

0 Generelt

01 Innhold

Dette bladet behandler snølast på glasstak, med utgangspunkt i NS 3490 og NS 3491-3. Bladet omtaler de byggetekniske og klimatiske forholdene som ligger til grunn for at glasstak over oppvarmede rom kan beregnes for lavere snølast enn andre tak. Bladet viser hvordan man kan beregne dimensjonerende snølast, og inneholder også et beregningseksempel. Dimensjoneringen av bæresystemet og glasset er ikke behandlet. For å beregne glasstykkelser, se Byggdetaljer 525.583.

02 Henvisninger

Plan- og bygningsloven (pbl)

Teknisk forskrift til pbl (TEK) med veiledning

Standarder:

NS 3490 Prosjektering av konstruksjoner – Krav til pålitelighet

NS 3491-1 Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 1: Egenlaster og nyttelaster

NS 3491-3 Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 3: Snølast

NS 3491-4 Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 4: Vindlast

NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

NS-EN 1991-1-1 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-1: Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger

NS-EN 1991-1-3 Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-3: Allmenne laster – Snølast

NS-EN ISO 6946 Endringsblad A1 – Bygningskomponenter og -elementer – Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient – Beregningsmetode

Byggdetaljer:

471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946

471.041 Snølast på tak. Dimensjonerende laster

471.043 Vindlast på bygninger

525.583 Glasstak. Konstruksjonsprinsipper. Beregning av glasstykkelser

525.931 Snøfangere

527.231 Glassgårder i store bygg. Temperatur- og energiforhold

525.921 Takrenner og nedløpsrør

1 Materiale

Ved valg av glasstype og -tykkelse er det vanlig å først og fremst legge vekt på energihensyn. Men erfaringer viser at overoppheting om sommeren er et stort problem i glass-



gårder. Fokus bør derfor være på å dimensjonere ruta med hensyn til både energibruk og varmebelastning. Lysgjennomgang om vinteren er vanligvis ikke noe problem, fordi relativt lite snø blir liggende i lengre perioder på glasstaket. I dag velges ofte ruter med kraftig solavskjerming og gode transmisjonsegenskaper for lys. Slike ruter kan ofte ha U-verdier under $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Er U-verdien lavere enn $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, reduseres snøsmeltingen og dermed øker snølasten. Hvis det at snøen skal smelte og gli ned fra taket er et viktig dimensjoneringskriterium, er det fordelaktig om ruta har en U-verdi større enn $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Det kan imidlertid medføre fare for kondens og økt energiforbruk når rommet innenfor glasstaket varmes opp.

Av sikkerhetshensyn er det vanlig at ytre lag av glassrutene består av herdet glass, mens det indre laget består av laminert glass.

2 Bygningstekniske forhold

21 Plassering

Plasseringen av glasstak i forhold til andre bygningsdeler har stor innvirkning på dimensjoneringen for snølast. Et viktig hensyn er orientering i forhold til den framherskende vindretningen om vinteren for å redusere faren for fonndannelser. Glasstak som ligger høyere enn tilstøtende bygninger, er eksempel på en gunstig løsning.

Glasstak plassert lavere enn tilstøtende tak er ofte en dårlig løsning fordi det gir fare for snøras fra takene rundt og mulighet for fonndannelser. Dersom foten av glasstaket legges inn mot en høyere bygning, er det meget viktig at takrenna til det overliggende taket dimensjoneres riktig, se Byggdetaljer 525.921.

22 Utforming

Glasstak bør ha fall mot tilstøtende bygninger slik at snøras fra glasstaket kan fanges opp, se fig. 22 a. Pulttak og saltak er de enkleste løsningene fordi snøen bare glir i henholdsvis en eller to retninger, men valmtak og pyramideformede tak fungerer også bra. Tak med buefasong bør ikke være helt horisontale på toppen. Slike takformer stiller dessuten store krav til utformingen av profilene i bæresystemet.

Praksis viser at risikoen for skader er størst på steder hvor snøen ikke kan gli helt ned av taket. Tak med vinkelrenner fører til store opphopninger av snø og bør unngås der hvor horisontalprojeksjonen av skråtaket, L, er større enn 6 m, se fig. 22 b.

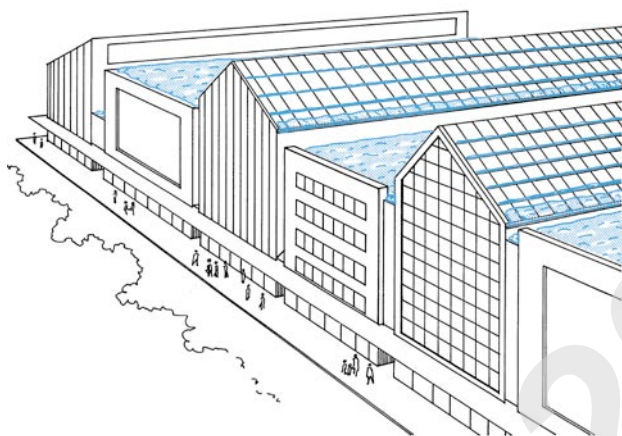


Fig. 22 a
Eksempel på glasstak med fall mot lavereliggende bygning hvor snø kan samles

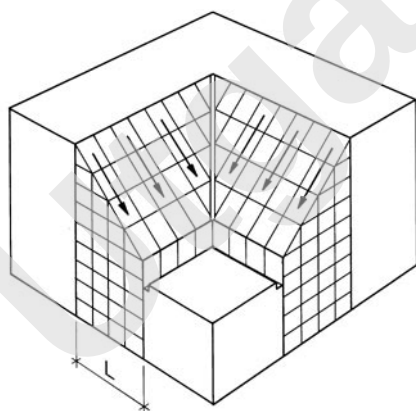


Fig. 22 b
Eksempel på tak med vinkelrenne hvor det vil bli snøansamling. Denne løsningen bør unngås på glasstak hvor L er større enn 6 m.

23 Takvinkel

Takvinkelen har stor betydning for snølasten. Hvis vinkelen er stor, vil snøen gli ned av taket, og belastningen blir dermed mindre. Det anbefales at takvinkelen på et glasstak ikke er mindre enn 25° . Er vinkelen liten, for eksempel under 20° , er det stor risiko for at snøen ikke glir ned fra taket. Det gir større belastninger og samtidig stor sannsynlighet for

at vann kan demmes opp ved de horisontale sprossene. Oppdemmet vann kan føre til vanninntrenging i profilene og dermed gi vannlekkasje. Ved takvinkler som er mindre enn 25° , bør man prøve vanntettheten til taksystemet for den aktuelle takvinkelen.

3 Klimatiske forhold

31 Generelt

Inne- og uteklima samt snøens egenskaper har stor betydning for snøsmeltingen og avglidningen fra glasstak. I pkt. 32–34 gir vi en kort beskrivelse med eksempler. For en mer fullstendig beskrivelse henvises det til [521] og [522].

32 Innnetemperaturen

Temperaturen i glassgårder har stor betydning for snøsmeltingen. En glassgård uten oppvarming er ofte bare noen få grader varmere enn utelufta, og da kan det ikke regnes med redusert snølast. Glassoverbygde utearealer må av samme grunn dimensjoneres for full snølast. Ut fra energibalansen og den geometriske utformingen av glassgården kan man beregne forventede temperaturer. Normalt velges løsninger med oppvarming til en viss minstemperatur. Det er denne minstemperaturen som må brukes når man beregner snølasten og snøsmeltingen. Det er viktig å merke seg at hvis bruken endres og innnetemperaturen blir satt lavere, så vil snøsmeltingen reduseres, og økte snølaster blir en konsekvens.

33 Snøens egenskaper

Snøens densitet varierer fra 100 til 400 kg/m^3 . Det medfører en endring i varmekonduktiviteten fra 0,05 til $0,29 \text{ W/(mK)}$. Den lette snøen er typisk i forbindelse med nysnø, og nysnø isolerer nesten like godt som mineralull. Det betyr at snøen nærmest ruta begynner å smelte selv ved ganske små snømengder.

Undersøkelser på kalde tak viser at middeldensiteten er fra 200 til 300 kg/m^3 . Den høyeste densiteten får man når snøen har sunket sammen på grunn av sol og nedbør. Snø som for eksempel har glidd ned fra taket til renner, eller som faller lenger ned på et lavere tak, blir komprimert slik at densiteten blir enda høyere.

34 Snøsmelting

Ute temperaturen er viktig for hvor tykt snølaget blir før snøen smelter. Som eksempel kan nevnes en glassgård med laveste innnetemperatur på 15°C . Figur 34 a viser hvilken tykkelse et snølag med densitet 100 kg/m^3 har når det begynner å smelte på en rute med U-verdi $1,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ved forskjellige ute temperaturer.

Det er sjelden spesielt kaldt samtidig med kraftige snøfall, og snølaget vil derfor ikke bli særlig tykt før det begynner å smelte. Har vi et snøfall på 60 mm ved -5°C , må det forventes at snøen vil gli av fem til åtte ganger på et glasstak med helning 25° – 30° etter hvert som snøen blir tung nok. På et alminnelig, kaldt tak vil ingenting smelte eller gli av, og snøtykkelsen på taket vil fortsette å være 60 mm.

Figur 34 b viser snøsmelting ved forskjellige innnetemperaturer for en rute med U-verdi $1,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

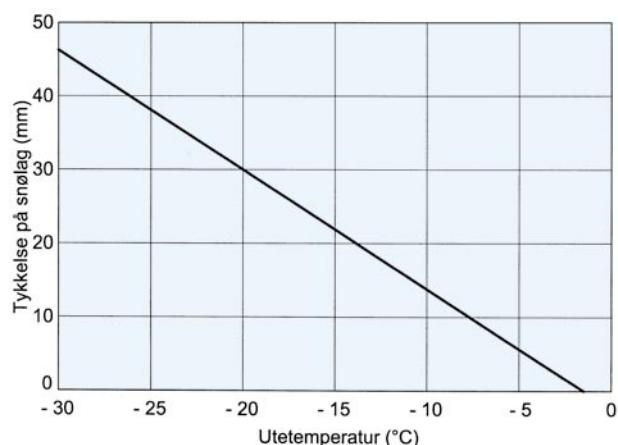


Fig. 34 a

Snøtykkelse når snøen begynner å smelte. Snøens densitet er 100 kg/m³, og rutas U-verdi er 1,9 W/(m²K). Den angitte snøsmeltingen i fig. 34 b tilsvarer samme tykkelse i cm av snø med en densitet på 100 kg/m³.

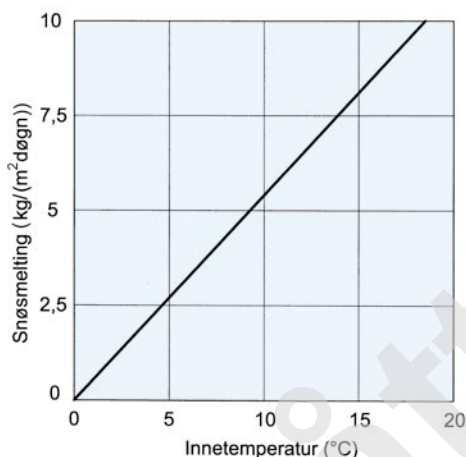


Fig. 34 b

Snøsmelting for en rute med U-verdi 1,9 W/(m²K)

4 Dimensjonerende snølast

41 Grunnlag for å beregne snølast på tak

NS 3491-3 oppgir karakteristiske laster for snø. NS 3490 oppgir lastfaktorer og lastkombinasjoner slik at dimensjonerende laster kan beregnes. Se også Byggdetaljer 471.041.

For å fastsette snølaster på et glasstak er det nødvendig å kjenne:

- i hvilken kommune bygningen er plassert og lokale variasjoner
- høyde over havet på byggestedet
- karakteristisk snølast på stedet
- takutforming
- bygningens geometri der det er tak i flere nivåer
- U-verdien for ruta
- innetemperaturen

42 Snølast på mark

Snølast på tak skal beregnes etter karakteristisk snølast på mark med femti års returperiode. Det vil si at snølasten i gjennomsnitt overskrides en gang hvert femtiende år. For karakteristiske snølaster på mark for alle landets kommuner, se Byggdetaljer 471.041.

43 Formel for beregning av snølast på tak

Snømengden vil alltid variere lokalt. Vind får snøen til å samle seg i fonner, mens det på andre steder blir helt snøbart. Helningen på taket kan føre til at snø glir av.

Snølasten beregnes etter følgende formel:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (\text{kN/m}^2)$$

hvor:

- s er karakteristisk snølast på tak (kN/m²). Snølasten er ofte forskjellig på ulike deler av taket. Snølasten gjelder for takets horisontale projeksjon.
- μ_i er formfaktoren for takformen. Det er vanligvis forskjellige formfaktorer for de forskjellige delene av taket, se pkt. 44.
- C_e er eksponeringsfaktoren som tar hensyn til at vind blåser tørr snø bort fra taket. C_e settes lik 1,0 med mindre annen verdi kan dokumenteres. Se NS 3491-3 tillegg E.
- C_t er termisk faktor som angir snøsmelting på taket. Oppvarmede bygninger med dårlig isolert tak kan beregnes for redusert snølast. Det er i praksis bare aktuelt for glasstak, se pkt. 45.
- s_k er karakteristisk snølast på mark (kN/m²), se pkt. 42.

44 Formfaktor, μ_i

Formfaktorer for ulike takformer er gitt i NS 3491-3. Størrelsen på formfaktor for saltak, pulttak og sagtak av glass er:

$$\mu_i = 0,8 \quad \text{for } 0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$$

$$\mu_i = 0,8 \cdot \frac{60 - \alpha}{30} \quad \text{for } \alpha > 30^\circ$$

der α er takvinkelen

45 Termisk faktor, C_t

451 *Formel.* Termisk faktor, C_t , er reduksjonsfaktor for snølast på glasstak. For andre tak er den termiske faktoren lik 1,0. Faktoren C_t er gitt ved formelen:

$$C_t = \left[1 - 0,054 \left(\frac{s_k}{3,5} \right)^{0,25} \cdot f(U_0, \theta) \right] \cos(2\alpha)$$

for $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$

hvor:

- U_0 er rutas varmegjennomgangskoeffisient når utvendig overgangsmotstand er satt lik null (W/(m²K)).
- α er takvinkel (°).
- s_k er karakteristisk snølast på mark (kN/m²).
- θ er laveste forventede innetemperatur om vinteren (°C).
- $f(U, \theta)$ er faktor avhengig av U_0 og θ , se tabell 451 a.

Tabell 451 a

Formel for $f(U, \theta)$ avhengig av varmegjennomgangskoeffisienten, U_0 , og innetemperaturen, θ

$f(U, \theta)$	U_0 (W/(m ² K))	θ (°C)
$= (\theta - 5) \cdot [\sin(0,4 \cdot U_0 - 0,1)]^{0,75}$	$1,0 \leq U_0 \leq 4,5$	$5 \leq \theta \leq 18$
$= \theta - 5$	$U_0 > 4,5$	$5 \leq \theta \leq 18$
$= 0$	$U_0 < 1,0$	$\theta \leq 0$

¹⁾ Argumentet til sinusfunksjonen er i radianer.

Dessuten gjelder følgende begrensninger:

- $C_t = 1,0$ for alle takvinkler når $\theta < 0$ °C eller $U_0 < 1,0$ W/(m²K).
- $C_t = 0$ når $\alpha > 45^\circ$, og $\theta > 0$ °C eller $U_0 > 1,0$ W/(m²K).
- Hvis 0 °C $< \theta < 5$ °C, brukes formelen med $\theta = 5$ °C, og hvis $\theta > 18$ °C, brukes $\theta = 18$ °C.

Parameteren U_0 er rutes varmegjennomgangskoeffisient når utvendig overgangsmotstand er satt lik null. U_0 for ruta kan beregnes ut fra den normale U-verdien ved hjelp av formelen:

$$U_0 = \frac{U}{1 - U \cdot R_e} \quad (\text{W}/(\text{m}^2\text{K}))$$

R_e er utvendig overgangsmotstand, som normalt er 0,04 m²K/W i henhold til NS-EN ISO 6946. Tabell 451 b angir U_0 for de mest aktuelle verdiene av U.

Tabell 451 b

U_0 for de mest aktuelle verdiene av U

U W/(m ² K)	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
U_0 W/(m ² K)	1,48	1,71	1,94	2,17	2,41	2,65	2,90	3,15	3,41	3,67

452 Forutsetninger for bruk av formelen for C_t :

- C_t -verdien kan ikke bli større enn 1,0. På steder hvor middeltemperaturen i februar er lavere enn -8 °C, kreves det at C_t -verdien skal ganges med 1,2.
- Hvis avglidningen hindres, skal det regnes med en takvinkel på 0°.
- Hvis beregnet lokal maksimalverdi av tilleggslast på grunn av snøfonner overstiger 30 % av gjennomsnittlig snølast på takflaten, reduseres ikke den overstigende delen av lasten med koeffisienten C_t .

453 *Begrensninger.* Når man forutsetter at snøen kan gli ned på et lavere tak, må det lavere taket dimensjoneres for ekstra last fra akkumulert snø.

454 *Takvinkelavhengighet.* I formelen for beregning av termisk faktor på glasstak tar man hensyn til reduksjonen av snølast på grunn av takvinkelen ved leddet $\cos(2\alpha)$, se fig. 454. Hvis takvinkelen er 0°, blir dette leddet lik 1,0. For et horisontalt glasstak blir snølasten dermed bare redusert som følge av smelting. Er takvinkelen over 45°, settes $C_t = 0$, det vil si at det blir ingen snølast. Reduksjonen er ganske betydelig ved takvinklene 25°–35°. Det er disse takvinklene som brukes mest i praksis.

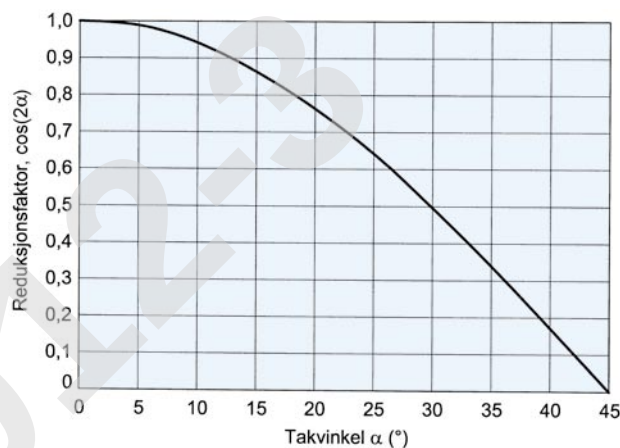


Fig. 454

Reduksjonsfaktor, $\cos(2\alpha)$, på grunn av takvinkelen

455 *Forholdet mellom s og s_k .* Det har vært vanlig å anta at forholdet mellom s og s_k er proporsjonalt. Ut fra meteorologiske data ser ikke det ut til å være tilfellet. Dette tar formelen hensyn til ved leddet $(s_k/3,5)^{0,25}$. Den prosentvise reduksjonen blir derved mindre i strøk med lave snølaster på mark.

456 *Tabeller for C_t .* Siden formelen for C_t er relativt komplisert, kan det være nyttig med tabeller som gir verdien av C_t for ulike U-verdier, innetemperaturen og snølasten. Tabell 456 a–e angir C_t for de mest vanlige tilfellene. Dersom man har andre forhold, kan C_t beregnes ved hjelp av formlene i pkt. 451.

Tabell 456 a

Verdier for C_t ved karakteristisk snølast på mark lik 1,5 kN/m²

Takvinkel, α	U = 1,5 W/(m ² K)			U = 2,0 W/(m ² K)			U = 3,0 W/(m ² K)		
	Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ		
	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C
0°	0,87	0,73	0,66	0,83	0,67	0,57	0,79	0,58	0,45
20°	0,66	0,56	0,50	0,64	0,51	0,43	0,60	0,44	0,35
25°	0,56	0,47	0,42	0,54	0,43	0,36	0,51	0,37	0,29
30°	0,43	0,37	0,33	0,42	0,33	0,28	0,39	0,29	0,23
35°	0,30	0,25	0,22	0,29	0,23	0,19	0,27	0,20	0,15

Tabell 456 b

Verdier for C_t ved karakteristisk snølast på mark lik 2,5 kN/m²

Takvinkel, α	U = 1,5 W/(m ² K)			U = 2,0 W/(m ² K)			U = 3,0 W/(m ² K)		
	Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ		
	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C
0°	0,85	0,70	0,61	0,81	0,62	0,51	0,76	0,52	0,38
20°	0,65	0,54	0,47	0,62	0,48	0,39	0,58	0,40	0,29
25°	0,55	0,45	0,39	0,52	0,40	0,33	0,49	0,33	0,24
30°	0,42	0,35	0,30	0,41	0,31	0,25	0,38	0,26	0,19
35°	0,29	0,24	0,21	0,28	0,21	0,17	0,26	0,18	0,13

Tabell 456 c

Verdier for C_t ved karakteristisk snølast på mark lik 3,5 kN/m²

Takvinkel, α	U = 1,5 W/(m ² K)			U = 2,0 W/(m ² K)			U = 3,0 W/(m ² K)		
	Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ		
	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C
0°	0,84	0,67	0,57	0,79	0,59	0,47	0,74	0,48	0,32
20°	0,64	0,51	0,44	0,61	0,45	0,36	0,57	0,37	0,25
25°	0,54	0,43	0,37	0,51	0,38	0,30	0,48	0,31	0,21
30°	0,42	0,34	0,29	0,40	0,29	0,23	0,37	0,24	0,16
35°	0,29	0,23	0,20	0,27	0,20	0,16	0,25	0,16	0,11

Tabell 456 d

Verdier for C_t ved karakteristisk snølast på mark lik 4,5 kN/m²

Takvinkel, α	U = 1,5 W/(m ² K)			U = 2,0 W/(m ² K)			U = 3,0 W/(m ² K)		
	Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ		
	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C
0°	0,83	0,65	0,55	0,78	0,56	0,43	0,72	0,45	0,28
20°	0,63	0,50	0,42	0,60	0,43	0,33	0,55	0,34	0,21
25°	0,53	0,42	0,35	0,50	0,36	0,28	0,46	0,29	0,18
30°	0,41	0,33	0,27	0,39	0,28	0,22	0,36	0,22	0,14
35°	0,28	0,22	0,19	0,27	0,19	0,15	0,25	0,15	0,10

Tabell 456 e

Verdier for C_t ved karakteristisk snølast på mark lik 5,5 kN/m²

Takvinkel, α	U = 1,5 W/(m ² K)			U = 2,0 W/(m ² K)			U = 3,0 W/(m ² K)		
	Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ			Innetemperatur, θ		
	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C	10 °C	15 °C	18 °C
0°	0,82	0,63	0,52	0,77	0,54	0,40	0,71	0,42	0,24
20°	0,63	0,48	0,40	0,59	0,41	0,31	0,54	0,32	0,19
25°	0,52	0,41	0,34	0,49	0,35	0,26	0,46	0,27	0,16
30°	0,41	0,32	0,26	0,39	0,27	0,20	0,35	0,21	0,12
35°	0,28	0,22	0,18	0,26	0,18	0,14	0,24	0,14	0,08

5 Eksempel på beregning av snølast

Vi skal beregne snølast på et saltakformet glasstak med U-verdi 2,0 W/(m²K), takvinkel på 25° og laveste innetemperatur 18 °C. Bygningen er plassert i et område hvor karakteristisk snølast på mark er 2,5 kN/m².

- U_0 beregnes på grunnlag av U-verdien eller av tabell 451 b. $U_0 = 2,17$ W/(m²K).
- C_t beregnes ved hjelp av U_0 , takvinkel, snølast og innetemperatur eller finnes av tabell 456 b. $C_t = 0,33$.
- Formfaktoren for et saltak med vinkel $\alpha = 25^\circ$ settes til 0,8, se pkt. 44.

Karakteristisk snølast blir:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,33 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 0,66 \text{ kN/m}^2.$$

For andre takvinkler, se tabell 5. Verdiene i tabell 5 viser at valg av takvinkel er meget viktig.

Tabell 5

Karakteristisk snølast på tak ved forskjellige takvinkler

Takvinkel, α	Termisk faktor, C_t	Karakteristisk snølast, s kN/m ²
0°	0,51	1,02
25°	0,33	0,66
30°	0,25	0,50
35°	0,17	0,29
40°	0,09	0,12

6 Referanser

61 Utarbeidelse

Dette bladet er revidert av Bjørn Strandholmen. Det erstatter blad med samme nummer utgitt i 1990. Fagredaktør har vært Morten Lian. Faglig redigering ble avsluttet i februar 2005.

62 Litteratur

- 621 Dreier, Carsten mfl. Glasstak. Konstruksjoner. Klimapåvirkninger og løsninger for nordiske forhold. Norges byggforskningsinstitutt, Håndbok 36. Oslo, 1985
- 622 Nielsen, Anker og Torgersen, Svein Erik. Snølast på glass-tak. Observasjoner av snø på glasstak samt anbefalinger for glasstakkonstruksjoner. Norges byggforskningsinstitutt, Intern arbeidsrapport 383. Oslo, 1989
- 623 Hugdal, Berit og Nielsen, Anker. Rennesystemer for glass-tak. Dimensjoneringsveiledning. Glassbransjeforbundet i Norge. Norges byggforskningsinstitutt, Intern arbeidsrapport. Oslo, 1991
- 624 Tyholt, Marit. Revidering av U-verdikravet for vinduer. Prosjektnummer 22402200. SINTEF Bygg og miljø. Trondheim, 2001