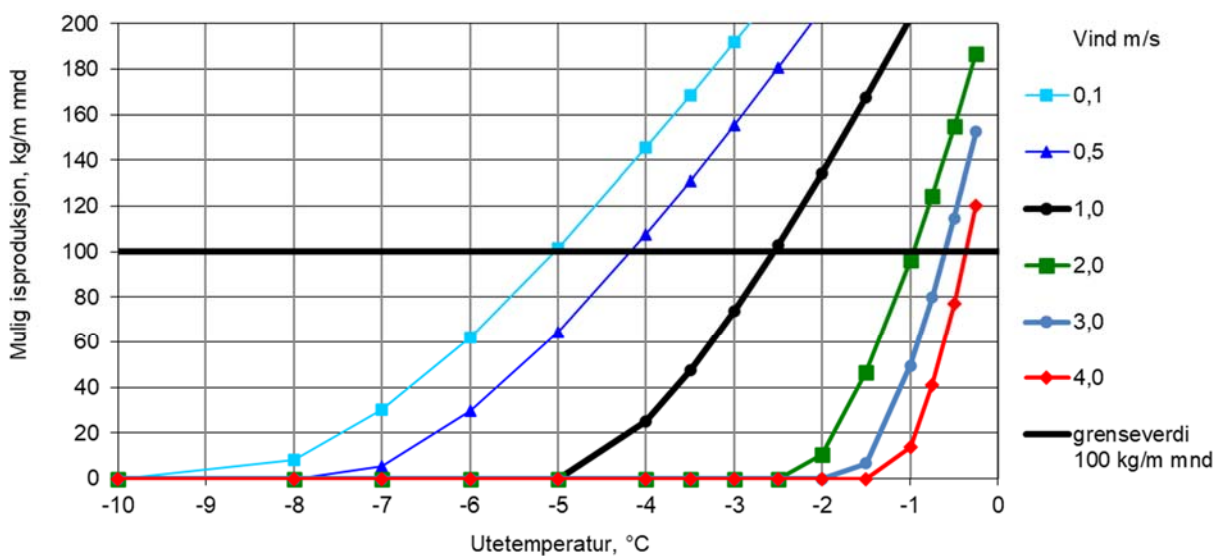
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 20 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 34 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

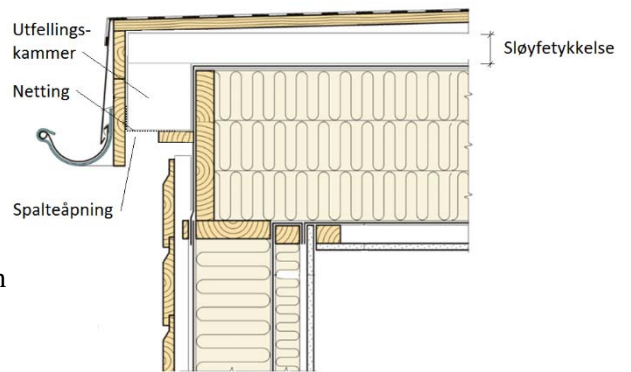
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 20 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

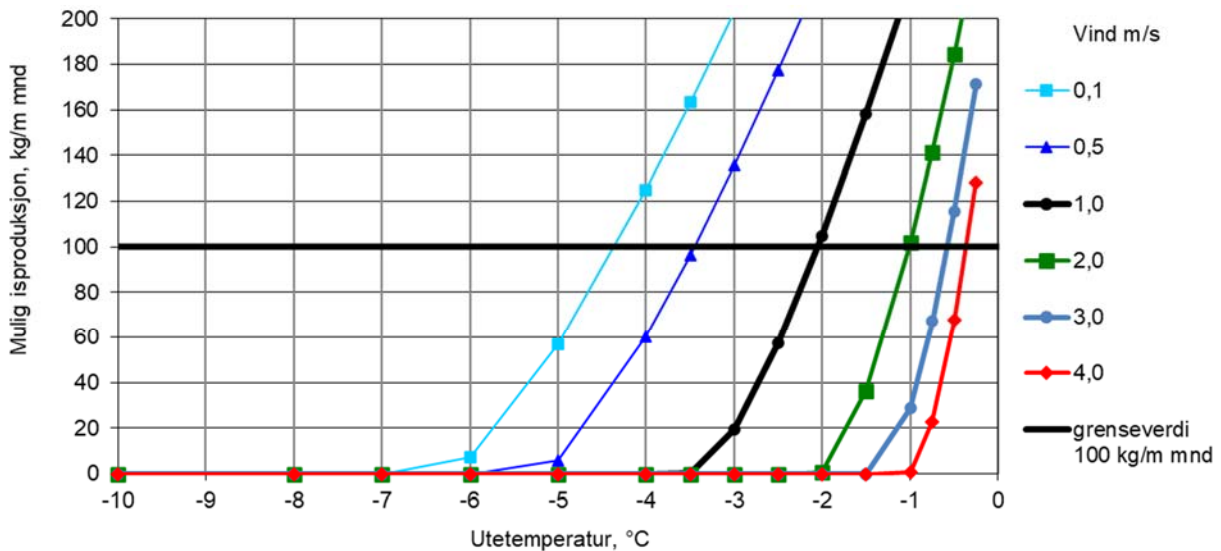


Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 34 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

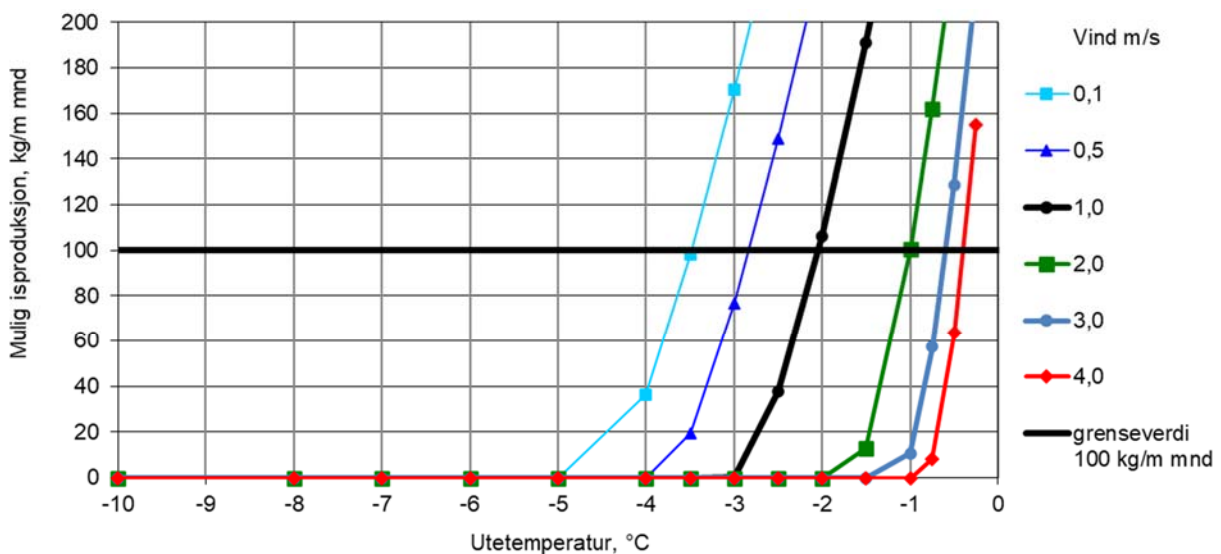


### Vedlegg 3.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 53 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 90 mm, nederste diagram

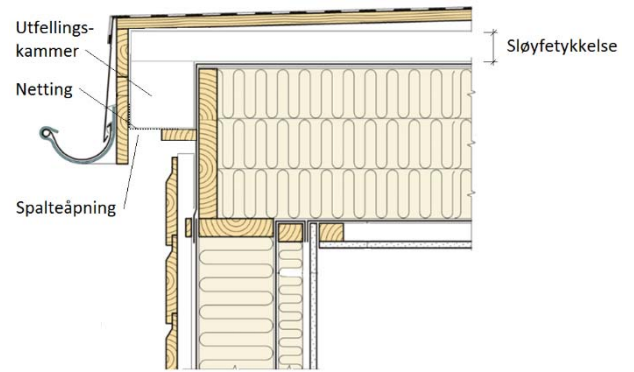


Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 53 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 90 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 4.1** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

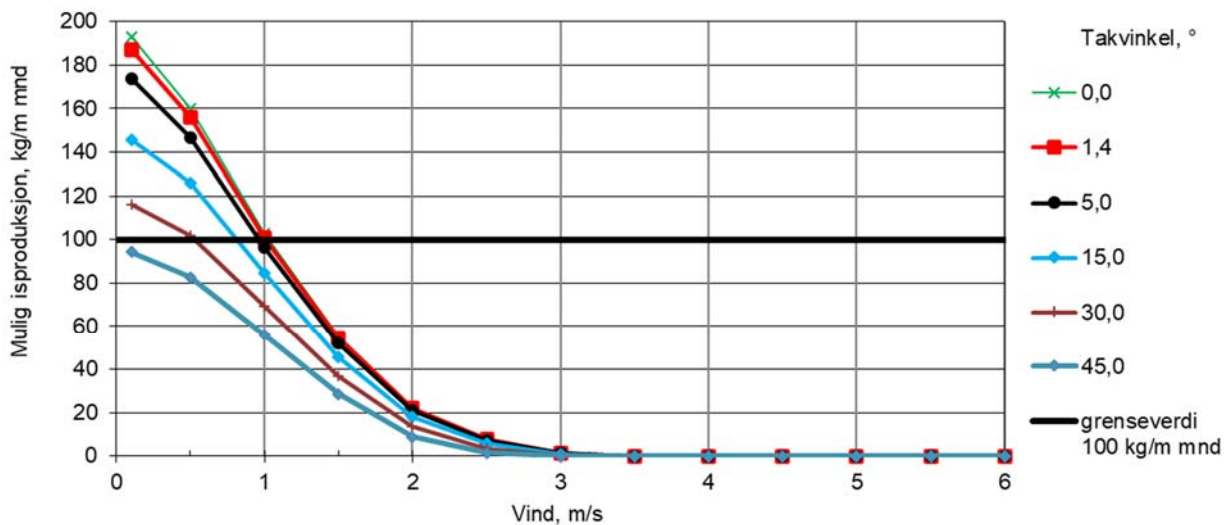


**Vedlegg 4.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av vindhastighet og takvinkel**

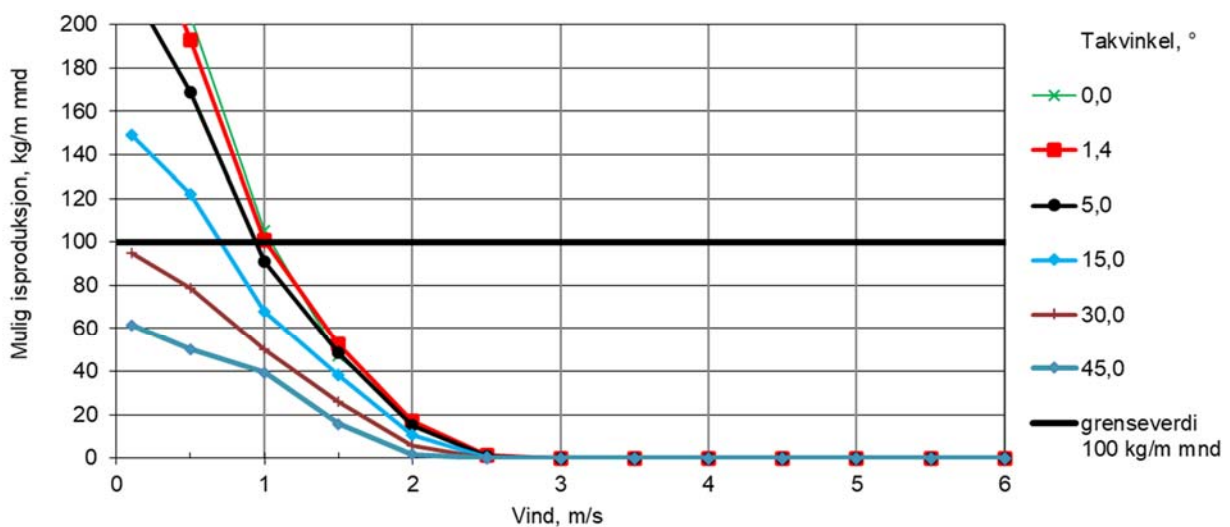
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 33 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 58 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen

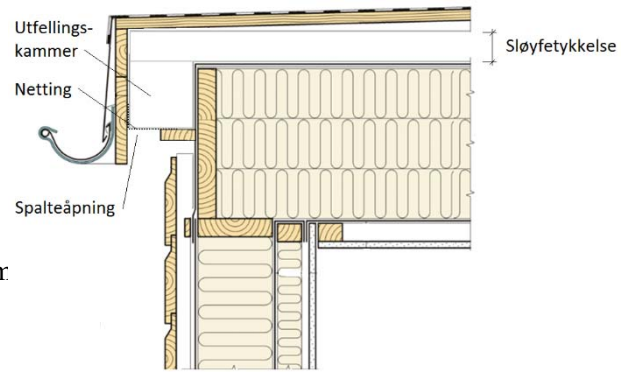


Snø: 0,5 m, utetem.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 33 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,



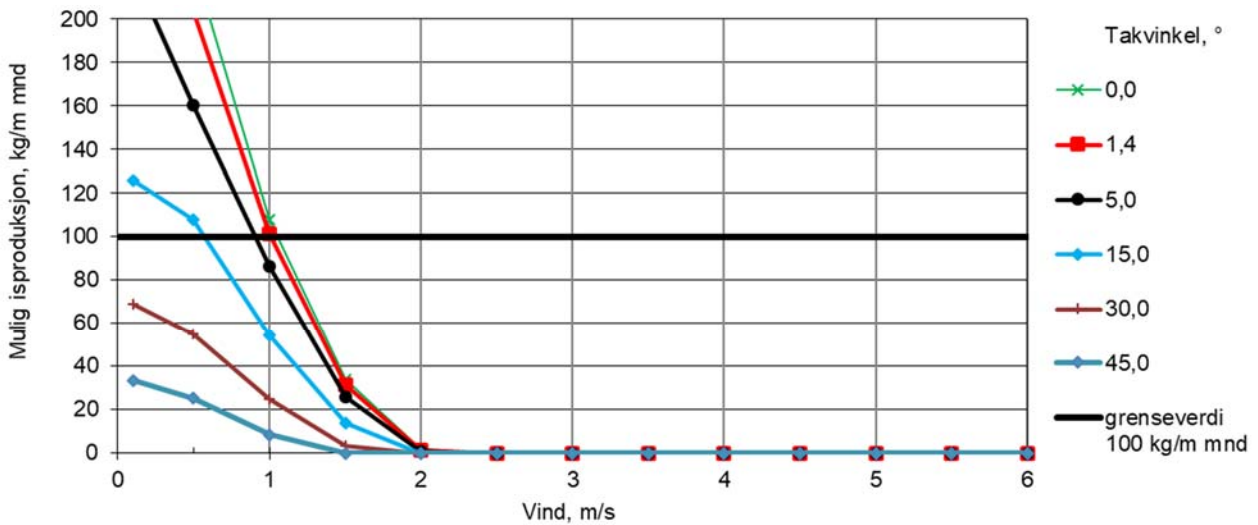
Snø: 0,5 m, utetem.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 58 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,



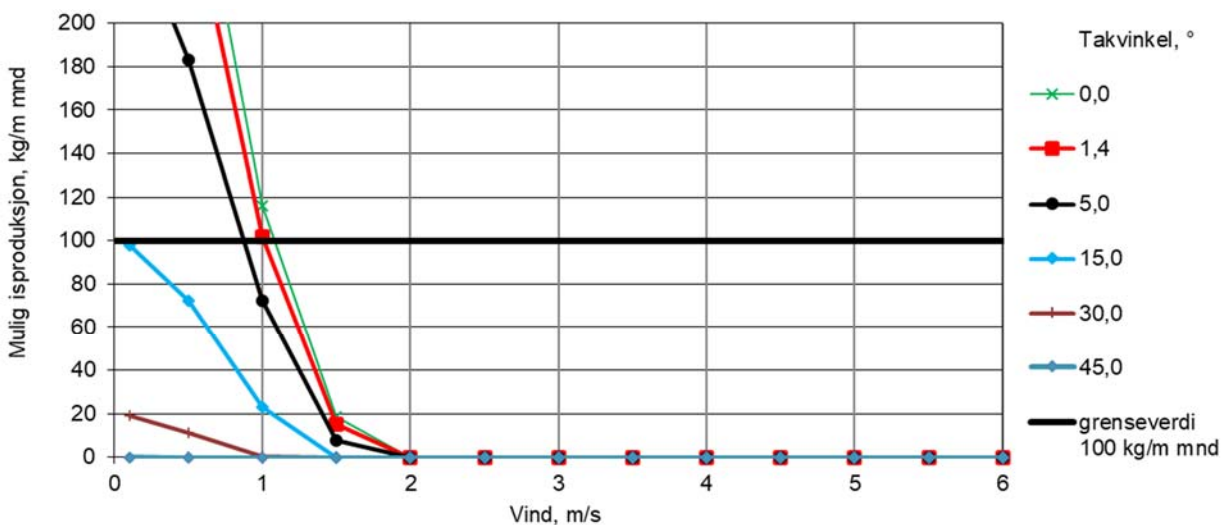


### Vedlegg 4.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 92 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 156 mm, nederste diagram

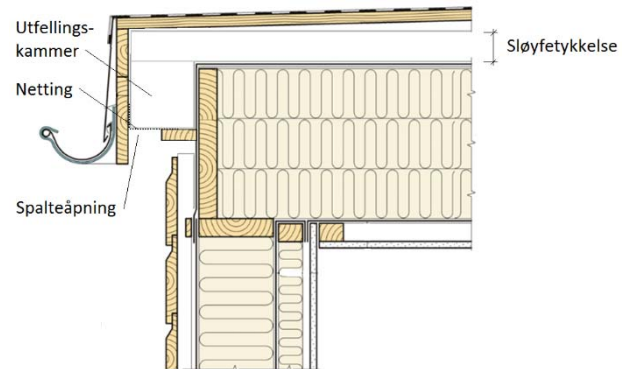


Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 92 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 156 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 4.2** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

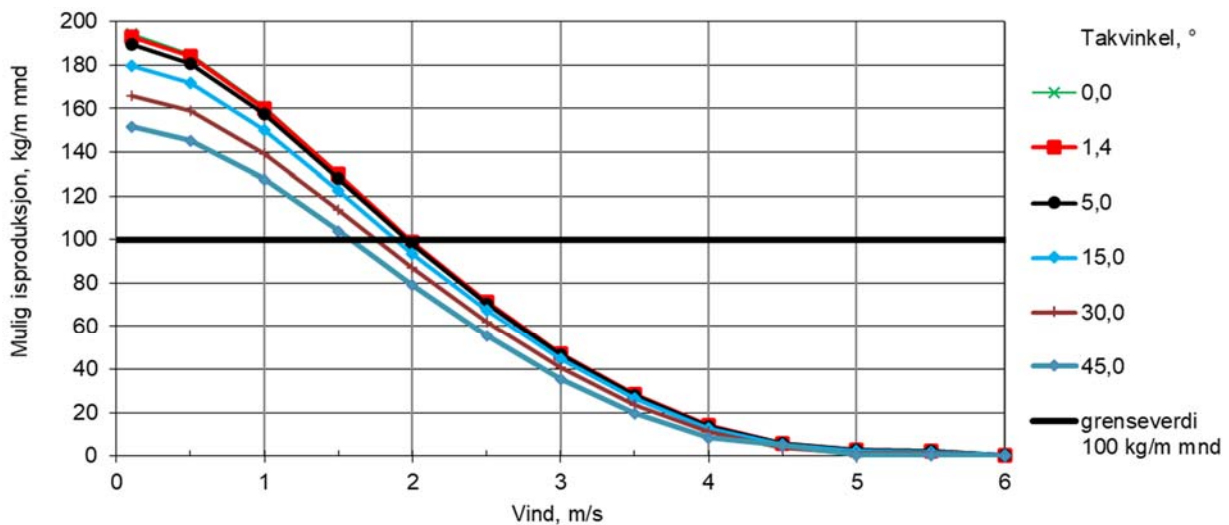


**Vedlegg 4.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av vindhastighet og takvinkel**

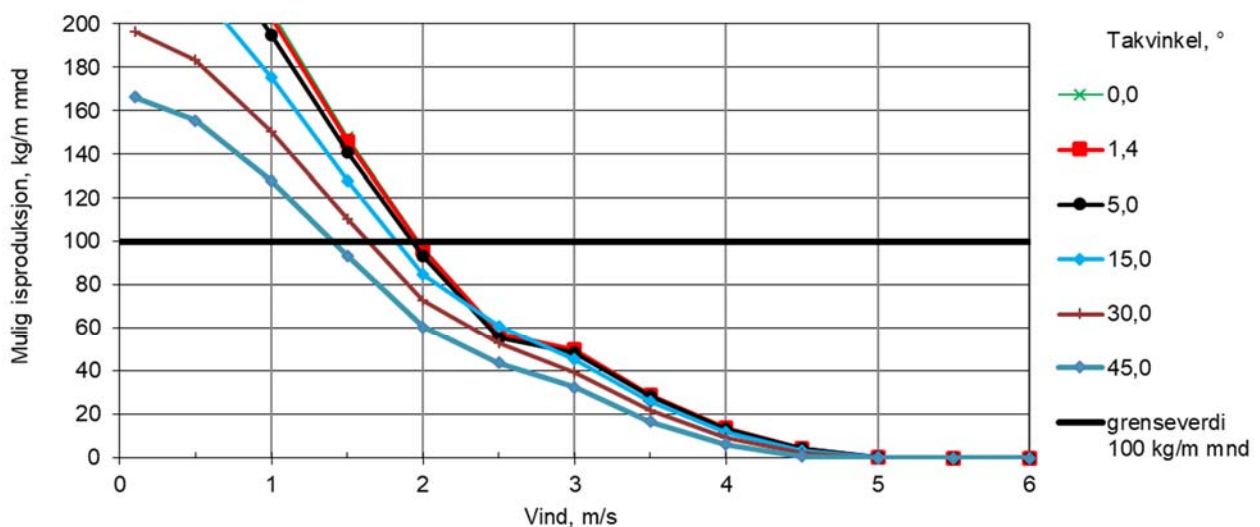
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 20 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 34 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

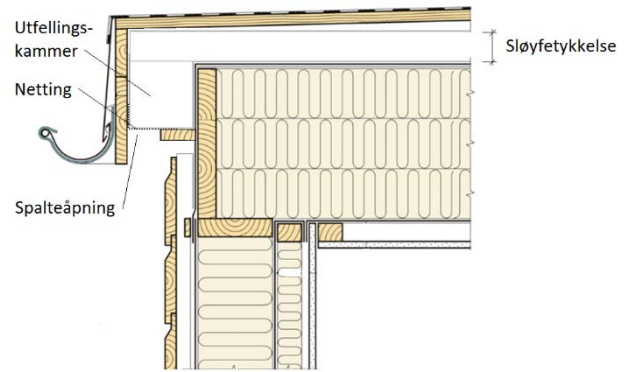
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 20 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

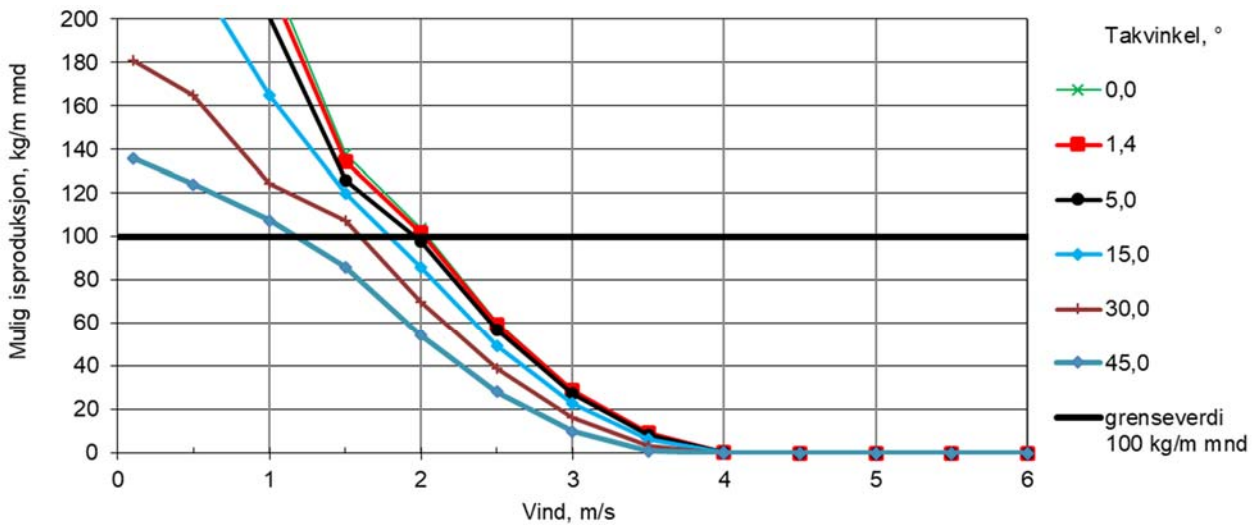


Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 34 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

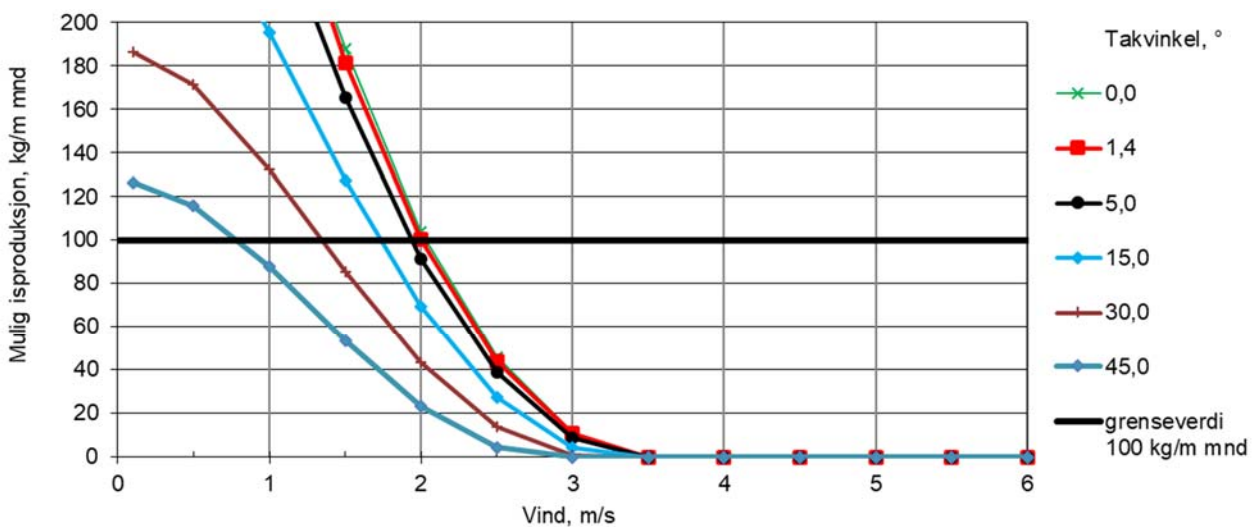


### Vedlegg 4.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 53 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 90 mm, nederste diagram

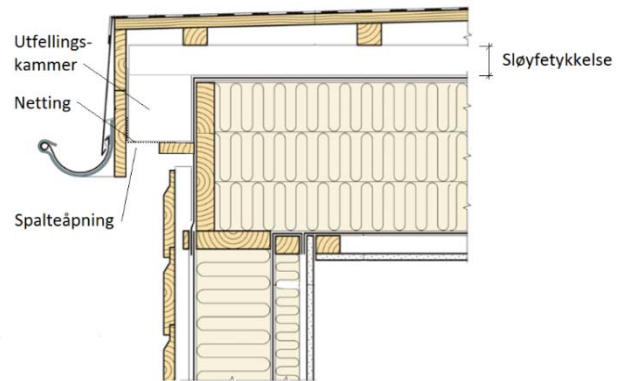


Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 53 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 90 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

**Vedlegg 5.1** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning C** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

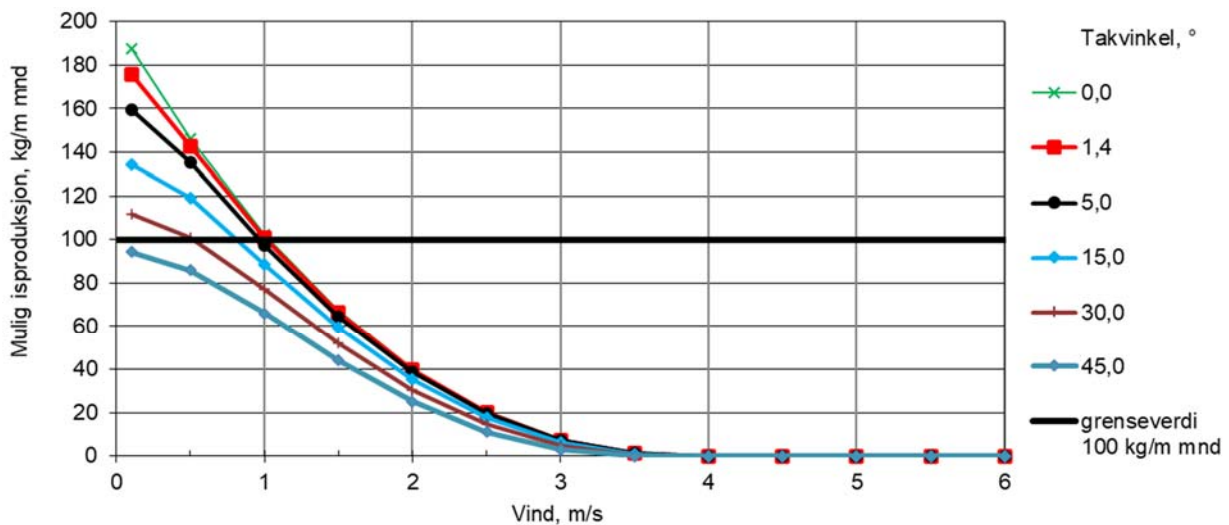


**Vedlegg 5.1 forts. Takløsning C med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av**  
**vindhastighet og takvinkel**

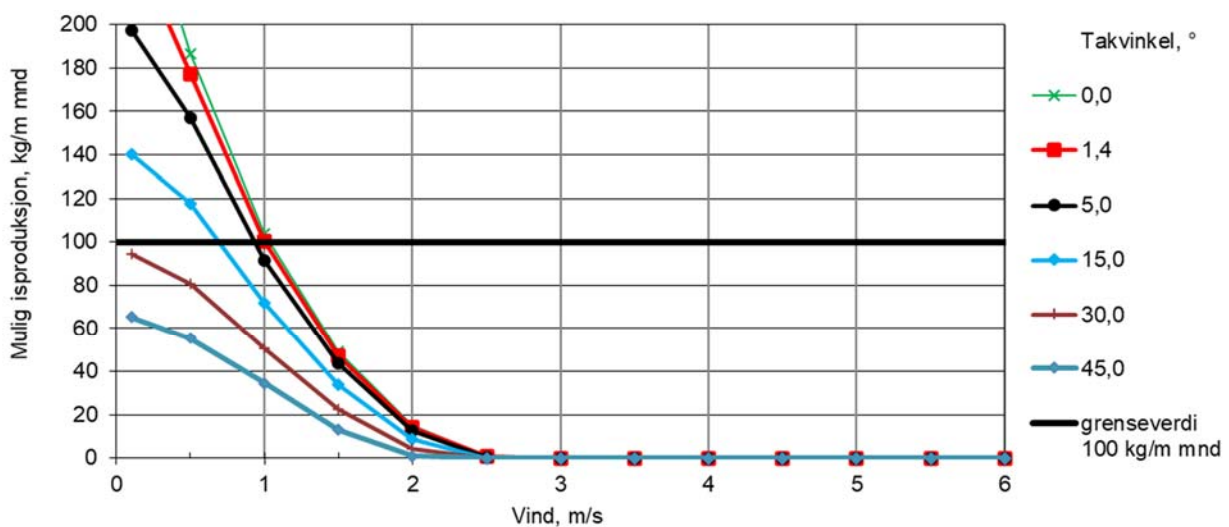
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 33 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 70 mm, nederste diagram

Tak med krysslufting

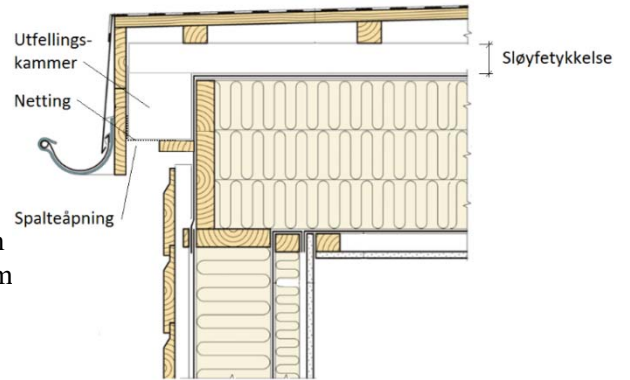
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 33 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

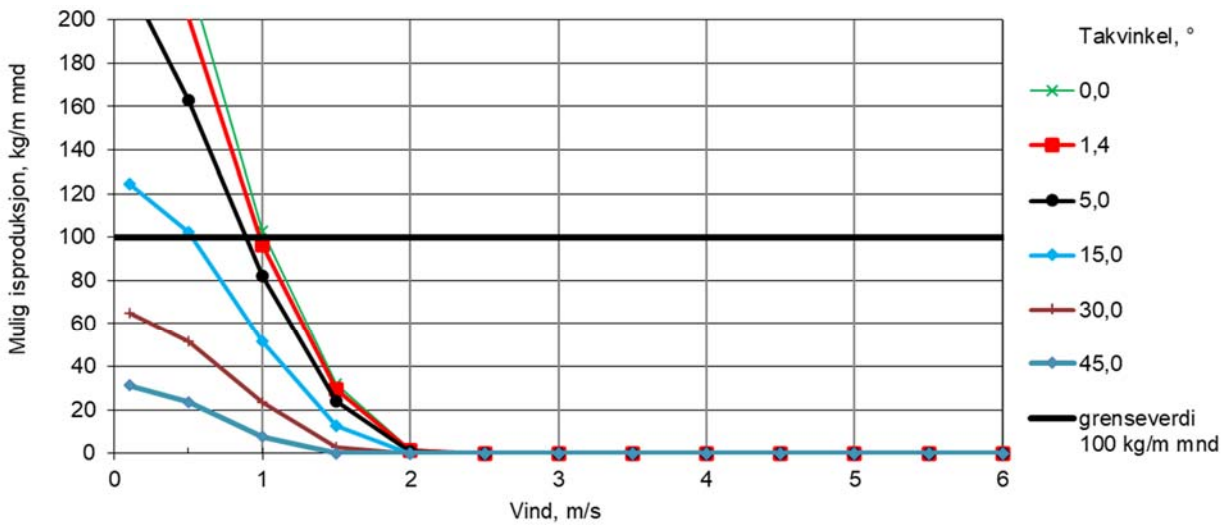


Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 70 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

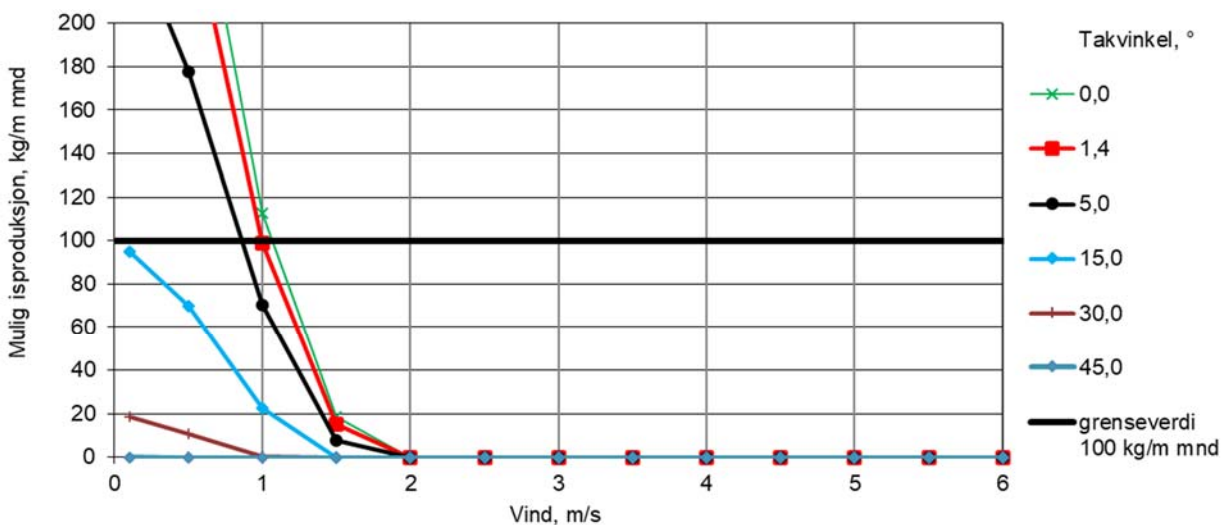


### Vedlegg 5.1 forts. Takløsning C med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 110 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 184 mm, nederste diagram



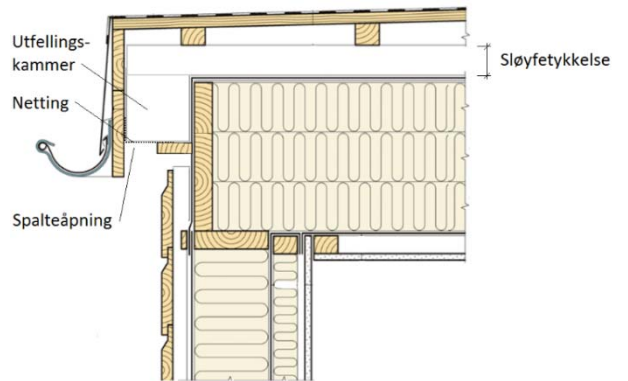
Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 110 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 184 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 5.2** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **vindhastighet og takvinkel** for **takløsning C** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser ved dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m



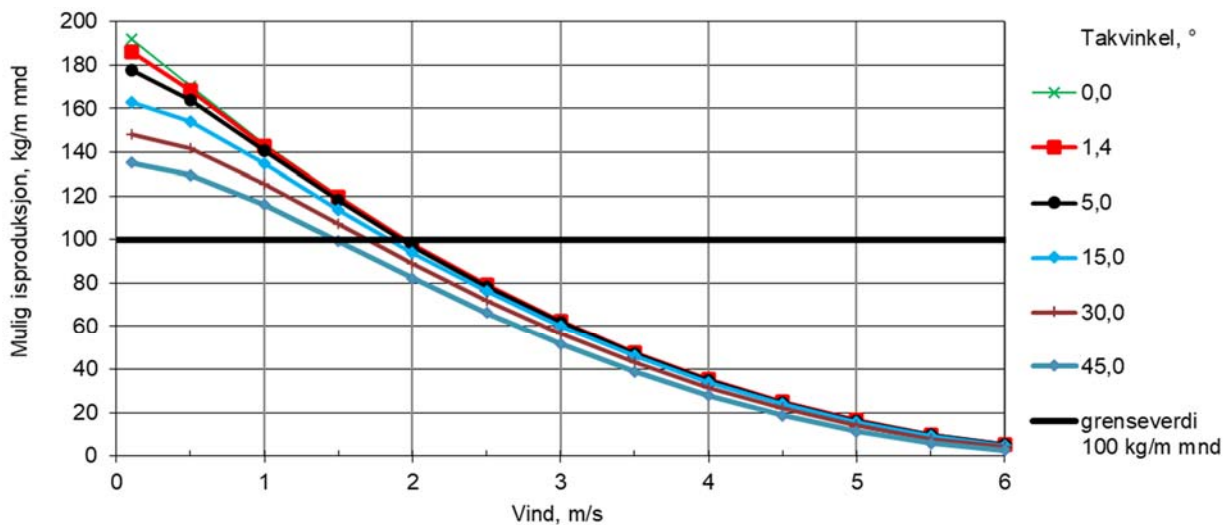


**Vedlegg 5.2 forts. Takløsning C med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av**  
**vindhastighet og takvinkel**

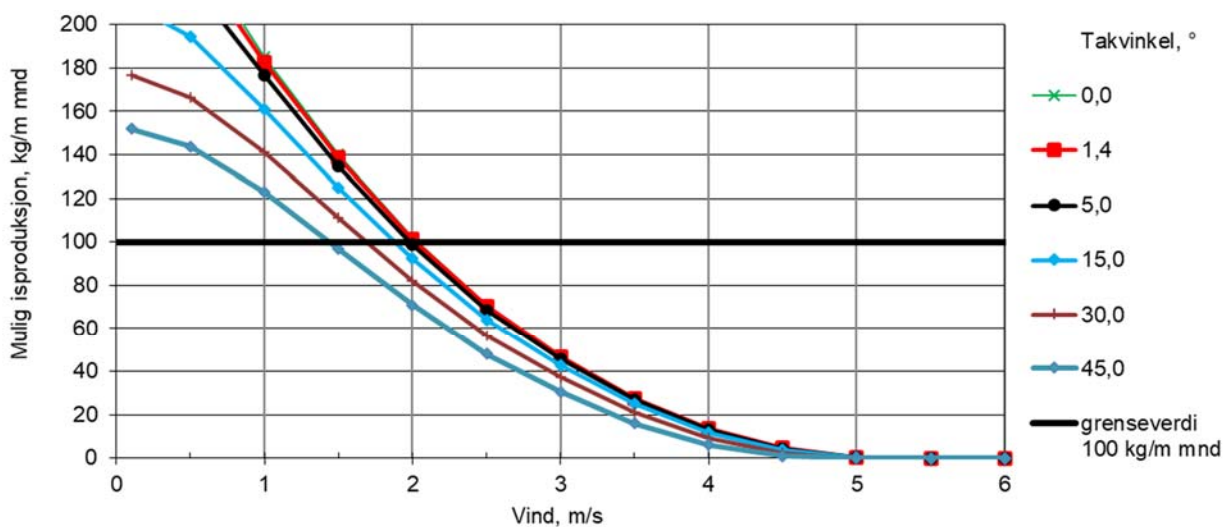
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 19 mm, øverste diagram  
 og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 40 mm, nederste diagram

Tak med kryssløfting

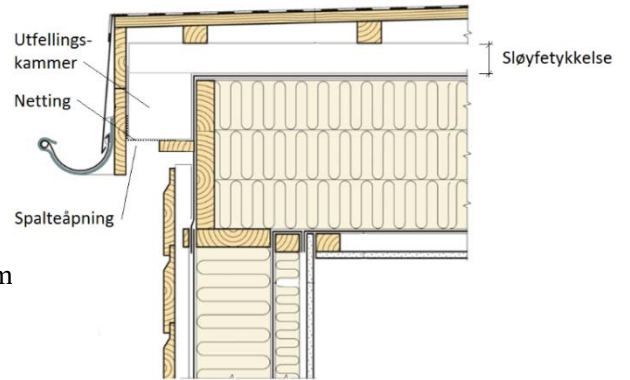
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 19 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

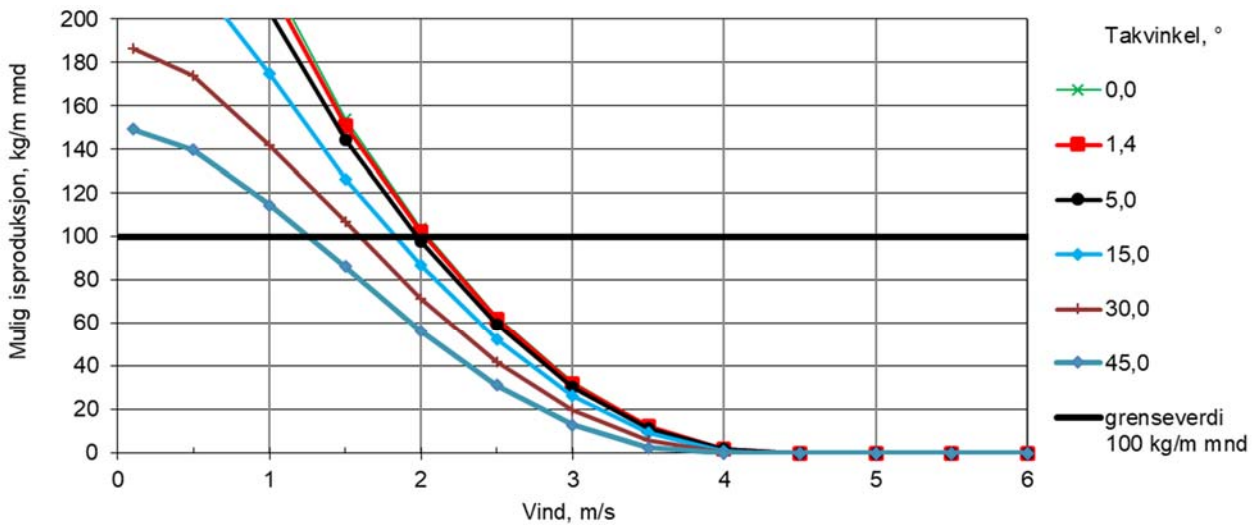


Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 40 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsending utløp: 90 °,

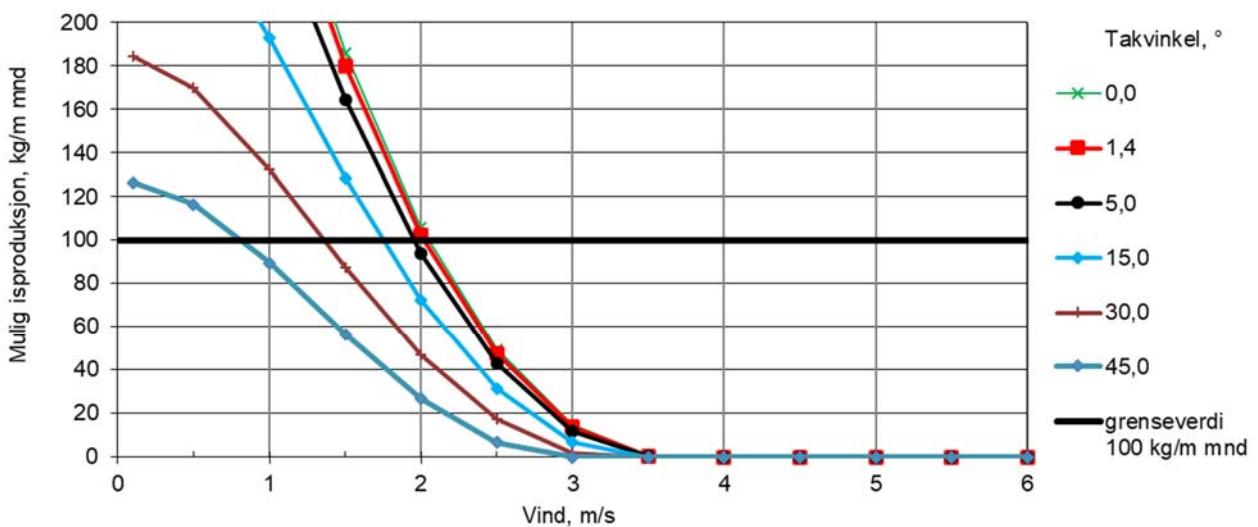


### Vedlegg 5.2 forts. Takløsning C med 300 mm isolasjon

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 63 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 110 mm, nederste diagram



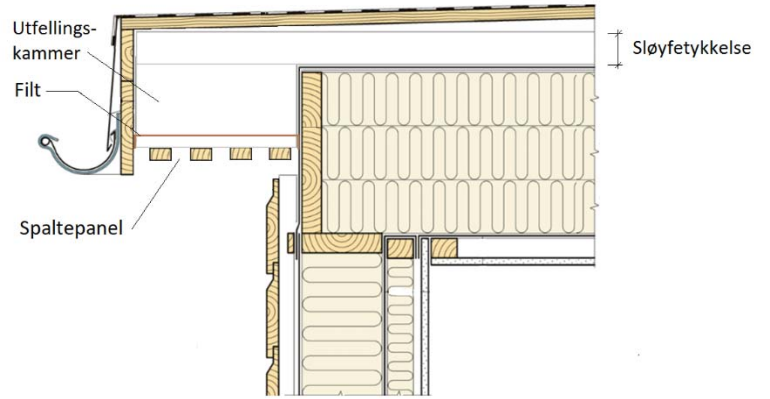
Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 63 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 110 mm, lektetykkelse: 48 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, netting med åpningsareal: 60 %, retningsendring utløp: 90 °,

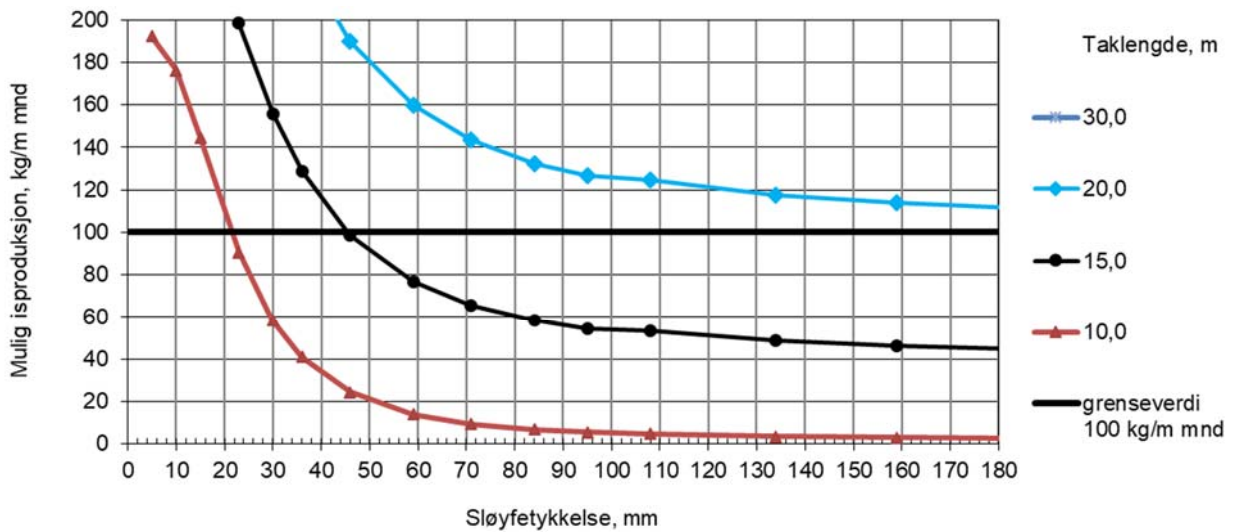
**Vedlegg 6** Diagrammer som viser hvordan **beregnet snøsmelting** og mulig isproduksjon varierer med **sløyfetykkelsen for tak med raftekasse med filt** for isolasjonstykkelsene 300mm og 400 mm for noen taklengder.

Filt med luftgjennomgangstall  $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa}$  og areal  $0,5 \text{ m}^2$  pr løpemeter raft,  
Ved beregningene er det forutsatt en vindhastighet på  $2 \text{ m/s}$ .

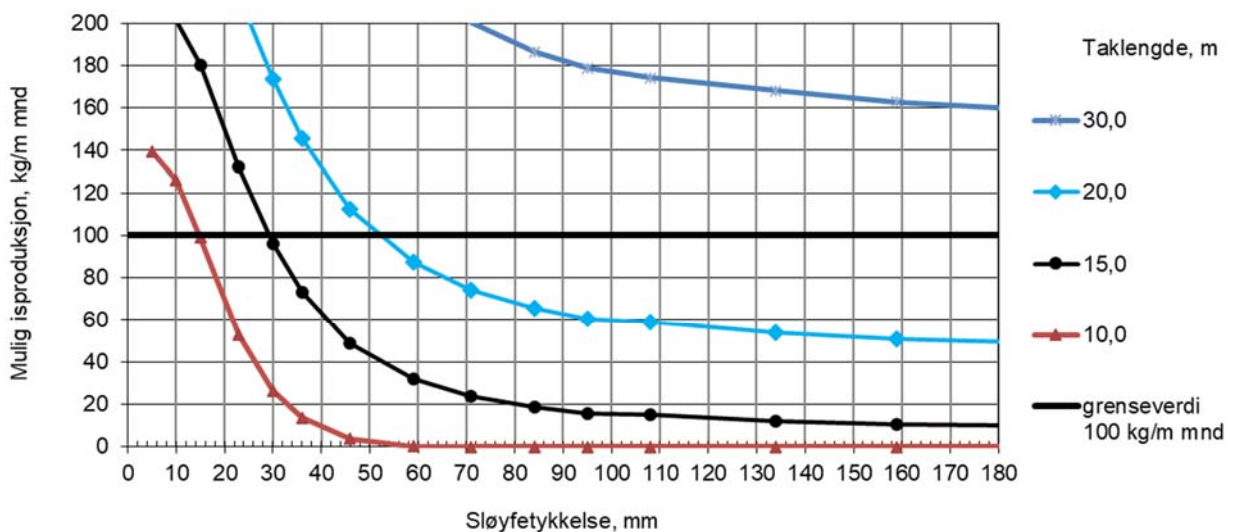


**Vedlegg 6 forts. Takløsning A**  
 med raftekasse og filt  
**Beregnet mulig isproduksjon avhengig av**  
 sløyfetykkelsen og taklengden  
 for tak med 300 mm isolasjon øverste diagram  
 og tak med 400 mm isolasjon nederste diagram

Ved beregningene er det forutsatt en vindhastighet på 2 m/s, filt med bredde 0,5 m og luftgjennomgangstall (lgt) 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> h Pa. Samlet areal av spalteåpningene i raftekassen > sløyfetykkelsen



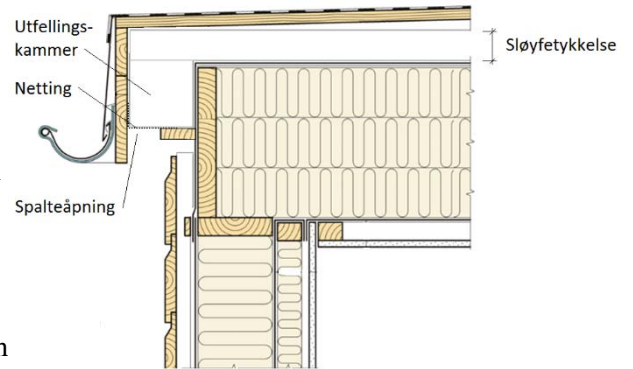
Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, vind: 2 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, leker på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, filtareal: 0,5 m<sup>2</sup>/m, lgt: 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>hPa



Snø: 0,5 m, utetemp.: -1 °C, vind: 2 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 400 mm, takvinkel: 1,4°, leker på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfetykkelsen, filtareal: 0,5 m<sup>2</sup>/m, lgt: 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>hPa

**Vedlegg 7.1** Diagrammer som viser hvordan **beregnet uttørkingskapasitet** for luftespalten varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser fra Tabell 1 for dimensjonerende **vindhastighet 1 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

Diagrammene viser beregnet uttørkingskapasitet når det er snø på taket, relativ luftfuktighet i uteluften er 80 % og luften som strømmer ut av luftespalten har en temperatur på 0 °C og RF lik 90 %.

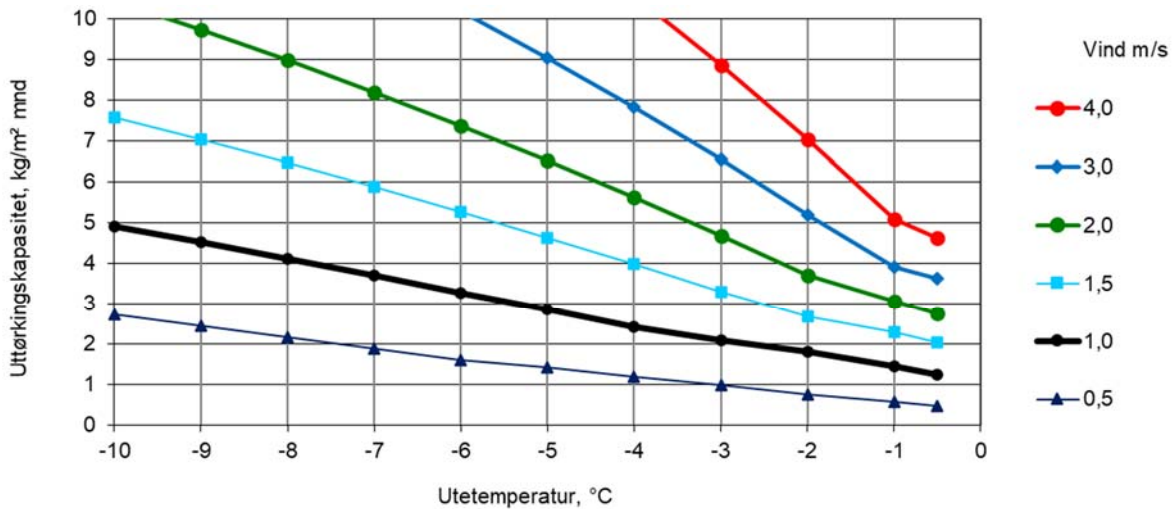


### Vedlegg 7.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon Beregnet uttørkingskapasitet avhengig av utetemperatur og vindhastighet

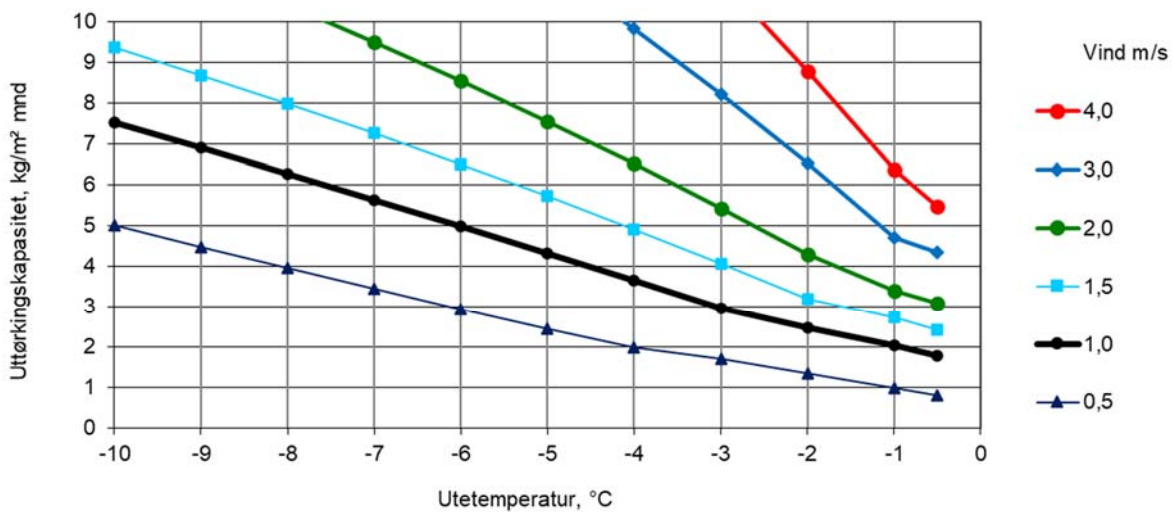
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 33 mm, øverste diagram  
og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 58 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

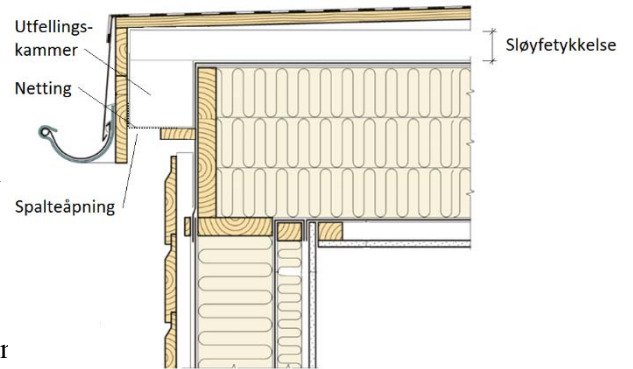
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 33 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,



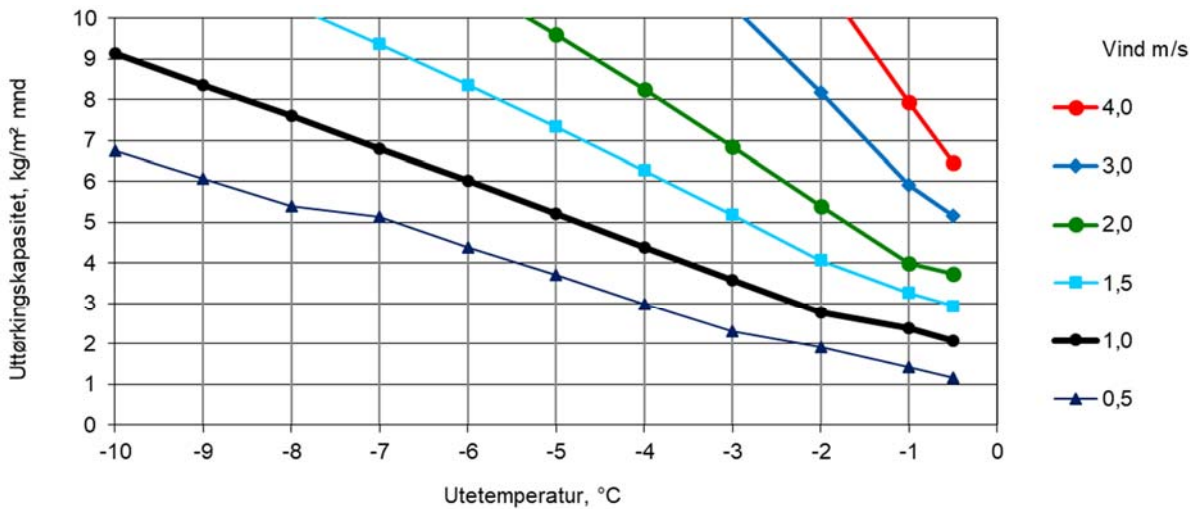
RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 58 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,



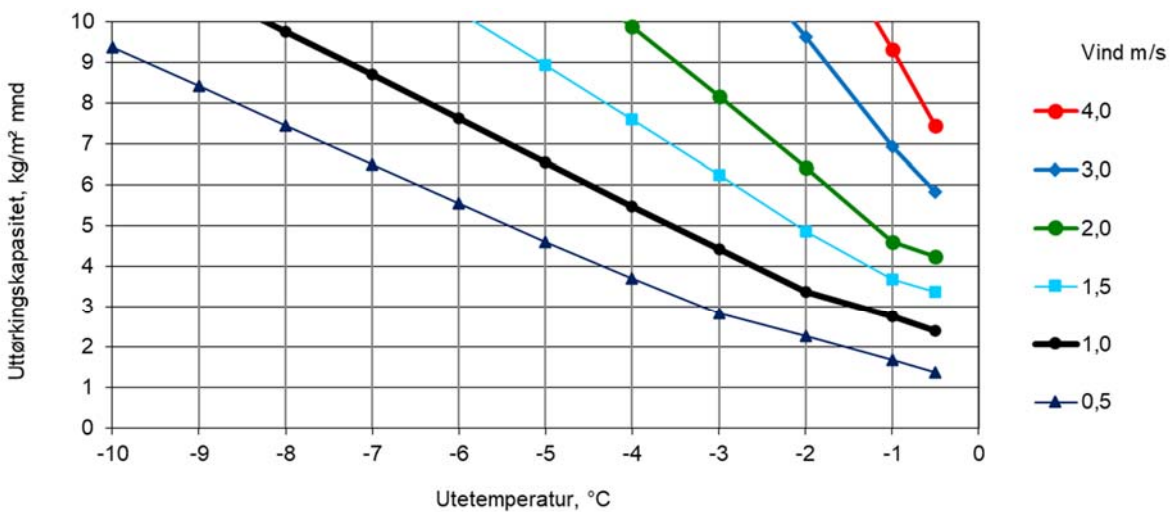
**Vedlegg 7.1 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**  
**Beregnet uttørkingskapasitet avhengig av**  
**utetemperatur og vindhastighet**

for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 92 mm, øverste diagram  
 og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 156 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting  
 Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
 taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 92 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
 sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,

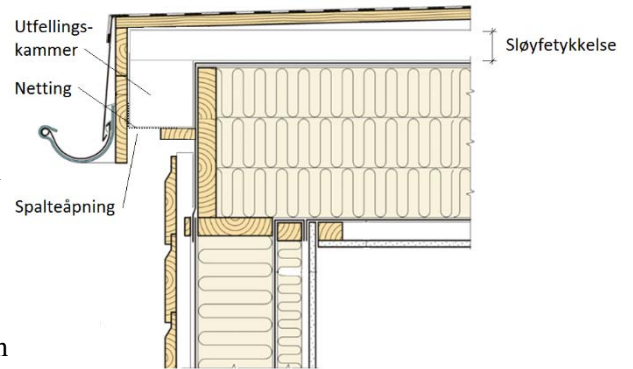


RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
 taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 156 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
 sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 7.2** Diagrammer som viser hvordan **beregnet uttørkingskapasitet** for luftespalten varierer med **utetemperatur og vindhastighet** for **takløsning A** med 300 mm isolasjon og anbefalte sløyfetykkelser fra Tabell 2 for dimensjonerende **vindhastighet 2 m/s** for taklengdene 10, 15, 20 og 30 m

Diagrammene viser beregnet uttørkingskapasitet når det er snø på taket, relativ luftfuktighet i uteluften er 80 % og luften som strømmer ut av luftespalten har en temperatur på 0 °C og RF lik 90 %.



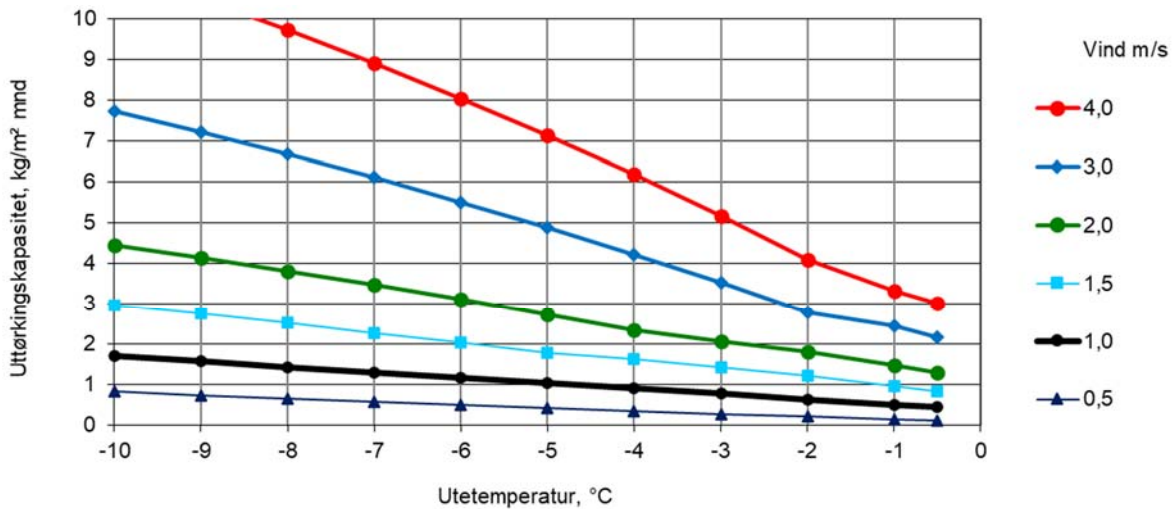


### Vedlegg 7.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon Beregnet uttørkingskapasitet avhengig av utetemperatur og vindhastighet

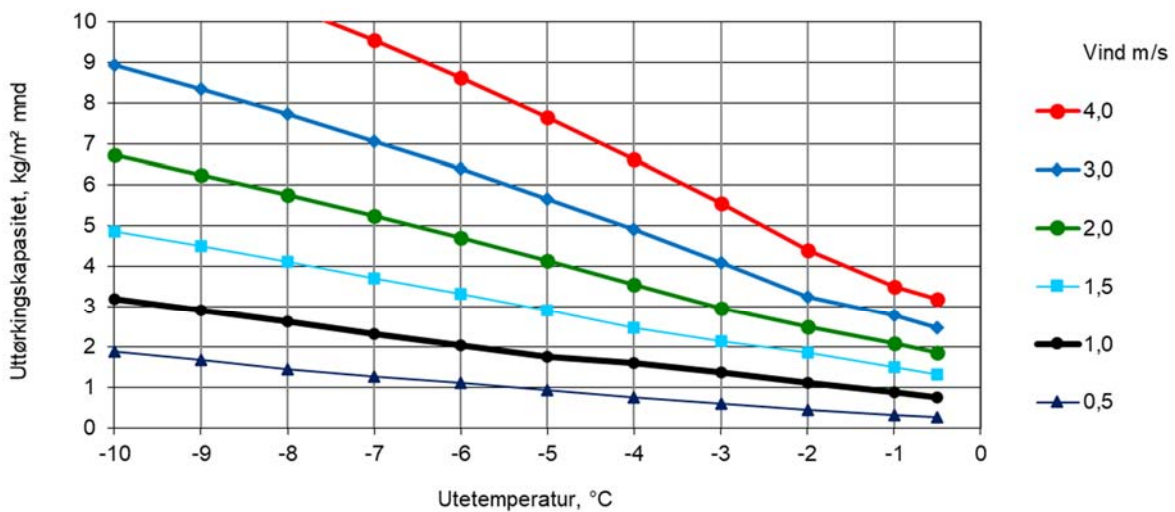
for taklengde 10 m og sløyfetykkelse 20 mm, øverste diagram  
og taklengde 15 m og sløyfetykkelse 34 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

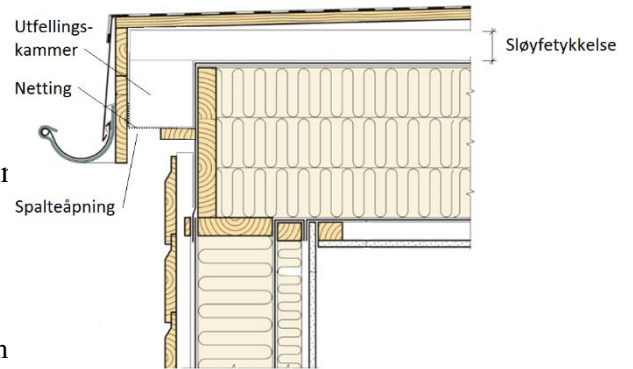
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 10 m, sløyfetykkelse: 20 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsending utløp: 90 °,



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 15 m, sløyfetykkelse: 34 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsending utløp: 90 °,

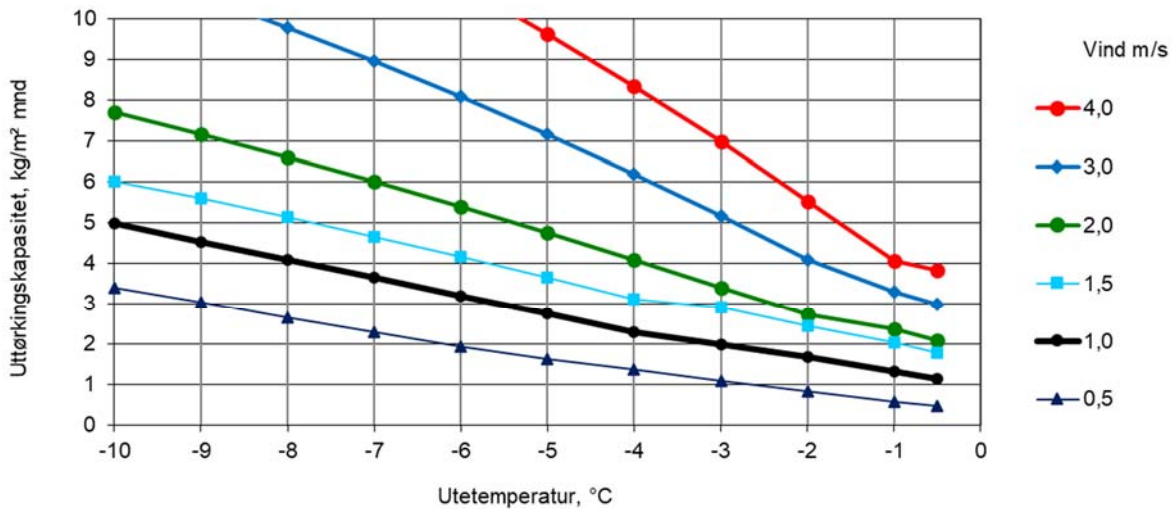


**Vedlegg 7.2 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon  
Beregnet uttørkingskapasitet avhengig av  
utetemperatur og vindhastighet**

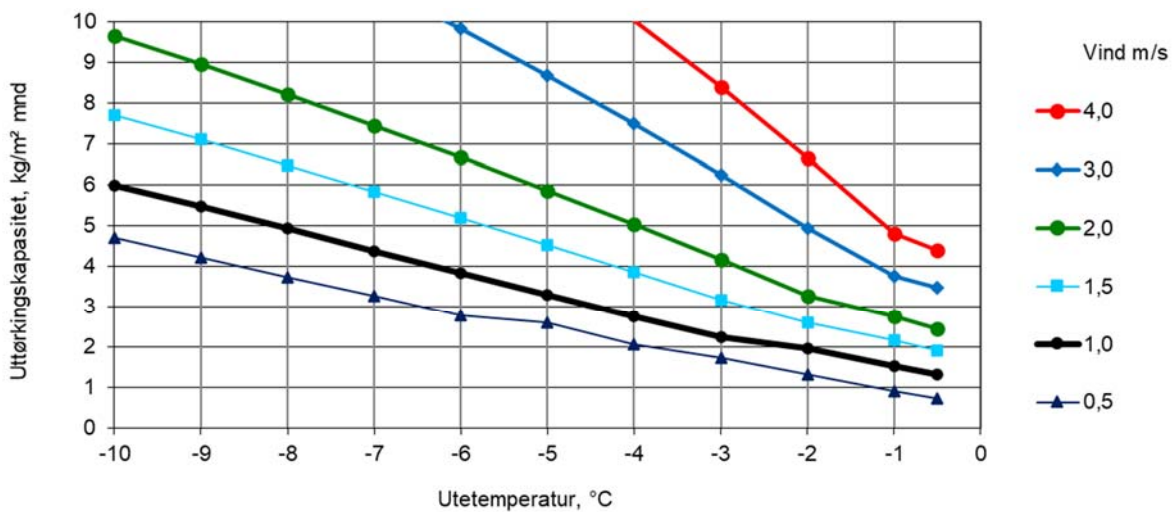
for taklengde 20 m og sløyfetykkelse 53 mm, øverste diagram  
og taklengde 30 m og sløyfetykkelse 90 mm, nederste diagram

Tak uten krysslufting

Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



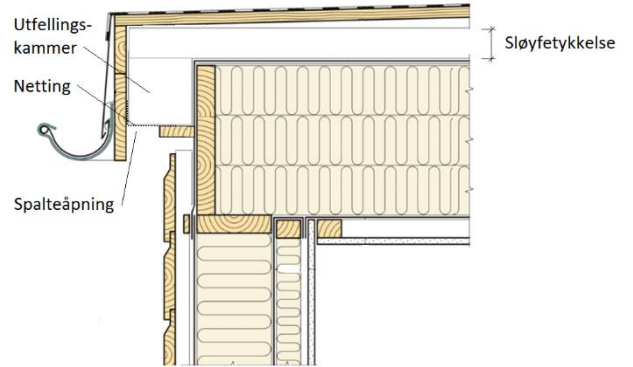
RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 20 m, sløyfetykkelse: 53 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,5 m, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°,  
taklengde: 30 m, sløyfetykkelse: 90 mm, lektetykkelse: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av  
sløyfetykkelsen, retningsendring utløp: 90 °,

**Vedlegg 7.3** Diagrammer som viser hvordan **beregnet uttørkingskapasitet** for luftespalten varierer med Sløyfetykkelsen og taklengden for takløsningene A og B med 300 mm isolasjon ved dimensjonerende vindhastighet 1 og 2 m/s

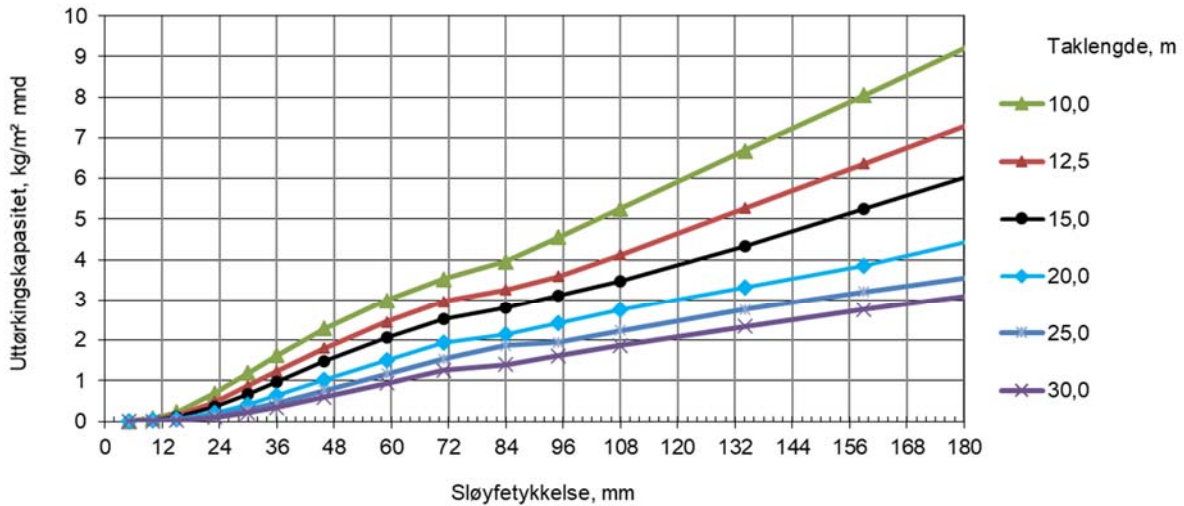
Diagrammene viser beregnet uttørkingskapasitet når det er noe snø på taket, uteluften har en temperatur på  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  og RF er lik 80 %. Luften som strømmer ut av luftespalten er forutsatt å ha en temperatur på  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  og RF lik 90 %.



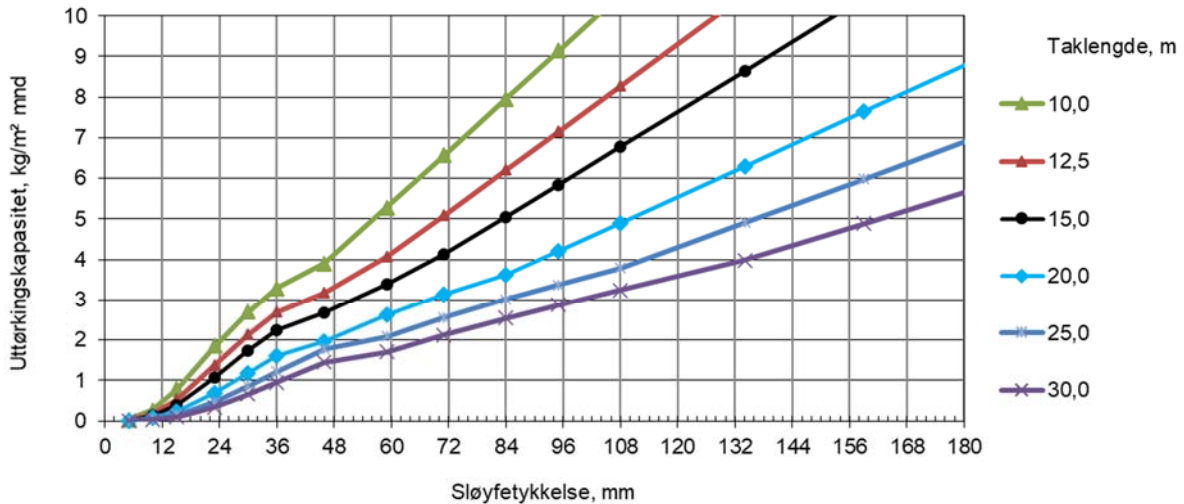
**Vedlegg 7.3 forts. Takløsning A med 300 mm isolasjon**

Ved dimensjonerende vindhastighet 1 m/s, øverste diagram  
og 2 m/s, nederste diagram

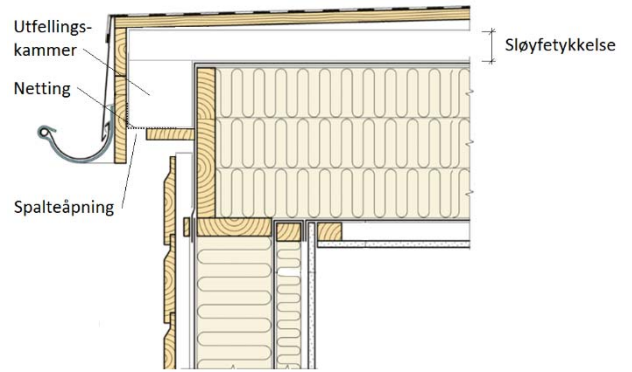
Tak uten krysslufting  
Full spalteåpning ved inn- og utløp, 100 % av sløyfetykkelsen



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,2 m, utetemp.: -1 °C, vind: 1 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, lektur på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfehøyden, netting med åpningsareal: 60 %



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,2 m, utetemp.: -1 °C, vind: 2 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, lektur på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 100 % av sløyfehøyden, netting med åpningsareal: 60 %

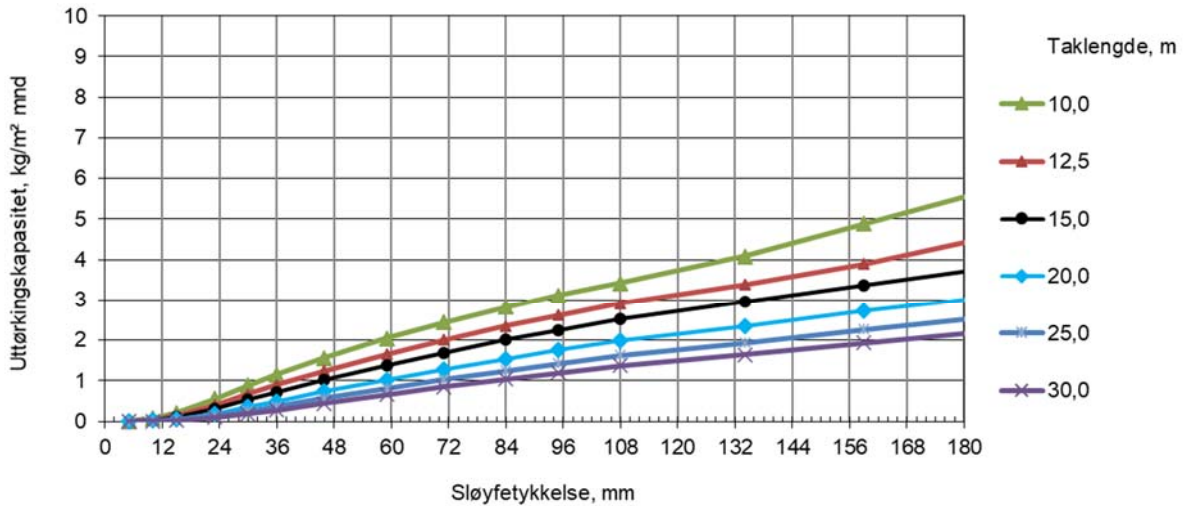


### Vedlegg 7.3 forts. Takløsning B med 300 mm isolasjon

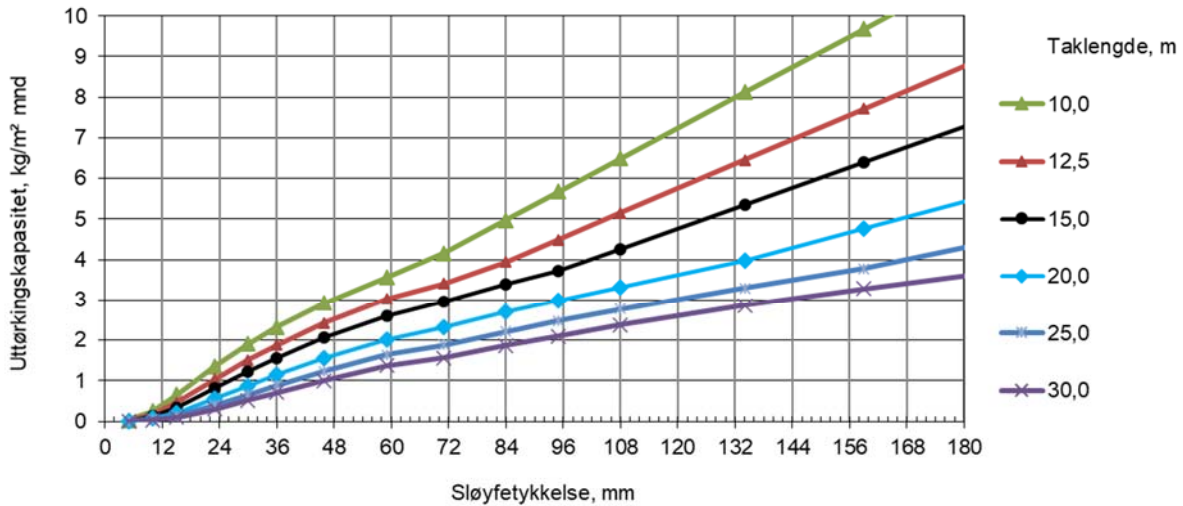
Ved dimensjonerende vindhastighet 1 m/s, øverste diagram  
og 2 m/s, nederste diagram

Tak uten krysslufting

Halv spalteåpning ved inn- og utløp, 50 % av sløyfetykkelsen



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,2 m, utetemp.: -1 °C, vind: 1 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, lekter på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 50 % av sløyfehøyden, netting med åpningsareal: 60 %,



RF innløp: 80%, RF utløp: 90 %, Snø: 0,2 m, utetemp.: -1 °C, vind: 2 m/s, ci-ce: 0,5, isolasjon: 300 mm, takvinkel: 1,4°, lekter på tvers: 0 mm, spalteåpninger: 50 % av sløyfehøyden, netting med åpningsareal: 60 %,

## Vedlegg 8 Underlag for Tabell V1.A og diagram i figur V1.A i Vedlegg 1 for takløsning A ved dimensjonerende vindhastighet 1 m/s

Diagrammene i dette vedlegget viser beregnet snøsmelting og mulig isproduksjon på det kalde takutstikket ved en midlere vindhastighet på **1 m/s** og en utelufttemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Så lenge det er minusgrader ute kan smeltevannet i teorien fryse til is på det kalde takutstikket og i takrenner og nedløpsrør. I diagrammene har vi derfor brukt benevnelsen "Mulig isproduksjon" med enheten kg/m mnd. (kg is/smeltevann per løpemeter tak (takrenne) per måned)

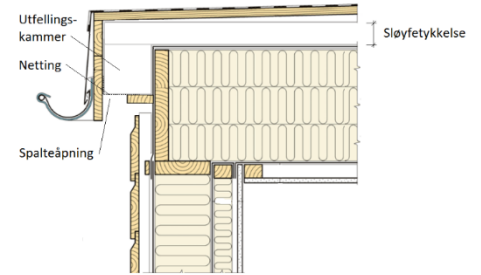
Diagrammene V1.1 – V1.6 viser mulig isproduksjon for takløsning A som funksjon av sløyfetykkelse for et utvalg av taklengder og isolasjonstykkelser. Med taklengde menes takets utstrekning i strømningsretningen, dvs. avstand mellom luftespalteåpningene for inn- og utløp. De viktigste inngangsverdiene for beregningene står nederst i hvert diagram.

Resultatene fra diagrammene V1.1 – V1.6 danner grunnlaget for sløyfetykkelsene vist i diagram V1.A og tabell V1.A i Vedlegg 1.

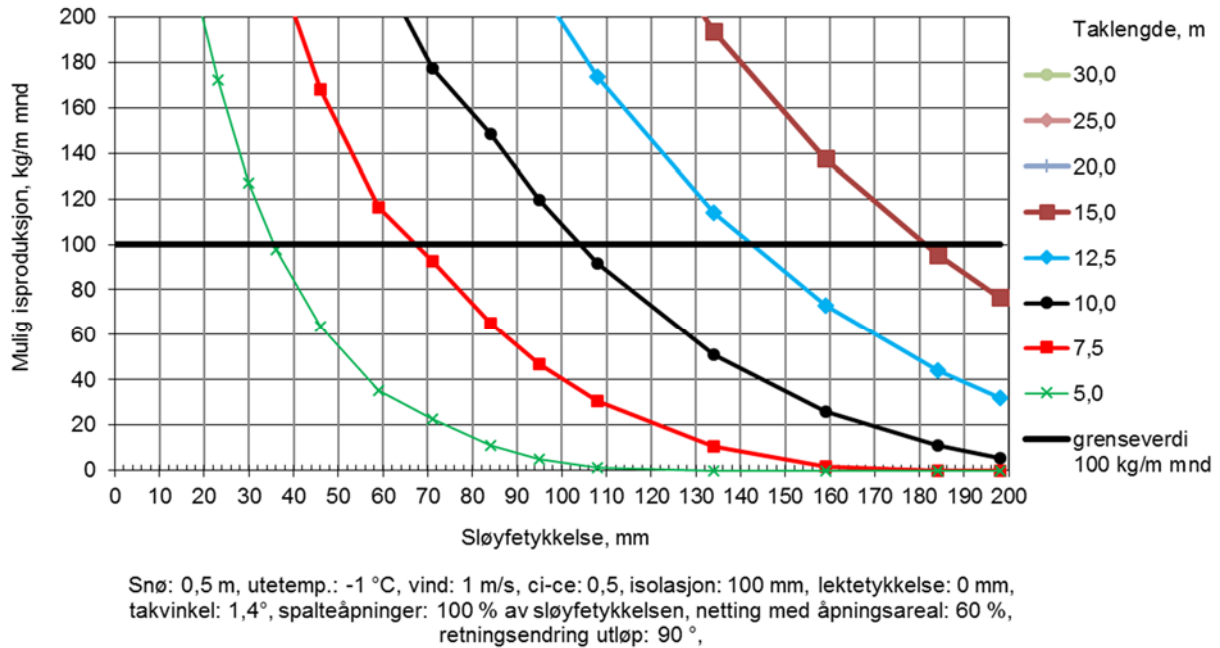
Tilsvarende diagrammer med beregningsresultater er lagt til grunn for tabellene og diagrammene for de andre takløsningene, B, C og D, i Vedlegg 1.

Tabell V 1 Diagramoversikt

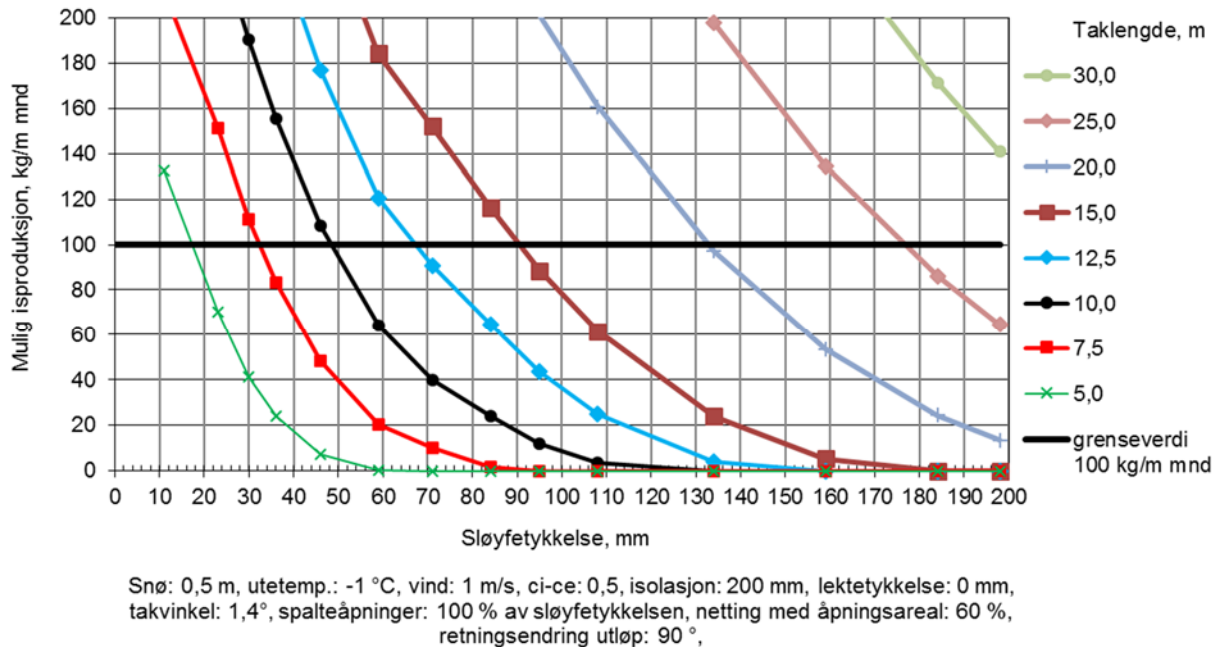
Figur nr.	Figurene viser	Takløsning	Vindhastighet m/s	Isolasjonstykkelse mm
V1.1	Mulig isproduksjon	A	1,0	100
V1.2	Mulig isproduksjon	A	1,0	200
V1.3	Mulig isproduksjon	A	1,0	300
V1.4	Mulig isproduksjon	A	1,0	400
V1.5	Mulig isproduksjon	A	1,0	500
V1.6	Mulig isproduksjon	A	1,0	600



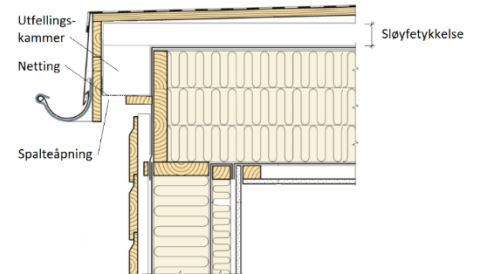
**Vedlegg 8 forts. Takløsning A, vindhastighet 1 m/s**



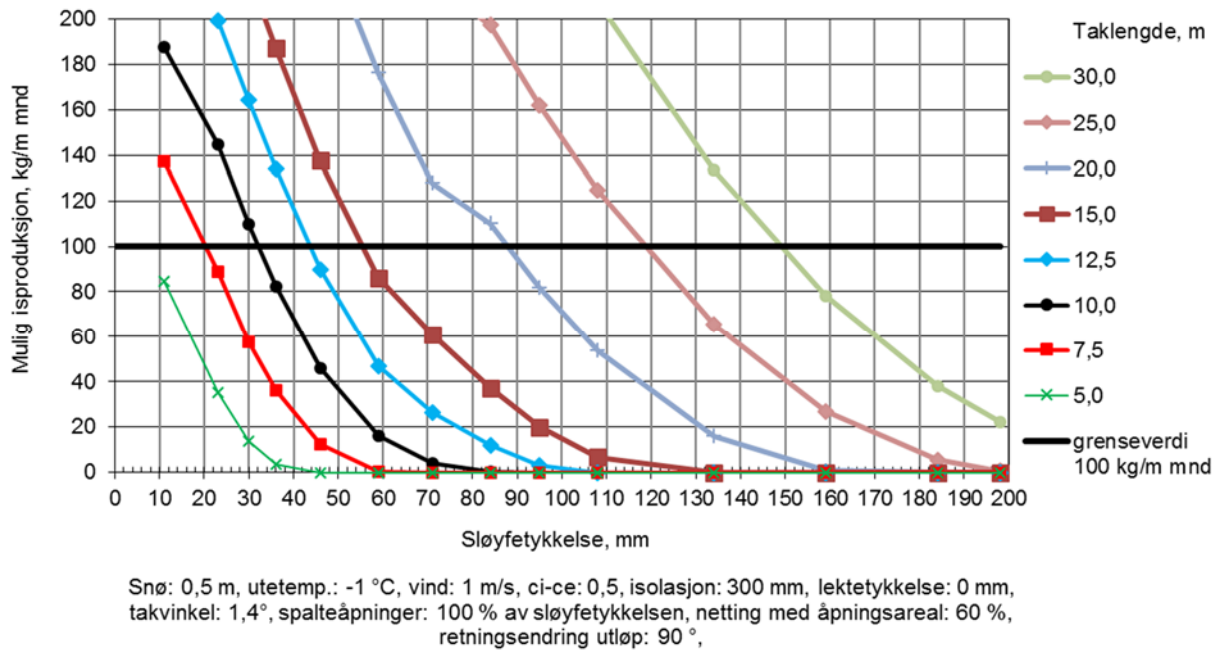
**Figur V1.1 Tak med 100 mm isolasjon, uten krysslufting, full spalteåpning ved inn- og utløp.** Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



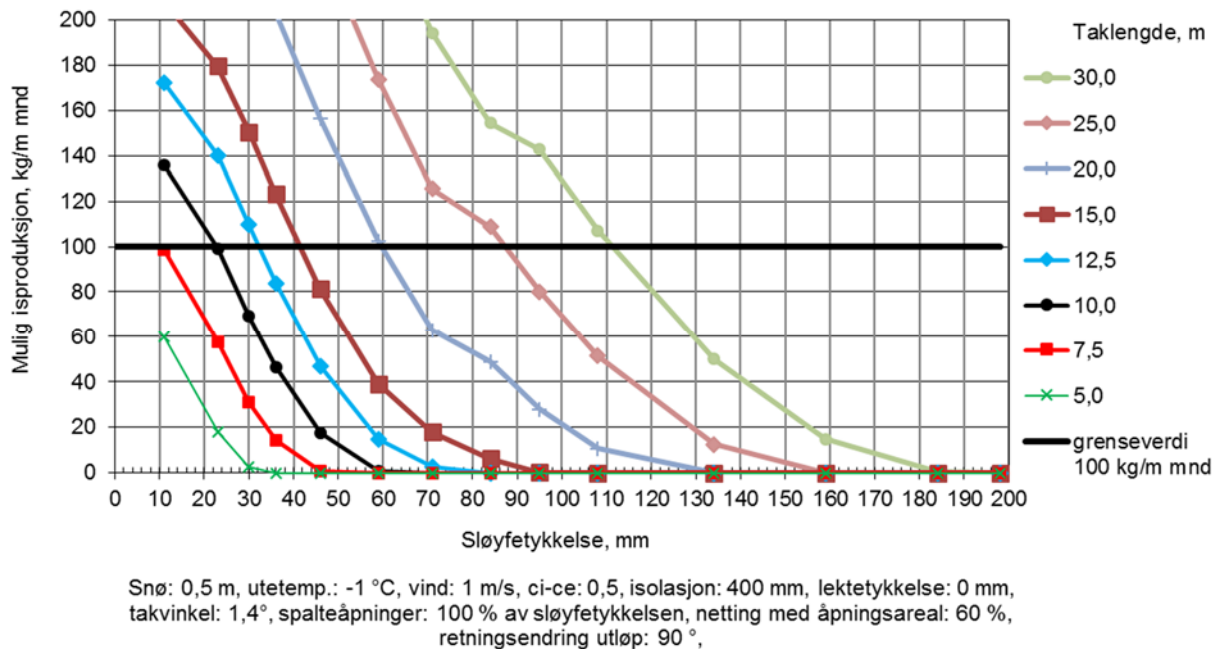
**Figur V1.2 Tak med 200 mm isolasjon, uten krysslufting, full spalteåpning ved inn- og utløp.** Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



Vedlegg 8 forts. Takløsning A, vindhastighet 1 m/s

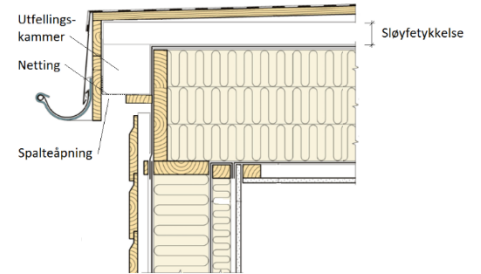


**Figur V1.3** Tak med 300 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).

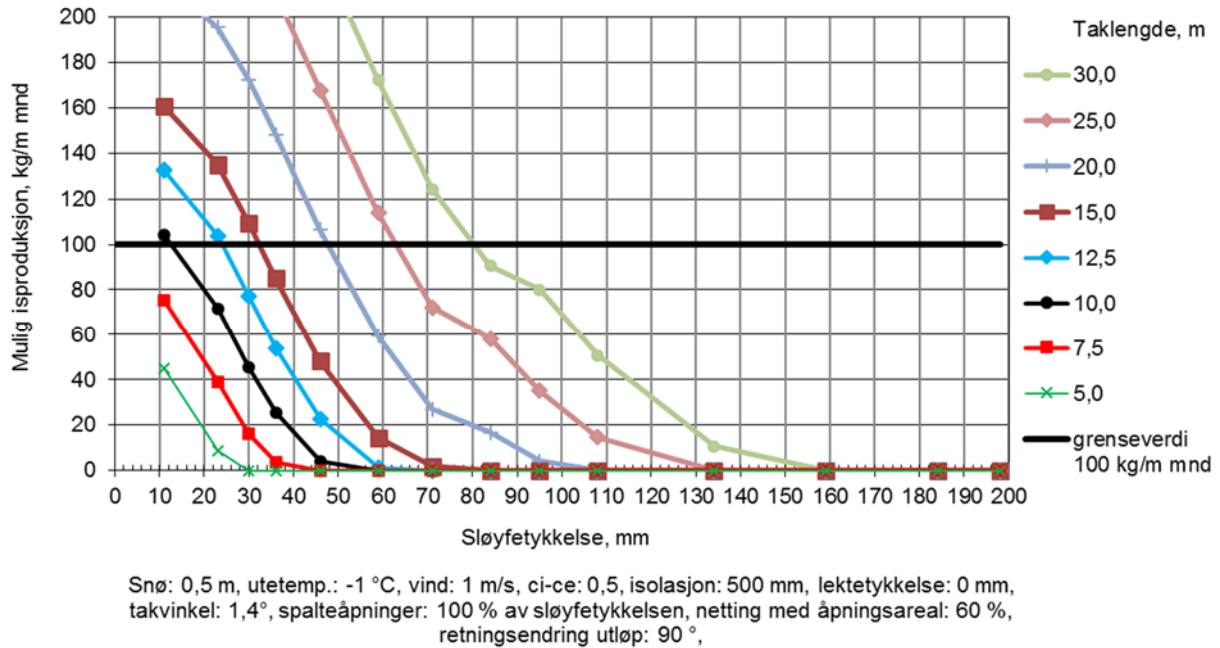


**Figur V1.4** Tak med 400 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).

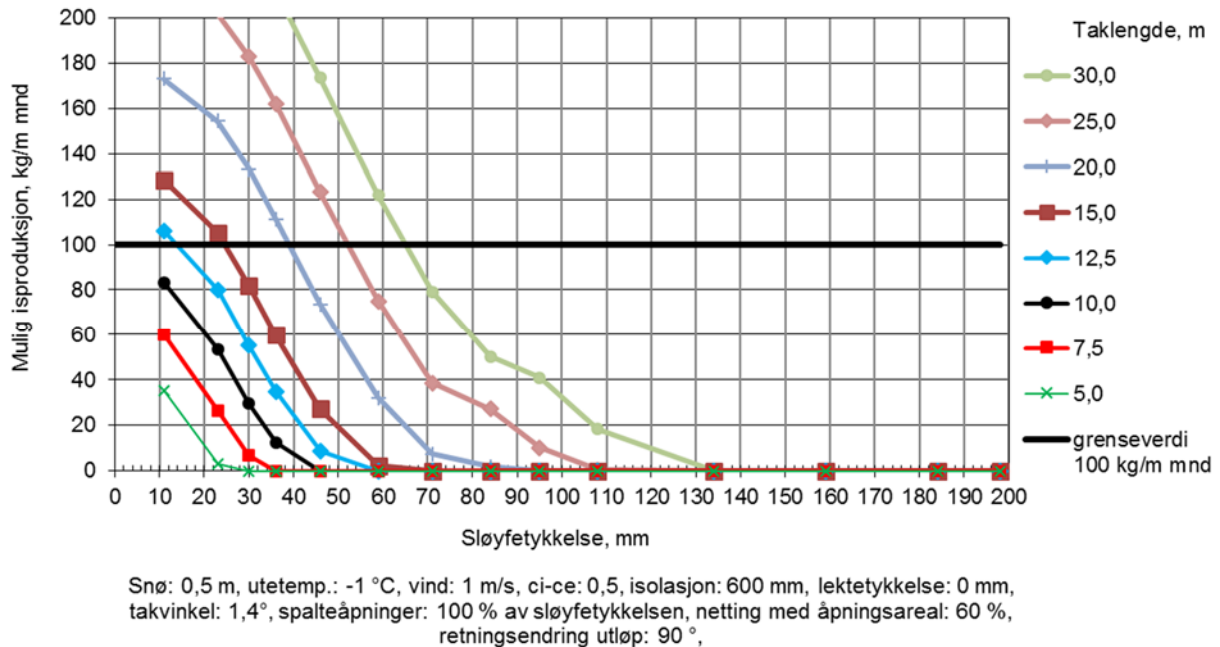




Vedlegg 8 forts. Takløsning A, vindhastighet 1 m/s



Figur V1.5 Tak med 500 mm isolasjon, uten krysslufting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



Figur V1.6 Tak med 600 mm isolasjon, uten krysslufting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).

## Vedlegg 9 Underlag for Tabell V2.A og diagram i figur V2.A i Vedlegg 2 for takløsning A ved dimensjonerende vindhastighet 2 m/s

Diagrammene i dette vedlegget viser beregnet snøsmelting og mulig isproduksjon på det kalde takutstikket ved en midlere vindhastighet på **2 m/s** og en utelufttemperatur på  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Så lenge det er minusgrader ute kan smeltevannet i teorien fryse til is på det kalde takutstikket og i takrenner og nedløpsrør. I diagrammene har vi derfor brukt benevnelsen "Mulig isproduksjon" med enheten kg/m mnd. (kg is/smeltevann per løpemeter tak (takrenne) per måned)

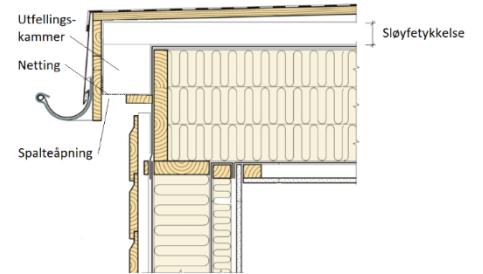
Diagrammene V2.1 – V2.6 viser mulig isproduksjon for takløsning A som funksjon av sløyfetykkelse for et utvalg av taklengder og isolasjonstykkelser. Med taklengde menes takets utstrekning i strømningsretningen, dvs. avstand mellom luftespalteåpningene for inn- og utløp. De viktigste inngangsverdiene for beregningene står nederst i hvert diagram.

Resultatene fra diagrammene V2.1 – V2.6 danner grunnlaget for sløyfetykkelsene vist i diagram V2.A og tabell V2.A i Vedlegg 2.

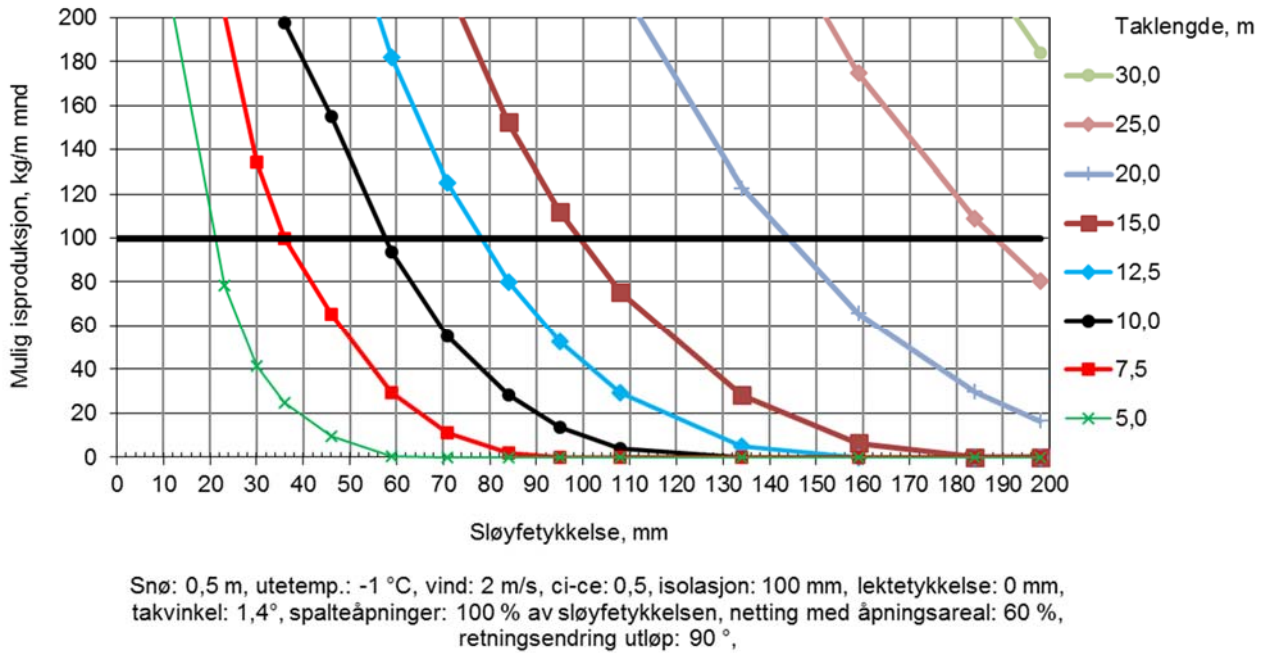
Tilsvarende diagrammer med beregningsresultater er lagt til grunn for tabellene og diagrammene for de andre takløsningene, B, C og D, i Vedlegg 2.

Tabell V 1 Diagramoversikt

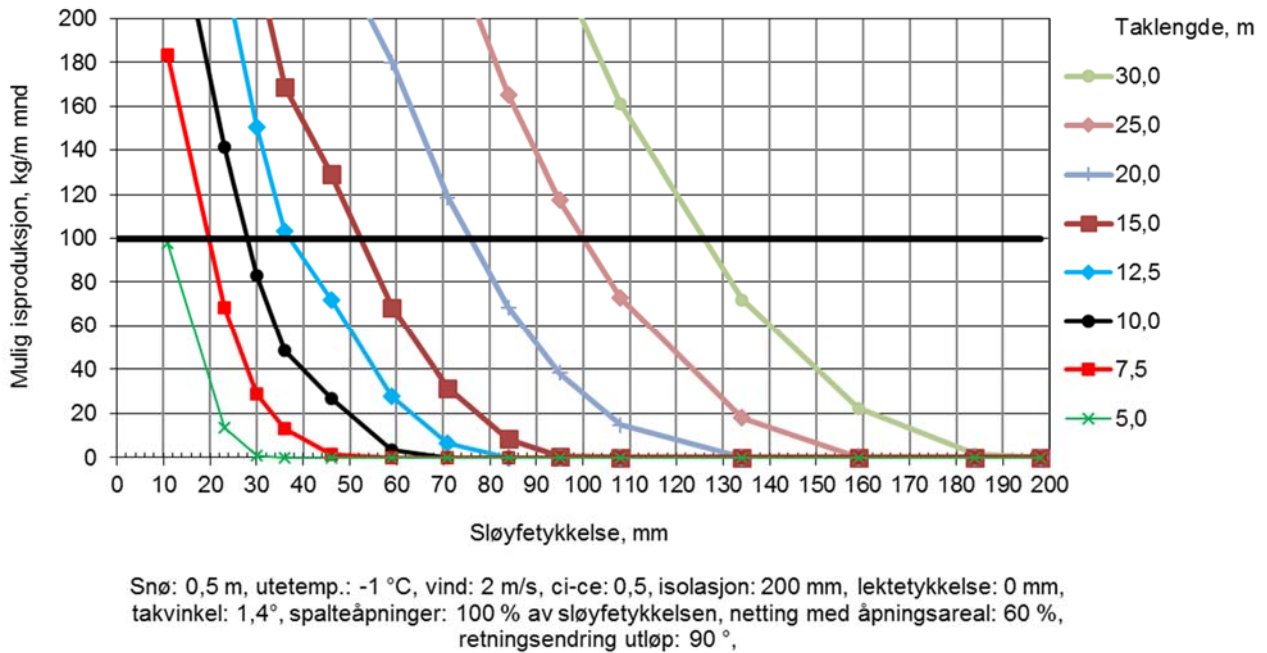
Figur nr.	Figurene viser	Takløsning	Vindhastighet m/s	Isolasjonstykkelse mm
V2.1	Mulig isproduksjon	A	2,0	100
V2.2	Mulig isproduksjon	A	2,0	200
V2.3	Mulig isproduksjon	A	2,0	300
V2.4	Mulig isproduksjon	A	2,0	400
V2.5	Mulig isproduksjon	A	2,0	500
V2.6	Mulig isproduksjon	A	2,0	600



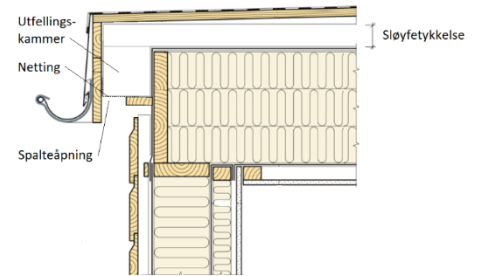
**Vedlegg 9 forts. Takløsning A, vindhastighet 2 m/s**



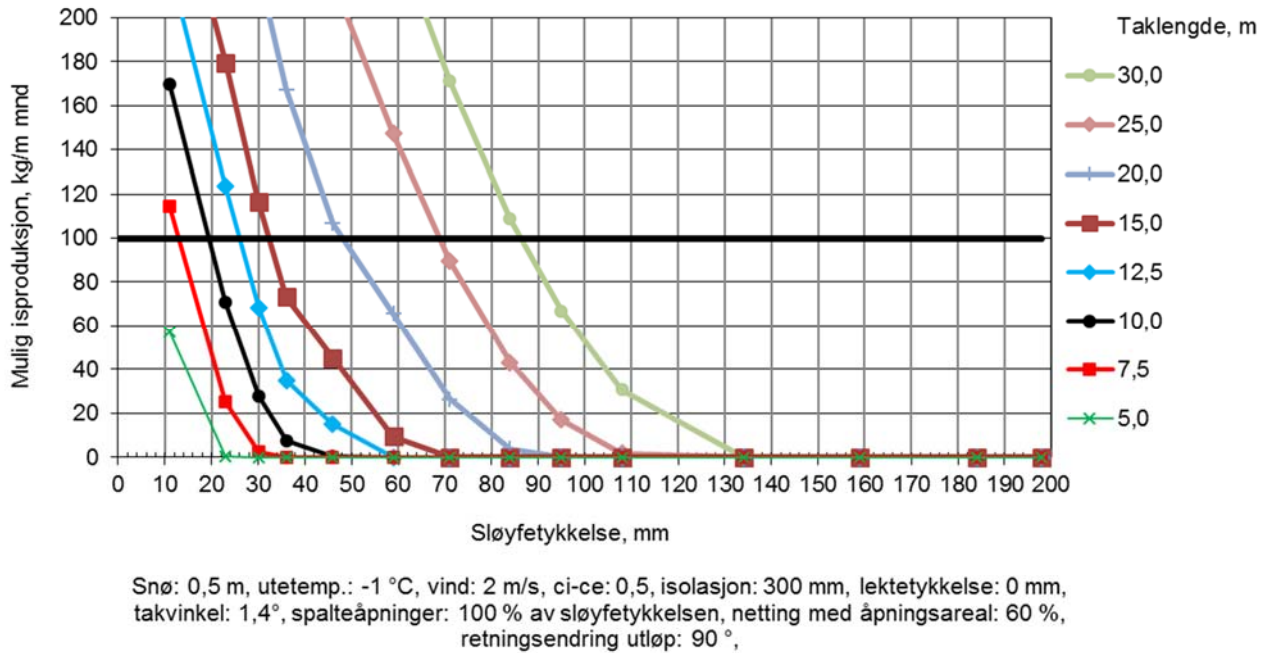
**Figur V2.1 Tak med 100 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp.** Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



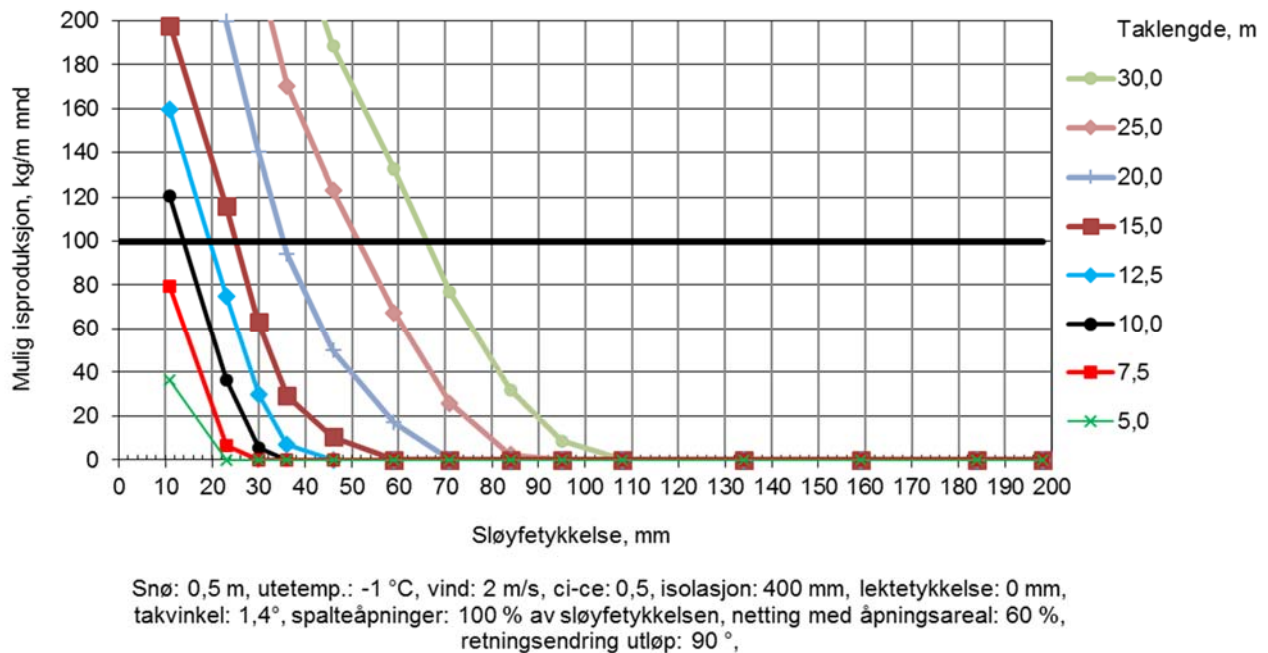
**Figur V2.2 Tak med 200 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp.** Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



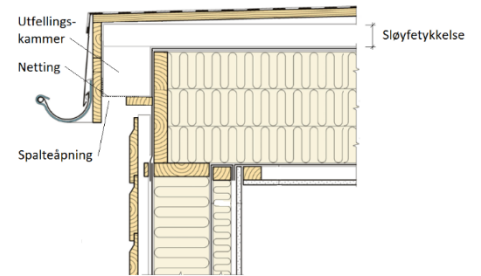
Vedlegg 9 forts. Takløsning A, vindhastighet 2 m/s



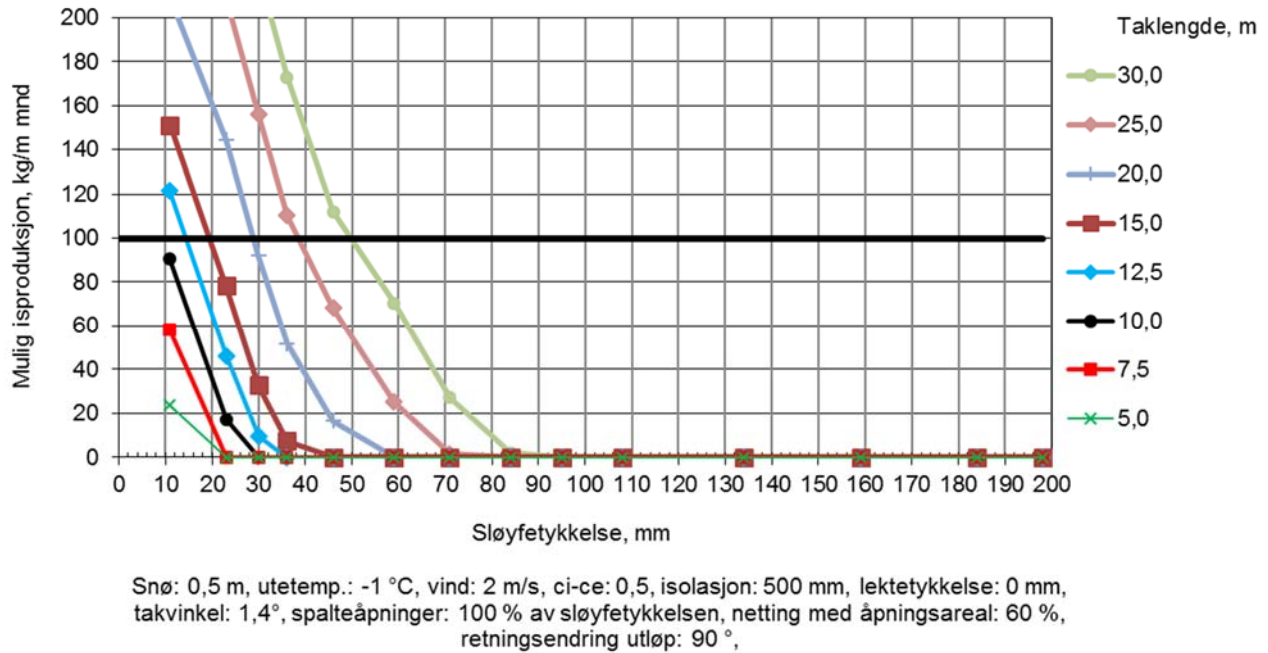
**Figur V2.3** Tak med 300 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



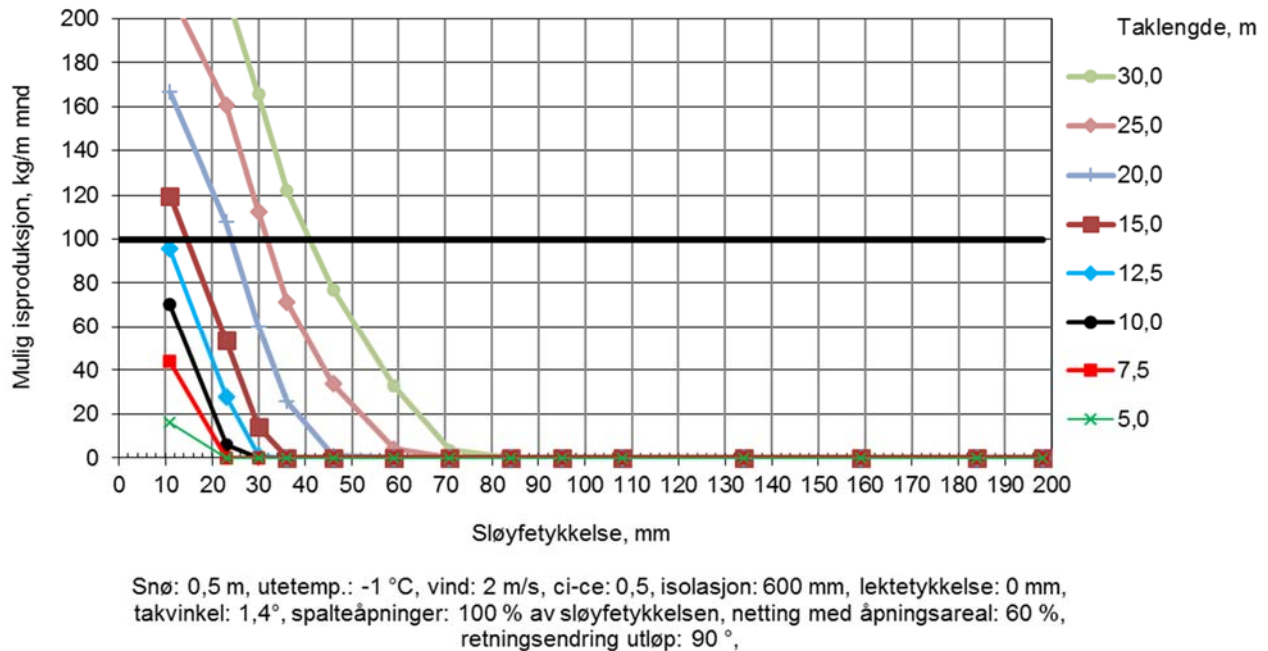
**Figur V2.4** Tak med 400 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



Vedlegg 9 forts. Takløsning A, vindhastighet 2 m/s



**Figur V2.5** Tak med 500 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).



**Figur V2.6** Tak med 600 mm isolasjon, uten kryssløfting, full spalteåpning ved inn- og utløp. Diagrammet viser beregnet mengde smeltevann og mulig isdannelse ved takkanten avhengig av sløyfetykkelsen for alternative takstørrelser (strømningslengder).

## Vedlegg 10 Beregningsmodell

### Snøsmelting

For at det skal bli snøsmelting på et tak og isoppbygging på et uisolert takutstikk, må det være kuldegrader ute, temperatur litt over 0 °C på deler av taktekningen og overskuddsvarme til å smelte snø.

Når det er kuldegrader ute og snø på taket vil uteluften som strømmer inn i luftespalten mellom isolasjonen og taktekningen bli oppvarmet. Hvis uteluften ikke er for kald og luftgjennomstrømningen ikke er for stor, vil lufttemperaturen øke til litt over 0 °C når luften har passert en del av taket, seksjon 1 i figur V10.1.

Utstrekningen av oppvarmingsseksjonen, seksjon 1 på taket beregnes ved en forenklet varmemalanseregning. Vi regner litt forenklet at lufttemperaturen øker jevnt fra utelufttemperatur, der luften strømmer inn i spalten over den isolerte delen av taket, til 0 °C i løpet av seksjon 1. Lengden, i strømningsretningen, av denne oppvarmingsseksjonen beregnes ut fra følgende uttrykk.

$$(1) \quad Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

$$(2) \quad Q_1 = b \cdot l_1 (\theta_i - (\theta_e - 0) / 2) / R_{t1}$$

$$(3) \quad Q_2 = b \cdot l_1 ((\theta_e - 0) / 2 - \theta_e) / (R_{t2} + d_s / \lambda_s)$$

$$(4) \quad Q_3 = Q_v \cdot \rho \cdot c (0 - \theta_e)$$

der

$Q_1$  = varmestrøm innenfra og opp til luftespalten i seksjon 1 [W]

$Q_2$  = varmestrøm fra luftspalten og opp gjennom snølaget i seksjon 1 [W]

$Q_3$  = varmetilførsel for oppvarming av luften i seksjon 1 [W]

$b$  = bredde på strømningskanalen i taket [m]

$l_1$  = lengde på seksjon 1 [m]

$\theta_i$  = innelufttemperatur [°C]

$\theta_e$  = utelufttemperatur [°C]

$R_{t1}$  = varmemotstand fra inne til midten av luftespalten i taket [m<sup>2</sup>K/W]

$R_{t2}$  = varmemotstand fra midten av luftespalten i taket til og med taktekningen [m<sup>2</sup>K/W]

$d_s$  = tykkelsen av snølaget på taket [m]

$\lambda_s$  = varmekonduktiviteten til snøen på taket [W/mK]

$Q_v$  = luftstrøm gjennom luftespalten [m<sup>3</sup>/s]

$\rho$  = midlere densitet til luften i luftespalten i seksjon 1 [kg/m<sup>3</sup>]

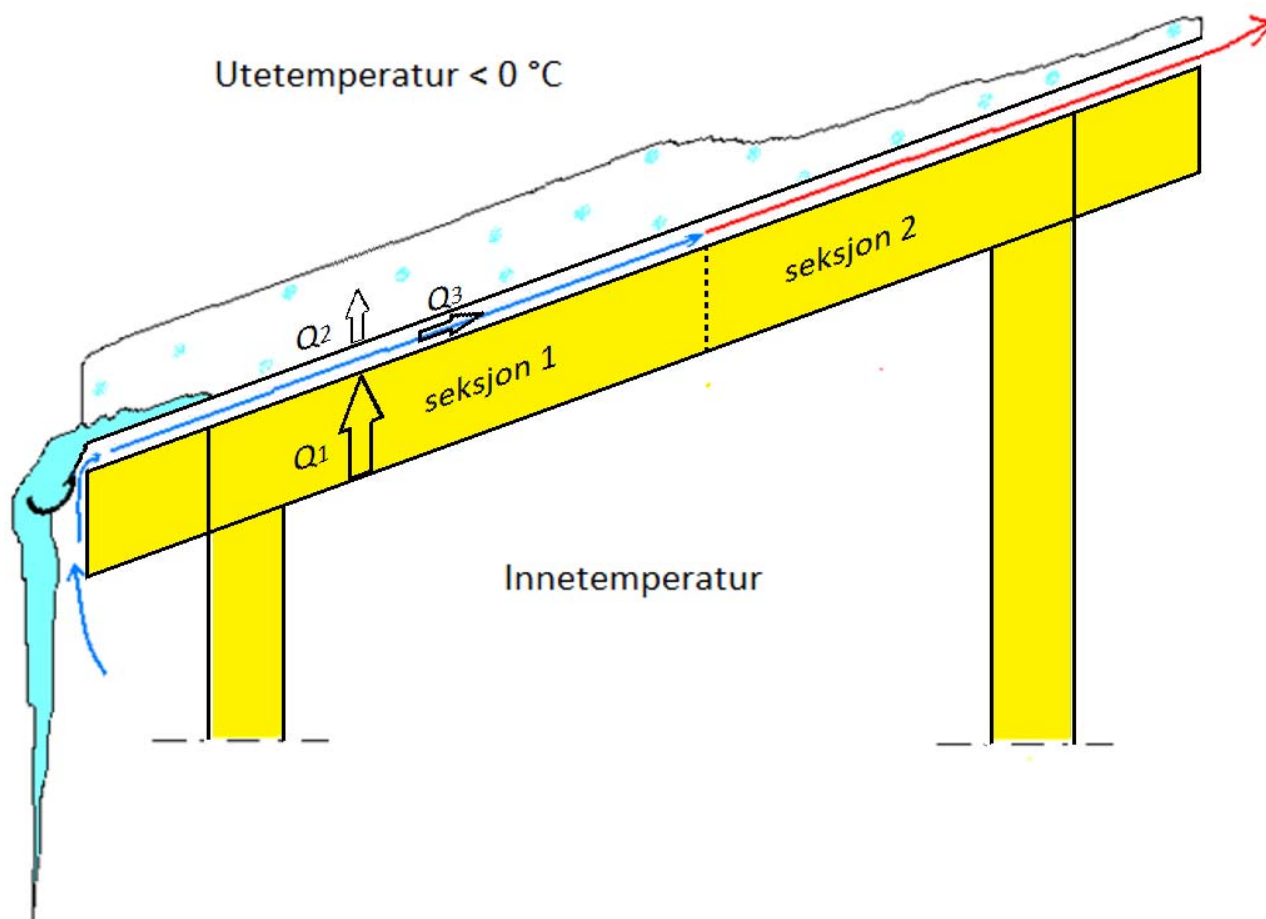
$c$  = spesifikk varmekapasitet til luften i luftespalten i seksjon 1 [J/kg]

For at det skal bli varmeoverskudd for snøsmelting må summen av varmen som ledes fra taktekningen og ut gjennom snølaget og varmen som ventileres vekk i luftespalten være mindre enn varmetapet innenfra og opp gjennom taket. Snøsmeltingen starter et stykke inne på taket, i grensen mellom seksjon 1 og seksjon 2, som illustrert i figur 1. Derfra vil det bli snøsmelting på resten av taket, i hele seksjon 2.

Smeltevannet kan fryse til is når det renner nedover takflaten nederst i snølaget i seksjon 1 eller på det kalde takutstikket hvis smeltevannet kommer helt dit.

Når det er snø på taket vil temperaturen på tekningen ikke bli høyere enn 0 °C og i luftstrømmen i luftespalten under tekningen vil temperaturen øke til litt over 0 °C i resten av taket, seksjon 2, så lenge snøsmeltingen pågår. I denne delen av taket tar luftstrømmen opp bare litt mere varme fra taket. Det aller meste av takets transmisjonsvarmetap som ikke ledes videre ut gjennom snølaget vil derfor gå med til snøsmelting.

Mye av smeltevannet tas opp i snølaget og danner en snøsørpe på taktekningen. Det må derfor smelte mye snø før det renner nok vann helt ut på det kalde takutstikket til at det forårsaker skadelig oppbygging av is.



Figur 1  
Illustrasjon av snøsmelting på et luftet tak.

Luften som strømmer inn gjennom luftespalten fra den ene siden blir varmet opp til litt over  $0\text{ °C}$  i løpet av seksjon 1, illustrert ved blå pil i Figur 1, og snøsmeltingen starter. I resten av taket, seksjon 2 vil det pågå snøsmelting og lufttemperaturen i luftespalten vil være tilnærmet konstant, litt over  $0\text{ °C}$  illustrert ved rød pil, helt til luften strømmer ut av luftespalten. Smeltevannet kan fryse til is når det renner på taktekningen nederst i snølaget i seksjon 2 eller ute på det kalde takutstikket.

### Luftgjennomstrømning

Luften strømmer inn gjennom luftespalteåpningen på den siden av bygningen hvor drivtrykket er størst og ut igjen gjennom luftespalteåpning på motsatt side hvor trykket er lavest. Drivtrykket for luftstrømmen er forskjellen mellom lufttrykkene utvendig for spalteåpningene på de to motstående sidene av taket. Drivtrykket er summen av trykkforskjellene fra termisk oppdrift og vind.

Størrelsen på luftgjennomstrømningen er bestemt av drivtrykket og strømningsmotstanden gjennom luftespalten, fra innløp til utløp.

### Drivtrykk

For tak med lav takvinkel og for skråtak med lukket møne er det nødvendig med litt vind for at det skal bli luftgjennomstrømning ettersom det må være en høydeforskjell mellom inn- og utløp for at det skal bli trykkforskjell på grunn av termisk oppdrift. For skråtak med luftespalteåpning både ved raft og i mønet vil drivtrykket fra termisk oppdrift gi gjennomlufting også når det er helt vindstilt. Størrelsen på det termiske oppdriftstrykket varierer imidlertid både med takkonstruksjonen og temperaturforholdene og vil bli nærmere omtalt i eget avsnitt. Selv små vindhastigheter gir imidlertid et bidrag og ved vindhastigheter på ca. 1 m/s er bidragene fra termisk oppdrift og vind omtrent like store. Når vindhastigheten øker utover 2 m/s blir vindtrykkforskjellen fort dominerende. Ved for eksempel 2 m/s er drivtrykket fra vind mellom 5 og 10 ganger større enn drivtrykket fra termisk oppdrift for skrå småhustak med strømningslengde 10 m.

### Oppdriftstrykk

Oppdriftstrykket er bestemt av forskjellen mellom middeltemperaturen i luftespalten og utelufttemperaturen samt høydeforskjellen mellom inn og utløp og beregnes etter formelen:

$$\Delta p_0 = \Delta \rho_{s-e} g \Delta h_{i-e} \text{ [Pa]}$$

$$\Delta \rho_{s-e} = (\rho_s - \rho_e) = 1,205 (273 + 20) / (273 + \theta_s) \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_s = 1,205 (273 + 20) / (273 + \theta_s)$$

$$\rho_e = 1,205 (273 + 20) / (273 + \theta_e)$$

$$\Delta p_0 = \text{trykkforskjell mellom innløp og utløp fra termisk oppdrift [Pa]}$$

$$\rho_s = \text{midlere luftdensitet i luftespalten [kg/m}^3\text{]}$$

$$\rho_e = \text{luftdensitet ute [kg/m}^3\text{]}$$

$$\theta_s = \text{midlere lufttemperatur i luftespalten [}^\circ\text{C]}$$

$$\theta_e = \text{lufttemperatur ute [}^\circ\text{C]}$$

$$g = \text{tyngdens akselerasjon 9,81 [m/s}^2\text{]}$$

$$\Delta h_{i-e} = \text{høydeforskjell mellom inn- og utløp av luftespalten [m]}$$

Så lenge det er snøsmelting på taket er det enkelt å beregne midlere lufttemperatur i luftespalten. I den delen av taket hvor det er snøsmelting, seksjon 2, er temperaturen i luftespalten tilnærmet 0 °C. I seksjon 1 hvor luften varmes opp fra utelufttemperatur til 0 °C beregnes, litt forenklet, midlere temperatur som middelverdien mellom utelufttemperatur og 0 °C. Midlere lufttemperatur for hele spalten beregnes som en veid middelverdi hvor middeltemperaturene i seksjon 1 og seksjon 2 veies med lengdeandelen for seksjonene.

I de tilfellene hvor luftespalten i taket går over i en luftespalte bak veggkledningen, slik at det blir et lukket sammenhengende luftespaltesystem i taket og veggene, tas det hensyn til oppdriften også i luftespaltene i veggene.

Selv med tilnærmingene som er gjort ved beregning av temperaturfordelingen i luftespalten er beregnet termisk oppdrift forholdsvis nøyaktig sammenlignet med beregningen av vindtrykkforskjellen som blir omtalt i neste avsnitt.

Programmet er derfor godt egnet til å beregne takvinkelens betydning for luftgjennomstrømningen, snøsmeltingen og mulig ising ved takkanten.



## Vindtrykk

Vindhastigheten og vindtrykkfordelingen ved spalteåpningene er mye mer variabel og vanskeligere å beregne nøyaktig enn drivtrykket fra termisk oppdrift. Drivtrykket fra vinden beregnes som dynamisk trykk i fri vind 10 m over bakken multiplisert med forskjellen i vindtrykkfaktor utvendig for spalteåpningene ved lo- og le side av takflaten ved hjelp av følgende formler:

$$\Delta p_v = p_d \Delta c_{i-e} \text{ [Pa]}$$

$$p_d = (\rho_e v^2) / 2 \text{ [Pa]}$$

$$\Delta c_{i-e} = c_i - c_e$$

$\Delta p_v$  = forskjellen mellom utvendig vindtrykk ved innløp og utløp [Pa]

$p_d$  = dynamisk trykk i fri vind 10 m over bakken [Pa]

$\rho_e$  = luftdensitet ute [kg/m<sup>3</sup>]

$v$  = vindhastighet i fri vind 10 m over bakken

$c_i$  = vindtrykkfaktor utvendig ved luftespalteåpningen på innløpssiden [-]

$c_e$  = vindtrykkfaktor utvendig ved luftespalteåpningen på utløpssiden [-]

Det dynamiske trykket og vindtrykket varierer med vinden og øker proporsjonalt med kvadratet av vindhastigheten. Vindtrykkfaktoren angir hvor stort vindtrykket er på et sted eller ved en overflate sammenlignet med det dynamiske trykket i fri vind 10 m over bakken. Vindtrykkfaktorene er noenlunde uavhengige av vindhastigheten for en og samme vindretning. En vanlig forenkling er derfor å holde vindtrykkfaktorene for konstante uavhengig av vindhastigheten for en og samme vindretning.

I tillegg til at vindhastigheten vil variere vil også vindretningen og dermed vindtrykkfaktorene ved spalteåpningene variere. Vindtrykkfaktorene er også avhengig av omgivelsene, blant annet av om huset ligger fritt til eller om det er skjermet av omgivende bygninger og vegetasjon.

I beregningene har vi valgt å bruke en formfaktorforskjell mellom lo- og le side på 0,5. Det er valgt på grunnlag av vindtrykkmålinger på et dreibart forsøkshus på Tyholt i Trondheim høsten 1985 og en forenklet grafisk analyse av måleverdiene. Dette er en middelværdi både med hensyn til alle vindretninger og steder langs spalteåpningene på langsiden av forsøkshuset. Dette er nærmere forklart i Vedlegg 11.

En alternativ analyse av de samme måleverdiene beskrevet i [5] angir at midlere vindtrykkfaktorforskjell er 0,7. Ved beregningene det er vist resultater for i denne rapporten har vi likevel valgt å bruke en vindtrykkfaktorforskjell på 0,5 for å legge inn en sikkerhetsmargin som skal ta høyde for usikkerhet i målingene og ved overføring til andre og større bygninger.

En økning i vindtrykkfaktorforskjellen på 40 %, fra 0,7 til 0,5, har samme virkning som en økning i vindhastigheten på knappe 20 %, fra for eksempel 1 m/s til 1,2 m/s

En reduksjon av vindtrykkfaktorforskjellen til en firedel, for eksempel fra 0,5 til 0,125 vil ha samme virkning på luftgjennomstrømningen som at vindhastigheten reduseres til det halve.

## Strømningsmotstand og trykktap

Strømningsmotstanden er bestemt av geometrien til luftespalten og av strømningsmotstanden gjennom eventuell netting eller filt som dekker spalteåpningene. En komplisert luftespaltegeometri med retningsendringer og innsnevninger kan gi vesentlig større strømningsmotstand og mindre luftgjennomstrømning enn en enkel luftespalte uten innsnevninger ved ellers like forhold.

I beregningsmodellen beskrives luftespalten som en strømningskanal og det tas hensyn til alle tverrsnittendringer og retningsendringer, som ved luftespalteåpningene, lekter som ligger på tvers av strømningsretningen og eventuell fluenetting som gir "singulærtap". Det tas også hensyn til friksjonstap i

strekningene mellom stedene med singulærtap. Friksjonstapene varierer med lufthastigheten og strømmingens Reynoldstall.

Takstein og andre tekninger som har ujevn overflate mot luftspalten gir ekstra strømningsmotstand sammenlignet med plane flater som taktro. I beregningsmodellen blir slike ujevnheter neglisjert og både undertaket og tekningen eller taktroen betraktes som plane. Det er også forutsatt stasjonære strømningsforhold. Beregningsresultatene er derfor beheftet med en del usikkerhet.

Trykktapet,  $\Delta p$  [Pa], på grunn av en tverrsnittsendring beregnes som dynamisk trykk,  $p_d$  [Pa] i det minste tverrsnittsarealet, multiplisert med en singulærtapsfaktor,  $\zeta$  [-]. Singulærtapsfaktoren er tilnærmet uavhengig av lufthastigheten og bestemt av geometrien.

$$\Delta p = \zeta p_d$$

Singulærtapsfaktorene er i hovedsak beregnet etter formler i [3], men i noen tilfeller korrigert på grunnlag av fullskalamålinger i laboratoriet til SINTEF/NTNU.

Friksjonstapet er også proporsjonalt med dynamisk trykk og dermed lufthastigheten i 2. potens når det er turbulent strømming, men proporsjonalt med lufthastigheten når det er laminær strømming.

### Trangeste tverrsnitt er avgjørende

Strømningsmotstanden er hovedsakelig bestemt av det trangeste tverrsnittsarealet som luften må strømme gjennom. Ved strømming fra raft til møne er det tykkelsen (høyden) til sløyfene som bestemmer det trangeste tverrsnittet inne på selve takflaten. Mellom lektene er tverrsnittsarealet større, men fordi lektepasseringene gir en ekstra strømningsmotstand blir samlet strømningsmotstand likevel litt større med lekter enn om det var lagt en plan taktro direkte på sløyfene. Ved strømming fra gavl til gavl, parallelt med lektene, er det derimot tykkelsen (høyden) på lektene som bestemmer det trangeste tverrsnittsarealet og strømningsmotstanden i selve takflaten.

For å få full nytte av luftspalten i takflaten må spalteåpningene mot det fri også ha tilnærmet samme tverrsnittsareal. Det betyr at samlet areal av spalteåpningene mot det fri ved raft og møne må være tilnærmet like stort som arealet til en kontinuerlig spalte med bredde lik sløyfetykkelsen.

For å få full nytte av krysslufingen må samlet areal av spalteåpningene mot det fri ved gavlene på tilsvarende måte være tilnærmet like stort som arealet til en kontinuerlig spalte med bredde lik lektetykkelsen. Det har størst betydning for store, kvadratiske tak med lave takvinkel ettersom all lufting da er avhengig av vind og en bør derfor legge til rette for luftgjennomstrømming ved alle vindretninger.

### Takvinduer og takhatter for avkast av ventilasjonsluft

Takvinduer vil føre til snøsmelting og fare for ising også på godt isolerte og godt luftede tak. Det samme vil skje nedenfor takhatter for avkastluft hvis takhatten er feil utformet slik at den styrer luften ned mot takflaten i stedet for opp fra takflaten. På nye småhus er det hovedsakelig på disse stedene en ser istapper og brekkasjeskader på takstein.

### Forenklinger

Både vindtrykk, strømming og isdannelse ved takutstikket er komplisert å beregne. Det er derfor gjort flere forenklinger. Blant annet er det forutsatt stasjonære forhold. Beregningsresultatene er derfor beheftet med en del usikkerhet og programmet er først og fremst egnet for å sammenligne alternative løsninger for å undersøke betydningen av for eksempel isolasjonstykkelsen, luftespaltetykkelsen, spalteåpningene, størrelsen på taket og takvinkelen. I stedet for å forsøke å beregne hvor mye av smeltevannet som faktisk fryser til is oppgis beregnet mengde smeltevann som "mulig isproduksjon" i diagrammene.

Faren for snøsmelting øker med snølagets varmemotstand. Det skyldes at varmetapet opp gjennom snøen avtar og mer varme blir tilgjengelig for snøsmelting når snølagets varmemotstand øker. Et snølag på et tak kan isolerer forholdsvis godt, spesielt lett nysnø. Etter hvert vil snøen endre konsistens og bli fastere. Densiteten og varmeledningsevnen vil øket, mens snøtykkelsen vil avta. Snølagets varmeisolerende evne, varmemotstanden, vil derfor avta forholdsvis raskt så lenge det ikke kommer ny snø.

I beregningene har vi imidlertid valgt å holde snølaget konstant med en dimensjonerende, jevn tykkelse på 500 mm på flat mark og varmekonduktivitet 0,15 W/mK, som tilsvarer en densitet på ca. 200 kg/m<sup>3</sup>. Det tas hensyn til at snøtykkelsen normalt på takflaten blir mindre med økende takvinkel.

### Uttørkingsevne

Når uteluft med minusgrader strømmer gjennom luftespalten i et tak med snø på blir luften oppvarmet og luftens evne til å ta opp og holde på vanddamp øker. Hvis luften ikke tilføres fukt går relativ luftfuktighet, RF, ned når temperaturen øker. Uten fukttilførsel reduseres RF til ca. halvparten for hver gang temperaturen øker med 10 °C. Kald uteluft som varmes opp har derfor stor evne til å ta opp og transportere ut fukt fra luftespalten i et tak.

Uttørkingsevnen via luftespalten beregnes ved å multiplisere luftstrømmen, m<sup>3</sup>/h., gjennom luftespalten med forskjellen mellom absolutt fuktinnhold i den utstrømmende og innstrømmende luften g/m<sup>3</sup>. I diagrammene er dette omregnet til kg/m<sup>2</sup> mnd.

Ved beregning av uttørkingsevnen er RF i uteluften holdt konstant lik 80 %, som er en typisk middelvei i Norge. Se Vedlegg 12. Når det er så mye fukt i luftespalten at det er fritt vann til stede, for eksempel kondens under taktekingen, blir RF i luften nær 100 % før den strømmer ut av taket. Ved beregning av diagrammene i Vedlegg 7.1 og 7.2 som viser luftespalters evne til å transportere ut fukt har vi valgt å sette RF til den utstrømmende luften til 90 % RF. Diagrammene viser derfor uttørkingsevne under forhold som ikke gir risiko for muggvekst.

### Vurderingskriterier

SINTEF Byggforsk har gjennom anvisningene i Byggforskserien gitt anbefalte luftespaltetykkelser avhengig av takvinkel og takets størrelse basert på erfaringer gjennom mange år. Se tabell 32 i anvisning 525.102 (2012). Tilsvarende beregninger for tak med sløyfer og lekter i henhold til denne anvisningen gir en teoretisk snøsmelting tilsvarende ca. 100 kg per løpemeter takfot per måned under stasjonære forhold (kg/m mnd.). Lang erfaring med småhustak har vist at slike tak i praksis likevel ikke har problemer med istapper eller ising i takrenner. Dette skyldes flere forhold. Smeltevannet inne på takflaten vil i første omgang suges opp av snøen og danne et "sørpelag" nederst i snølaget. Bare en viss andel av smeltevannet vil renne helt ut på det kalde takutstikket og fryse til is der eller i takrenner og nedløpsrør. Hvis smeltevannet fordeles på en takflate med bredde 1 m og lengde 7,5 m fra raft til møne vil 100 l smeltevann tilsvare et sørpelag med en gjennomsnittlig tykkelse på ca. 1,5 cm. Resultatene som er framstilt i diagrammene tilsvarer en "ekstrem situasjon" med stabile ugunstige snø og værforhold sammenhengende i en måned.

### Grenseverdi

Teoretisk snøsmelting på 100 kg/m mnd. ved stasjonære forhold med utelufttemperatur -1 °C er brukt som en grenseverdi ved vurdering av nødvendige dimensjoner på sløyfer og lekter. Når beregnet snøsmelting er 100 kg/m mnd. eller lavere for et tak er risikoen for istapper og skadelig ising i utvendige takrenner og nedløpsrør etter vår vurdering liten.

## Vedlegg 11 Vindtrykk

Ved alle beregningene som det er vist resultater fra i denne rapporten har vi brukt en forskjell på 0,5 mellom vindtrykkfaktorene oppe ved raft på lo- og le side av taket. Vindtrykkfaktoren ved en overflate, eller ved en spalteåpning, er definert som vindtrykket ved overflaten dividert på dynamisk vindtrykk i fri vind i 10 meters høyde over bakken. Denne vindtrykkfaktorforskjellen brukes til å beregne vindtrykkforskjellen mellom spalteåpningene ved le- og lo side av taket, etter formlene:

$$\Delta p_v = p_{\text{dyn}} \times \Delta c$$

$$p_{\text{dyn}} = \rho/2 \times v^2$$

$$\Delta c = c_{l_o} - c_{l_e}$$

$\Delta p_v$  = vindtrykkforskjell mellom spalteåpningene ved le- og lo side av taket [Pa]

$p_{\text{dyn}}$  = dynamisk vindtrykk i fri vind i 10 meters høyde over bakken [Pa]

$\Delta c$  = vindtrykkfaktorforskjell mellom spalteåpningene ved le- og lo side av taket

$\rho$  = luftens densitet [ $\text{kg/m}^3$ ]

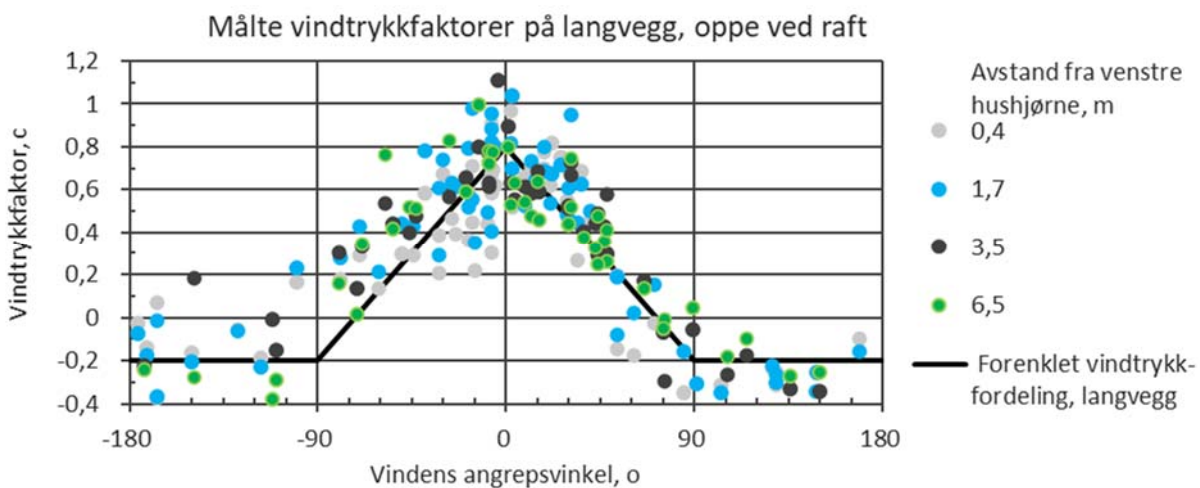
$v$  = i fri vind i fri vind 10 i meters høyde over bakken [m/s]

$c_{l_o}$  = vindtrykkfaktor ved spalteåpningen på lo- side av taket [-]

$c_{l_e}$  = vindtrykkfaktor ved spalteåpningen på le- side av taket [-]

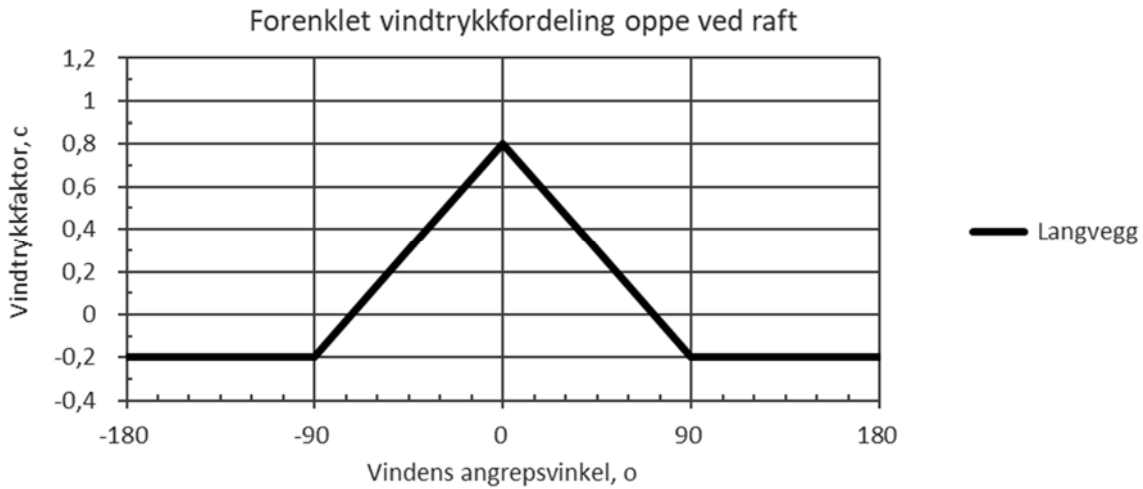
Vindtrykkfaktorene er basert på vindtrykkmålinger som ble gjennomført på et dreibart forsøkshus på Tyholt i Trondheim høsten 1985. [2]. Se skisse i Figur V11.5.

En vindtrykkfaktorforskjell på 0,5 er en konservativ verdi som er beregnet på grunnlag av måleverdiene og en forenklet tilpasning av disse som vist i figurene V11.1 – V11.4.



**Figur V11.1** Målte vindtrykkfaktorer utvendig ved luftespalteåpningen under takutstikket ved forskjellige vindretninger og avstander fra vegg hjørnet.

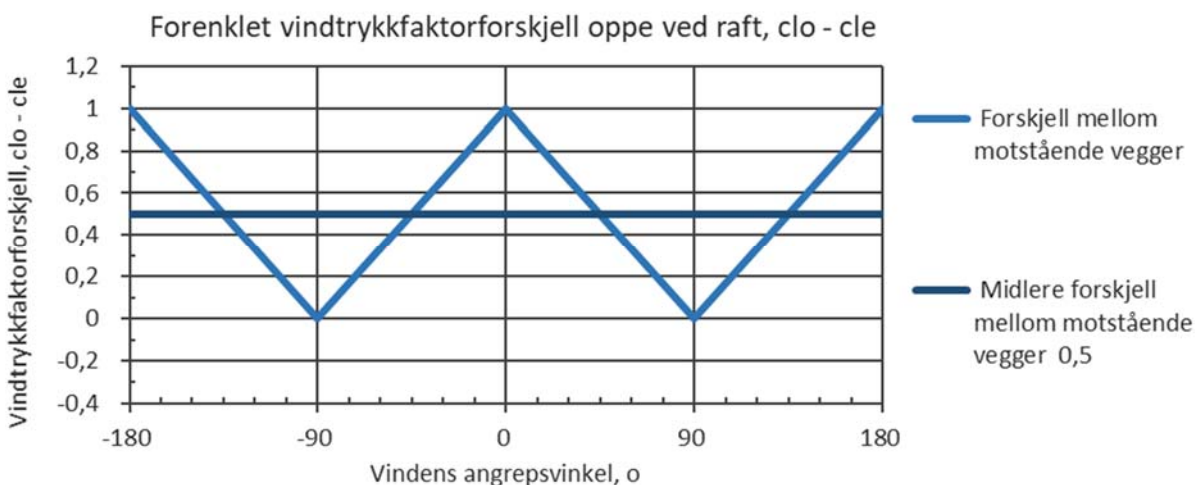
Den heltrukne streken markerer en forenklet tilpasning av måleverdiene. Når vinden blåser rett mot en vegg, er angrepsvinkelen  $0^\circ$ .



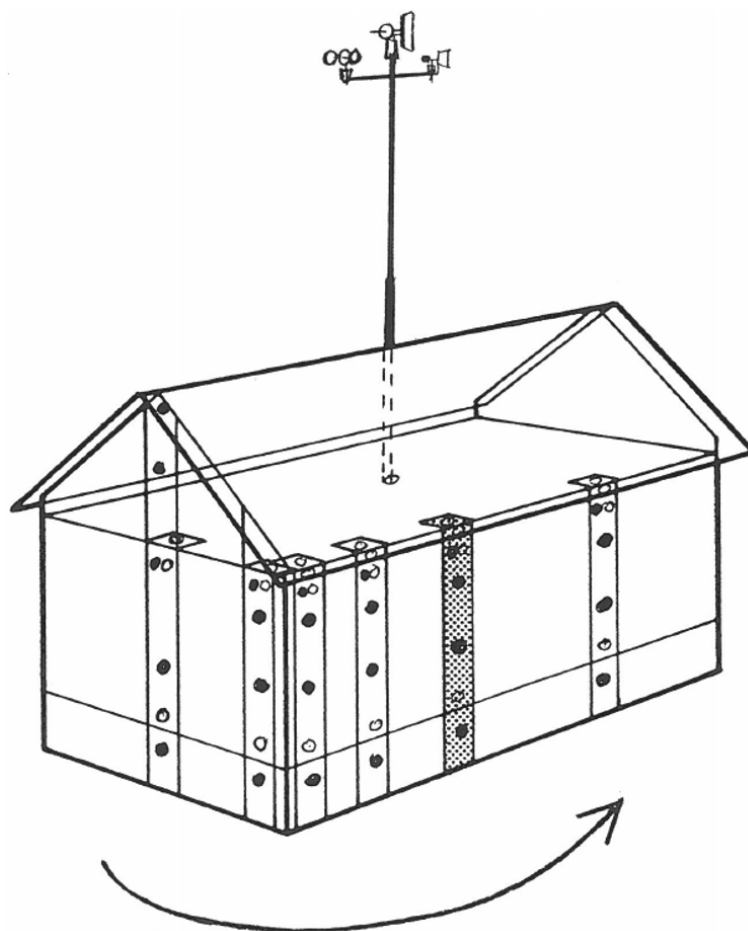
**Figur V11.2** Vindtrykkfaktor ved spalteåpningen på langveggen avhengig av vindretning, forenklet.



**Figur V11.3** Vindtrykkfaktor ved spalteåpningen på motstående langvegg avhengig av vindretning.



**Figur V11.4** Beregnet forskjell mellom vindtrykkfaktorene ved spalteåpningene på motstående langvegger avhengig av vindretning, basert på forenklet vindtrykkfordeling.



**Figur V11.5** Skisse av det dreibart forsøkshus som ble brukt ved vindtrykkmålingene. Det ble gjort målinger ved en rekke punkter både utvendig og innvendig for kledningen, markert med henholdsvis fylte og åpne små sirkler. Målingene ble gjennomført høsten 1985, mens forsøkshuset stod på Tyholt i Trondheim. Forsøkshuset står nå på SINTEF sitt forsøksfelt på Voll i Trondheim. Fra [2]

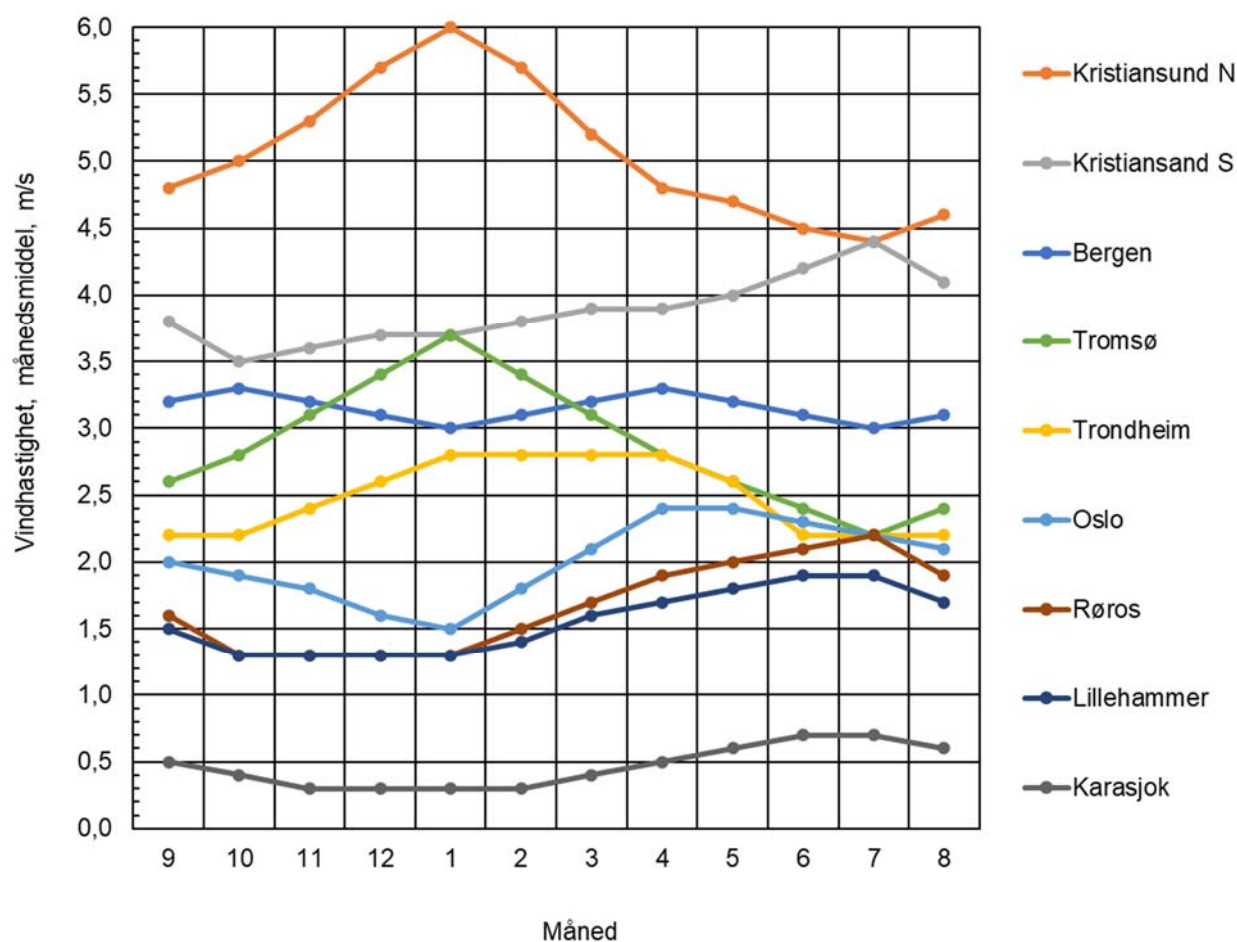
## Vedlegg 12 Statistikk over vind og relativ luftfuktighet i uteluft.

Historiske værdata, blant annet månedsmiddelverdier for vindhastighet fra en rekke målestasjoner, kan lastes ned gratis fra:

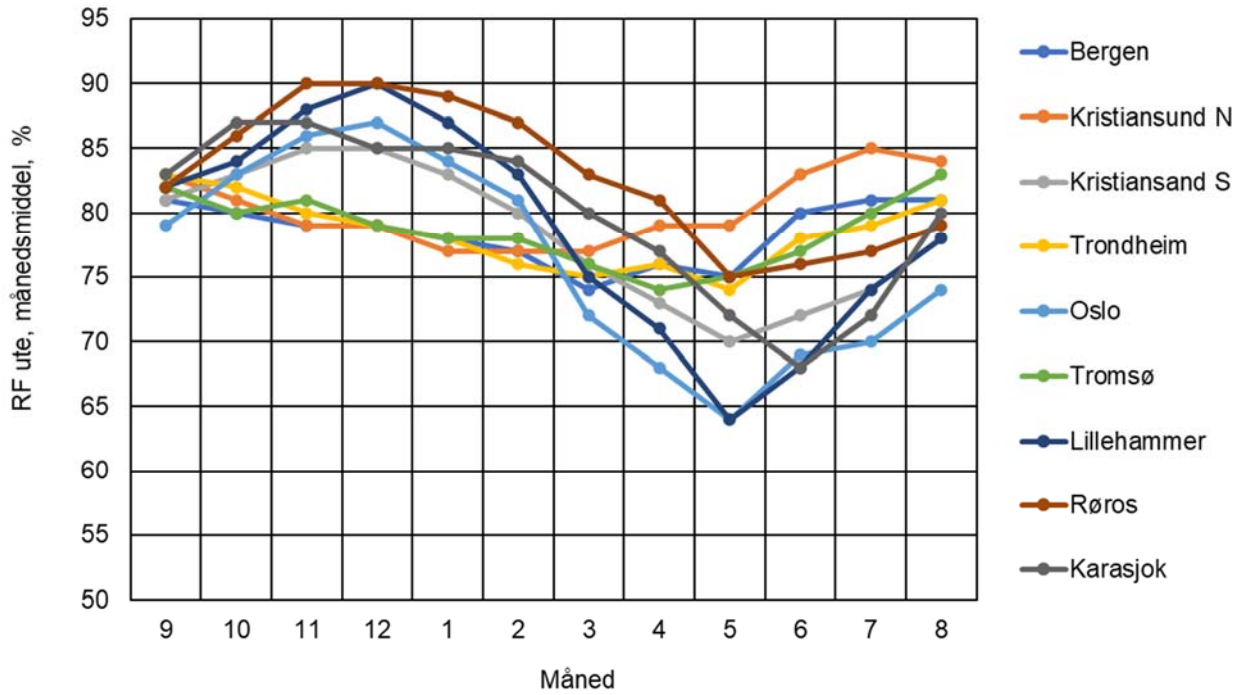


via lenken:

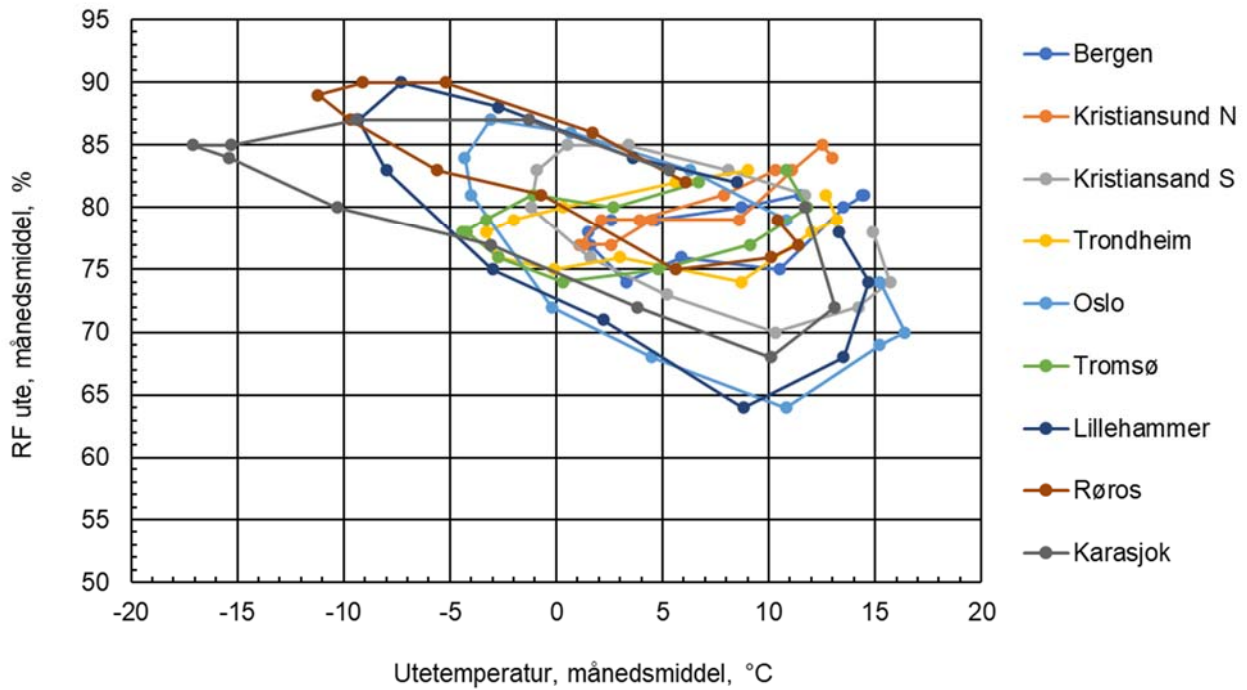
<https://seklima.met.no/observations/>



Figur V12.1 Vindhastighet målt 10 m over bakken, månedsmiddelverdier, for ni steder i Norge. Diagrammet er basert på vinddata fra [8]

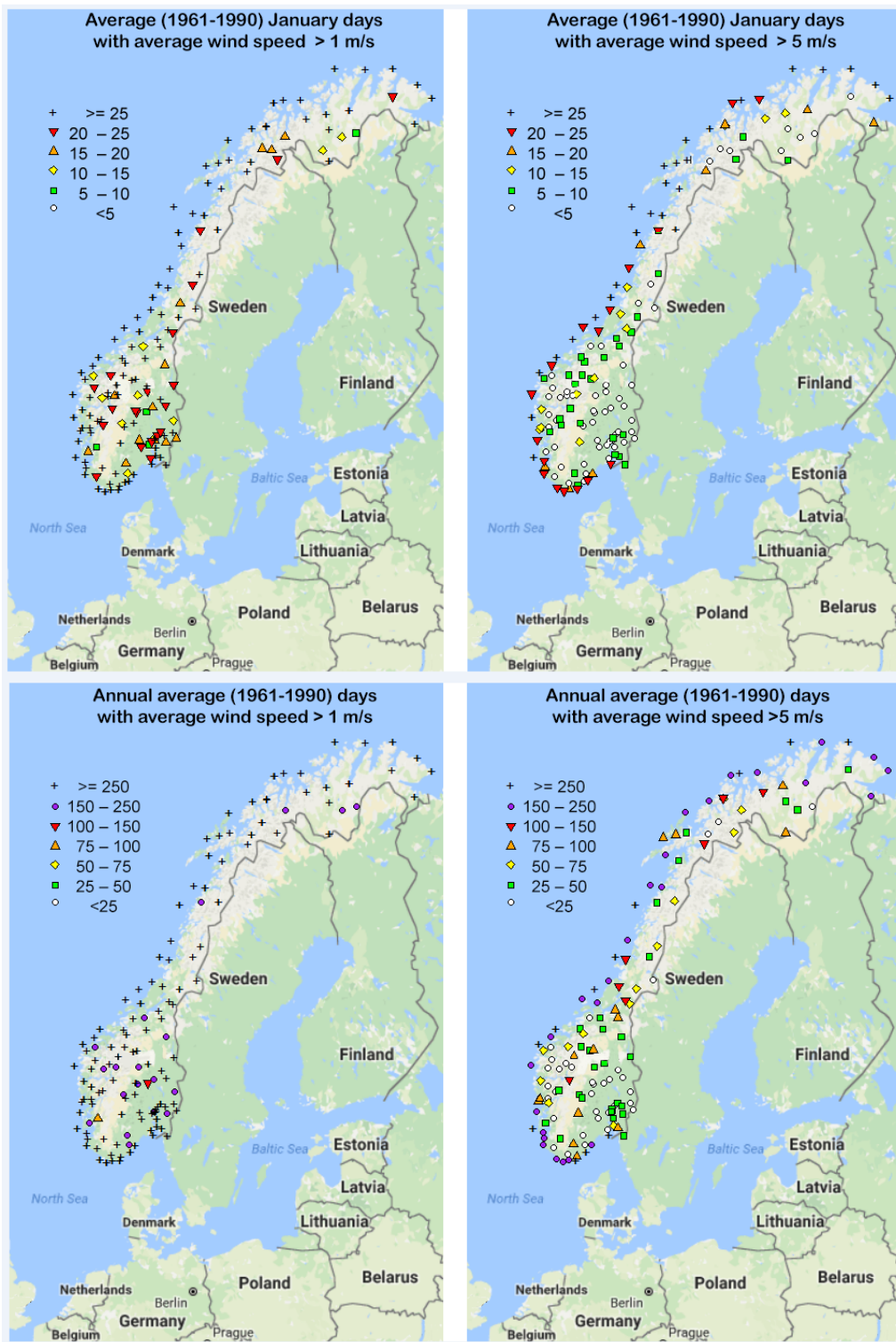


Figur V12.2 Relativ luftfuktighet ute, månedsmiddelverdier, for ni steder i Norge. Diagrammet er basert på værdata fra [8]



Figur V12.3 Relativ luftfuktighet ute, månedsmiddelverdier. Samme verdier som i Figur V12.2, men sortert etter utetemperatur.





Figur V12.4 De fire kartene viser hvor mange dager midlere vindhastighet er over henholdsvis 1 m/s og 5 m/s for et utvalg steder i Norge. Kartene er utarbeidet av Meteorologisk institutt. [6]. De to øverste kartene viser antall dager i januar, mens de to nederste kartene viser antall dager for hele året.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)