

VEJLEDNING

# Haller og store tage

– forebyg skader fra sne og vand

Denne vejledning orienterer om forhold, der gør haller og andre bygninger med store tage særligt udsatte for overbelastning i forbindelse med snepåvirkning og vandophobning.

# Indhold

|  |          |   |           |
|--|----------|---|-----------|
| <b>Formål</b> .....                          | <b>3</b> | <b>Typiske konstruktive mangler</b> ..... | <b>12</b> |
| <b>Krav</b> .....                            | <b>4</b> | Høje limtræsbjælker .....                 | 12        |
| Byggeloven .....                             | 4        | Samlinger i limtræsbjælker .....          | 12        |
| Normkrav .....                               | 4        | TT-elementer .....                        | 12        |
| Statisk dokumentation .....                  | 4        | Store gitterspær .....                    | 12        |
| Kontrol af udførelsen .....                  | 4        | Stålrammer .....                          | 12        |
| <b>Risikovurdering</b> .....                 | <b>5</b> | <b>Ingeniørvurdering</b> .....            | <b>13</b> |
| Almindelige bygninger .....                  | 5        | Nærmere undersøgelser .....               | 13        |
| Bygninger som altid bør undersøges .....     | 5        | Normregler for sneophobning .....         | 13        |
| <b>Risiko for vandophobning</b> .....        | <b>6</b> | Kommentarer til eksempel 1-11 .....       | 14        |
| <b>Nødafløb</b> .....                        | <b>7</b> | Konstruktive forhold .....                | 16        |
| Maksimal vandstand .....                     | 7        | Sekundære konstruktioner .....            | 16        |
| Dimensionering .....                         | 7        | <b>Forstærkning og beredskab</b> .....    | <b>17</b> |
| Kapacitet af nødafløb .....                  | 7        | Beredskabsplan .....                      | 17        |
| <b>Risiko for sneophobning</b> .....         | <b>8</b> | Plan for snerydning .....                 | 17        |
| Større ophobninger på grund af snefygning .. | 8        | Snerydning eller rømning .....            | 17        |
| Klimæændringer .....                         | 8        | Forebyggelse af vandophobning .....       | 17        |
| 11 risikoeksampler .....                     | 8        | <b>Litteratur</b> .....                   | <b>18</b> |
| Sidebygninger .....                          | 9        |   |           |
| Parallelt liggende bygninger .....           | 10       |   |           |
| Vinkelformede bygninger .....                | 10       |   |           |
| Store tagflader .....                        | 11       |   |           |
| Solfangere .....                             | 11       |   |           |
| Træer og bevoksninger .....                  | 11       |   |           |



# Formål

Formålet med denne vejledning er at orientere om forhold, der gør haller og andre bygninger med store tage særligt udsatte for overbelastning i forbindelse med snepåvirkning og vandophobning.

Baggrunden for vejledningen er, at der har været mange alvorlige tagkollaps i forbindelse med ophobning af sne og vand. De har vist nødvendigheden af at vurdere eksisterende bygninger for at undgå yderligere kollaps.

Vejledningen henvender sig både til bygherrer og projekterende, der ønsker at opføre bygninger med store tage, og til ejere af og driftsansvarlige for eksisterende bygninger med store tage.

Overbelastning kan ske, fordi lasten bliver større end forudsat ved projekteringen, men kollaps sker oftest, når der samtidig er konstruktive mangler.

Først beskrives de formelle ansvarsforhold og krav, og der gives en vejledning til bygningsejeren om, hvad denne selv kan undersøge, og hvornår der er behov for vurdering foretaget af en erfaren rådgivende ingeniør.

Derefter beskrives de særlige lastforhold fra

- Ophobet vand på flade tage ved fx skybrud og forebyggelse af skader ved etablering af nødafløb
- Ophobning af sne på tage under snestorm

En række typiske konstruktive mangler, der reducerer bæreevnen, beskrives også.

De mest hyppige mangler optræder i brede bygninger med træspær og haller med stålrammer. Forholdene for disse bygningstyper beskrives selvstændigt i vejledningerne *Store træspær – behov for afstivning* og *Store stålrammer – behov for afstivning*. Litteraturhenvisninger er i teksten angivet i kursiv se *Litteratur* sidst i pjecen.

Henvisninger til andre afsnit i teksten er angivet i kursiv med sidehenvisning.

Sidst i vejledningen er der en vejledning rettet mod ingeniører, der skal foretage mere dybdegående undersøgelser af eksisterende konstruktioner. Afslutningsvis beskrives, hvorledes risikoen for kollaps kan reduceres ved hjælp af forstærkninger eller ved udarbejdelse af beredskabsplaner.

# Krav

## Byggeloven

Det er altid ejeren af en bygning, der er ansvarlig for, at den overholder byggelovgivningen og er sikker. Ejeren har derfor pligt til at vedligeholde sin bygning og gøre, hvad der er muligt for at forebygge risikoen for skader. Hvis der er tvivl om, hvorvidt en bygning er sikker, bør ejeren kontakte en rådgivende ingeniør eller en anden med nødvendig faglig indsigt.

Hvis der er forhold, som ikke lever op til byggelovgivningens bestemmelser, kan kommunen påbyde ejeren at bringe forholdene i orden, jf. byggelovens § 17, stk. 1.

Vær også opmærksom på, at ejeren, jf. forsikringsaftaleloven § 52, har pligt til at gøre, hvad der efter omstændighederne er muligt for at afværge og begrænse risikoen for skader. I modsat fald kan det få betydning for erstatningen ved en eventuel skade.

## Normkrav

De nugældende regler for beregning og udførelse af bygningskonstruktioner er givet i bygningsreglementet (BR18), som henviser til Eurocode og de tilhørende danske nationale annekser.

## Statisk dokumentation

For bygninger i konstruktionsklasse 1 (KK1) jf. BR18, § 489 skal der ved ansøgning om byggetilladelse afleveres dokumentation for indplacering i KK1, og ved ibrugtagningstilladelse afleveres dokumentation for de bærende konstruktioner jf. BR18, § 504. Der er ikke krav til dokumentation af kontrol.

I konstruktionsklasse 2 (KK2) og højere klasser er der krav om, at der skal udpeges en statiker, der er certificeret til den pågældende konstruktionsklasse. Det påhviler bygningsejeren at sikre, at dokumentationen er samlet og koordineret for hele bygværket iht. BR18 § 15 og § 498. Dette kan fx ske ved udpegning af en bygværksprojekterende, der så overtager ansvaret for det samlede bygværk.

Den certificerede statiker skal medvirke, indtil udførelsen af de bærende konstruktioner er afsluttet. Under udførelsen skal det sikres, at dokumentationen er koordineret med og samlet ind fra de projekterende på de enkelte bygningsafsnit.

Den certificerede statiker er blandt andet ansvarlig for at:

- projekt materialet omfatter en konkret fremgangsmåde til afstivningen af trykpåvirkede konstruktioner
- vindlast på facader og gavle kan overføres til afstivende konstruktioner og derfra til fundament
- der foreligger en kontrolplan, hvor blandt andet de samlinger, der skal udføres uafhængig kontrol med, er identificeret.

## Kontrol af udførelsen

Kontrol af udførelsen skal medvirke til at sikre overensstemmelse mellem det projekterede og det udførte. Bygningsejeren er ansvarlig for at samle dokumentation for kontrol af udførelsen.

I KK2 og højere skal der udarbejdes dokumentation for, at der er gennemført kontrol af udførelsen, som verificerer, at det udførte svarer til projekt materialet.

I KK2 og højere kan den projekterende have udpeget forhold, der i særlig grad skal kontrolleres. Denne særlige kontrol skal gælde forhold, hvor konstruktioner, konstruktionsafsnit eller konstruktionsdele er særligt vanskelige at udføre eller er særligt væsentlige for konstruktionens funktion, sikkerhed eller holdbarhed.

# Risikovurdering

Skader forårsaget af store sne- eller vandmængder på bygninger bør forebygges ved, at der foretages en vurdering af risikoen.

Nogle vurderinger vil den enkelte bygningsejer selv kunne foretage, mens andre bedst kan udføres af en erfaren ingeniør.

## Almindelige bygninger

Almindelige bygninger omfatter bygninger udført efter kendte og sædvanlige principper med begrænset spændvidde. Det kan være haller med rektangulær grundplan, der er udført med limtræs-buer eller stålrammer eller bygninger med spær eller tagelementer af træ eller stål.

Sådanne bygninger vil det kun være nødvendigt at undersøge nærmere, hvis der er risiko for større lokale sneophobninger som beskrevet i *Risiko for sneophobning* på side 8 eller der er anvendt konstruktioner beskrevet under *Typiske konstruktive mangler* på side 12. Undersøgelse af brede bygninger med træspær eller udført med stål rammer bør baseres på vejledningerne *Store træspær – behov for afstivning* og *Store stålrammer – behov for afstivning*.

Ved flade tage skal det undersøges, om der er områder, hvor vand kan ophobes, hvis afløbssystemet er blokeret eller overbelastet.

Det gælder typisk for tage med murkrone på alle fire sider, hvor der ikke er etableret nødafløb, se *Risiko for vandophobning* på side 6.

## Bygninger som altid bør undersøges

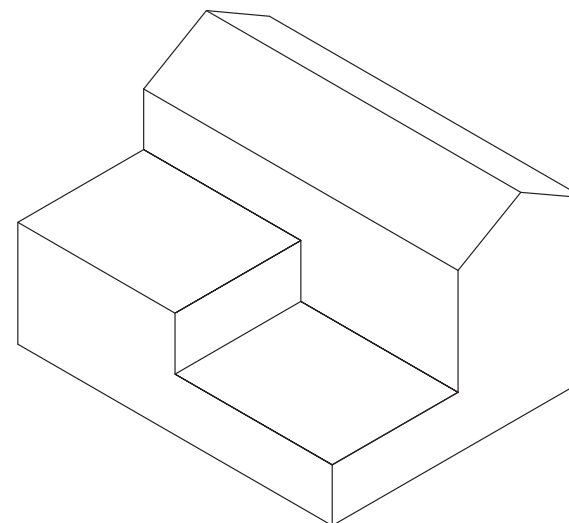
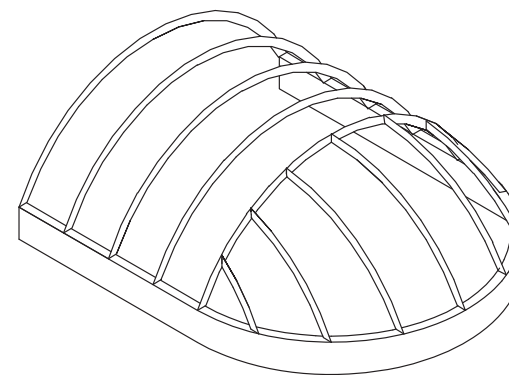
Det anbefales, at følgende typer af store bygninger altid bliver undersøgt af en erfaren ingeniør:

**A.** Haller og lignende bygninger med særligt store spænd, hvor der kan opholde sig mange mennesker, eksempelvis sportshaller og udstillingsbygninger.

**B.** Bygninger med store frie spænd, med usædvanlig udformning som for eksempel dobbeltkrumme tage, en kompliceret grundplan eller spring i tagfladen. Det kan eksempelvis være haller og indkøbscentre sammensat af forskellige bygningskroppe.

**C.** Bygninger med store frie spænd, der anvender konstruktioner nævnt i *Typiske konstruktive mangler* side 12.

**D.** Bygninger, hvor vedligeholdelsen af især tag har været mangelfuld, så de bærende konstruktioner kan være nedbrudte.



**Figur 1** Eksempler på bygninger med usædvanlig udformning

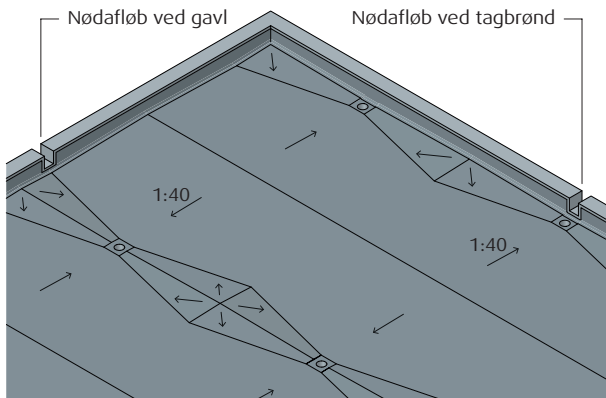
# Risiko for vandophobning

Ophobning af vand på tage med murkrone og/eller indvendige afløb, se figur 2, kan ske, hvis afløbsbrønde er tilstoppede af fx blade eller is, eller hvis afløbssystemet er overbelastet.

Vandet kan stamme fra skybrud eller smeltet sne. Det vil løbe mod de laveste områder, hvor

lasten kan blive betydelig og medføre skadelige udbøjninger eller kollaps, også af korrekt udførte bygninger.

Ophobning bør derfor forebygges, hvilket kan ske med nødafløb, der skal placeres, så vandet afledes, før taget overbelastes, se næste side.



**Figur 2** Fladt tag med fald mod indvendige afløb og begrænset af murkrone.

**Figur 3** Stålrammehal med høj murkrone og lille taghældning. Stoppede afløb forårsagede vandophobning, da der ikke var nødafløb. Ophobningen udløste kollaps af to rammer.

Foto: Beredskabsstyrelsen Midtjylland, Favrskov Kommune.

# Nødafløb

Ved nødafløb forstås afløb, der fungerer uafhængigt af tagbrøndene i det almindelige afløbssystem. Nødafløb skal sikre, at taget ikke overbelastes, og at vand ikke løber over inddækningerne, fx ved murkroner og gennemføringer, når afløbssystemet er overbelastet. Vandet skal derfor føres direkte til det fri, aldrig til kloak.

Nødafløb kan være indvendige afløb eller udspyere, der er ført direkte gennem murkronen, se figur 4. Vandet må ikke udledes på et lavereliggende tag.

Nødafløb skal udformes, så de kun er i funktion, når der faktisk sker vandophobning på taget. De kan hæves over tagdækningen, som vist på figur 4, så vandet kun undtagelsesvis afledes uden om det almindelige afløbssystem.

Nødafløb skal placeres tæt på selve tagbrønden.

## Maksimal vandstand

Nødafløb bør dimensioneres, så den maksimale vandstand ved tagbrønden ikke overstiger 120 mm. Det vil sikre, at et tag, der er dimensioneret for sædvanlig snelast, ikke overbelastes, og at den normale inddækningshøjde på 150 mm er tilstrækkelig også ved fx bølger på det opstuede vand. Det er væsentligt for funktionen, at samlinger i inddækningerne op langs murkronen og ved gennemføringer er tætte.

Ved lokale forsænkninger i tagfladen, fx kasserender og omkring tagbrønde, kan vandstanden måles fra overkanten af forsænkningen.

## Dimensionering

Nødafløb bør dimensioneres for 10-årsregn jf. DS 432, dvs. 230 l/(s ha). Det vil sammen med muligheden for opstuvning af vand på taget i kortere tid sikre tilstrækkelig kapacitet ved ekstremregn.

Når vandet fra én tagbrønds opland – i tilfælde af at brønden er stoppet – kan løbe til en anden tagbrønds opland, før vandstanden overstiger 50-60 mm, er det tilstrækkeligt med et nødafløb for hver anden tagbrønd.

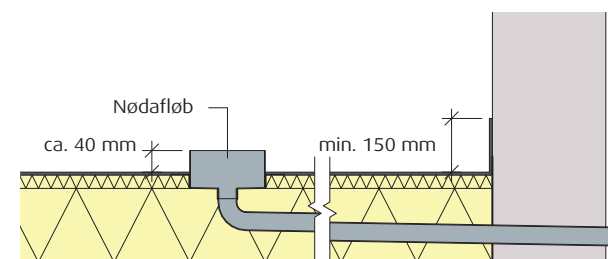
Hvis tagbrøndene er tilsluttet hver sin faldstamme, kan nødafløbet derfor dimensioneres, så det sammen med én tagbrønd har kapacitet til at aflede 10-årsregnen fra det fælles opland.

Er der risiko for at begge brønde er stoppede, skal nødafløbet dimensioneres for det fælles opland.

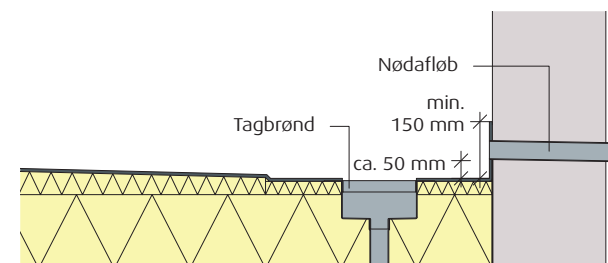
## Kapacitet af nødafløb

Kapaciteten af et afløb bør være angivet af producenten iht. DS/EN 1253. Kapaciteten gælder for en vis overhøjde af vand over afløbet, der varierer mellem 35 og 55 mm.

Kapaciteten øges med større overhøjde, som eventuelt kan udnyttes, hvis forøgelsen er kendt, og vandstanden inklusive overhøjden ikke overstiger 120 mm. Bemærk, at et vandret nødafløb med udspyer, som i figur 4b, skal have et væsentligt større tværsnit end en skål, som i figur 4a, for at have samme kapacitet.



a. Indvendigt nødafløb med hævet afløbsskål.



b. Nødafløb med udspyer direkte gennem murkronen. Ved fald langs murkronen kan underkanten sænkes til 20 mm over tagdækningen.

Figur 4. Eksempler på nødafløb.

# Risiko for sneophobning

Ophobning af sne på bygninger sker normalt ved at sneen:

- Lægger sig, hvor der er læ
- Glider ned fra højere liggende tagflader

## Større ophobninger på grund af snefygning

Betydende snefygning optræder kun i forbindelse med snestorme, hvor vinden altid kommer fra østlige retninger, mellem NNØ og SØ. Sneen lægger sig, hvor der er læ, typisk på tagflader, der ligger på den vestlige side af en højere bygning eller af tagryggen. Nedglidning af sne kan ske i alle retninger.

## Klimaændringer

Klimaændringer har medført, at både hav- og lufttemperaturen kan være højere under en snestorm end tidligere. Det betyder, at vinden kan opsamle mere fugt, og at både mængden af sne og sneens densitet i den enkelte snestorm kan være forøget.

Ophobningen af sne på tage afhænger kun i nogen grad af den snemængde, der er faldet, mens vindforholdene under en snestorm er meget afgørende for, om der er risiko for stor ophobning. Stabil vind fra samme retning i lang tid kan føre til store ophobninger, hvor der er læ, selvom terrænværdien ikke i sig selv er særlig høj. Da sneen er tungere end tidligere, vil vind fra skiftende ret-

ninger under en snestorm også medføre mindre tendens til, at ophobet sne blæser ned igen. Derfor kan lasten ved sneophobninger blive større, selvom den samlede snemængde er faldende grundet det varmere klima.

Det er således vigtigere end nogensinde at tage hensyn til sneophobning ved projektering af nye bygninger og vurdering af eksisterende bygninger. Dette gøres ved at benytte gældende regler i snenormen, DS/EN 1991-1-3 og det tilhørende nationale annekse, samt ved at iagttage de følgende risikoeksempler.



**Figur 5** Kollaps efter sneophobning. Foto: BK NORD A/S.

## 11 risikoeksempler

Bygningens udformning og beliggenhed har stor indflydelse på omfanget af sneophobning i forbindelse med snestorme.

Af de efterfølgende 11 eksempler fremgår det, hvor de særligt udsatte områder for ophobning af kritiske snemængder skal findes på forskellige bygninger.

I mange tilfælde er der taget højde for den ekstra snebelastning i de gældende normer for beregning af bygninger, men normerne dækker ikke alle de tilfælde af sneophobning, som kan forekomme.

Nye bygninger nær en eksisterende bygning, herunder tilbygninger, kan ændre forholdene for den eksisterende bygning, så der er risiko for, at kravene ikke længere er opfyldt.

Yderligere information, som især ingeniører kan bruge til vurderingen, findes i afsnittet Normregler for sneophobning side 19.



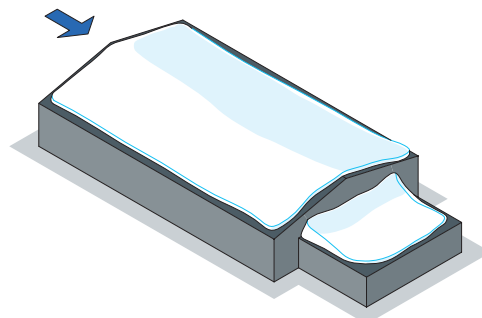
## Sidebygninger

Sidebygninger til højere bygninger er ofte udsat for sneeskader. Det gælder især lave sidebygninger, beliggende på vestsiden af en højere bygning. Under snestorme vil sneen lægge sig på sidebygningen, hvor der er læ, se eksempel 1.

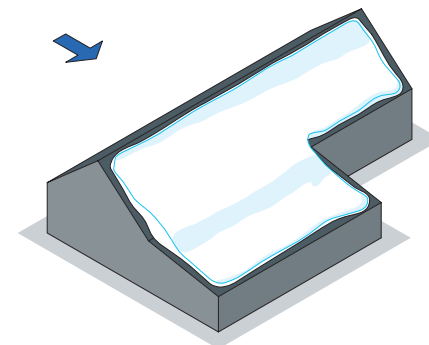
Sidebygninger kan også blive belastet af nedglidende sne fra højere beliggende tagflader, se eksempel 2. Erfaringerne viser, at der i mange tilfælde ikke er taget højde for denne ekstra belastning, selv om normreglerne foreskriver det.

På bygninger, hvor taghældningen er mindre på den nederste del af taget, kan der ophobe sig sne, fordi der er læ for vinden og på grund af nedglidende sne, se eksempel 3. Belastning fra den ophobede sne vil påvirke både sidebygningen og det nederste stykke af hovedbygningens tag. Det er der normalt ikke dimensioneret for.

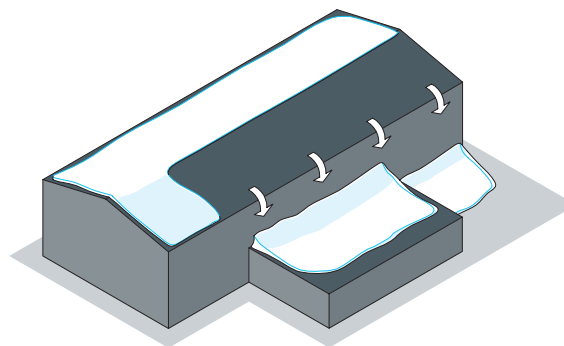
Forlænges en bygning, og er der højdeforskel – eller blot en kant – mellem tagene på de to bygninger, vil der være risiko for ophobning af sne på taget af den laveste bygning, især – men ikke kun – hvis den ligger mod vest, se eksempel 4. En højdeforskel på blot 20 cm kan give betydelig sneophobning. Er den lavere bygning mod vest samtidig den ældste, vil den sjældent være forstærket, så den kan bære den ekstra belastning fra ophobningen.



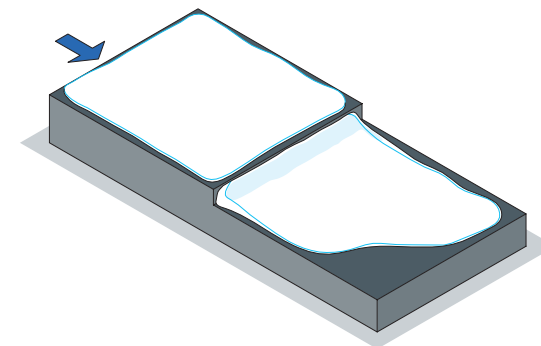
**Eksempel 1** Sidebygning ved gavlen af en højere bygning. Sidebygningens tag skal være dimensioneret for sneophobning, fordi den ligger i læ af den høje bygning.



**Eksempel 3** Når taghældningen ændres uden at der er særlig højdeforskel mellem tagene, er der risiko for ophobning af sne på begge dele af taget.



**Eksempel 2** Sidebygning langs facaden af en højere bygning, hvor der er højdeforskel mellem tagene. Sidebygningens tag skal da også være dimensioneret for nedglidende sne.

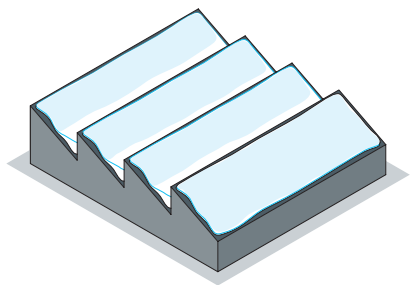


**Eksempel 4** Tagflader på lavere bygninger, der ligger på især vestsiden af en højere bygning, skal være dimensioneret for sneophobning. Sneophobning kan dog også forekomme, når den lavere bygning vender mod øst, fordi sne blæses op på taget.

### Parallelt liggende bygninger

Mellem parallelt liggende bygninger med sammenbyggede tage, fx shedtage, se eksempel 5, vil der ofte være læ for vinden. Her vil der – uanset vindretningen – være risiko for både sneophobning og nedglidende sne fra tagfladerne.

Er bygningerne opført på samme tidspunkt, vil der normalt være taget højde for sneophobningen. Er der derimod foretaget tilbygninger, er taget på den ældste bygning ofte ikke blevet forstærket til at klare den ekstra snebelastning. Ligger to bygninger parallelt med lille indbyrdes afstand som i eksempel 6, vil der også være læ mellem tagryggene og derfor risiko for at sneen kan ophobes på tagfladerne. Det er der sjældent taget højde for ved beregningen af tagene.

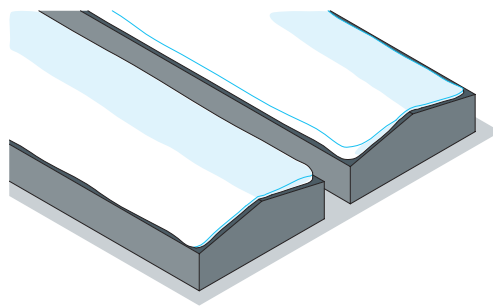


**Eksempel 5** Sneophobning på shedtage og andre sammenbyggede tage kan forekomme både på grund af læ og som følge af nedskridende sne fra tagfladerne.

### Vinkelformede bygninger

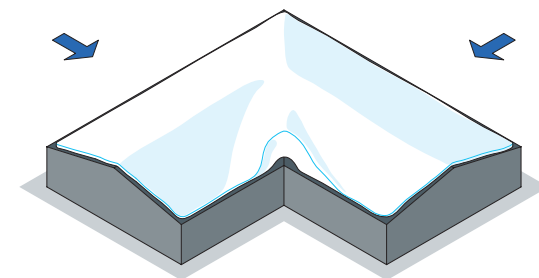
Læ omkring skotrender på vinkelformede bygninger giver ofte anledning til snedriver i skotrenden, som kan ophobes over længere tid, fordi der er læ for mange vindretninger og sneen derfor ikke bliver blæst væk, se eksempel 7.

På mindre bygninger giver det erfaringsmæssigt ikke anledning til skader. Men på store bygninger, se eksempel 8, er der risiko for skader. Der har ikke været specifikke beregningsregler for denne belastning.

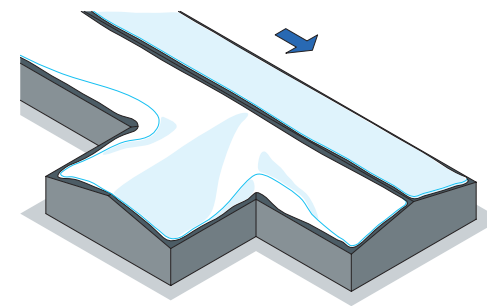


**Eksempel 6** Mellem to tætliggende bygninger vil der ofte være læ på tagfladerne mod nabobygningen og dermed risiko for sneophobning ved snefygning. Det kan ske ved alle vindretninger.

Sneaflejringen kan ske på begge sider af sidebygningen, men risikoen er størst, når der øst for sidebygningen er en lang snebelagt tagflade, hvor sneen kan hvirvles op og fyge hen omkring sidebygningen.



**Eksempel 7** Sne ophober sig ofte omkring skotrender, fordi der er læ ved snefygning.



**Eksempel 8** Vinkelformede bygninger med lang tagflade mod øst er mere udsat for sneophobning omkring sidebygningen end almindelige vinkelbygninger.

## Store tagflader

Snebelastningen på store tagflader bliver ofte større end på mindre tagflader, fordi sneen ikke bliver blæst væk i samme omfang som fra små tage.

Ved lave bygninger med sadeltag eller buet tag kan sneen også blæse op fra det omgivende terræn og lægge sig på læsiden af taget, der vil være den vestlige side, da snestorme som nævnt kommer fra østlige retninger.

Ved høje bygninger, over 10-15 m, er risikoen for sneophobning lille, når der ikke er højere tage i nærheden.

Risikoen for ophobning på lave bygninger øges af høje kanter omkring flade tage, brandkamme, skorstene, ventilationsanlæg, solfangere, ovenlys, elevatortårne og lignende. Ved at give læ kan disse kanter og installationer på taget være årsag til betydelige lokale drivedannelser af sne, som der sjældent er taget højde for ved projekteringen, se eksempel 9 og 10.

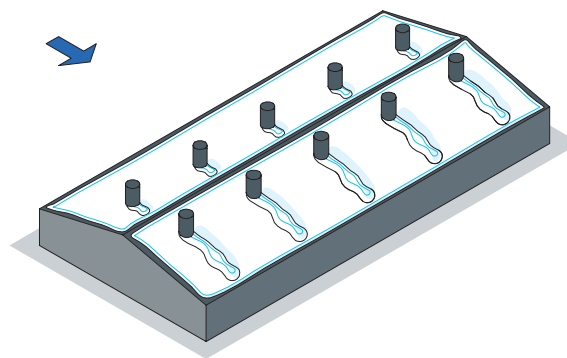
Sneen vil ofte ligge ujævnt på tagfladen på grund af installationer på taget. Det kan medføre store belastninger på enkelte spær eller åse eller medføre en vridningspåvirkning, som tagkonstruktionen ikke er dimensioneret for.

## Solfangere

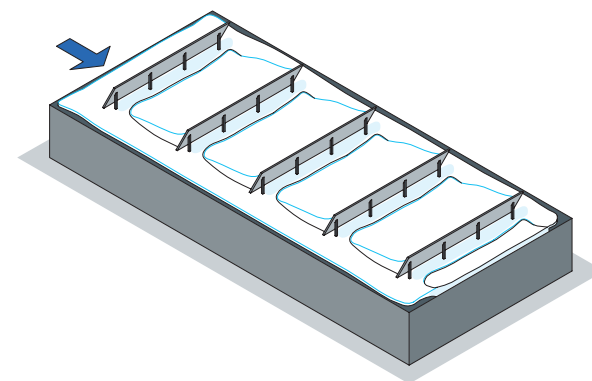
Sneophobning ved solfangere kan minimeres ved at anvende solfangere med lille hældning. Det reducerer samtidig problemet med at optage vindlast fra solfangerne.

## Træer og bevoksninger

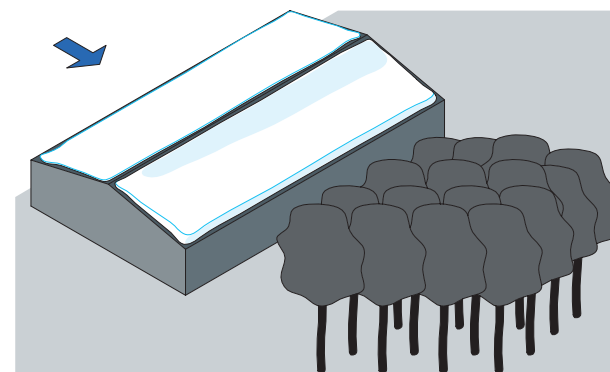
På bygninger, der ligger op til en skov, et læbælte eller en tilsvarende stor bevoksning, vil der kunne ophobes sne på den tagflade, som vender mod beplantningen, se eksempel 11. Det skyldes dels lævirkningen, dels at bygningen primært påvirkes af vind fra én retning, så sneen ikke bliver blæst ned ved andre vindpåvirkninger.



**Eksempel 9** På store tagflader bliver sneen ofte liggende uden at blive blæst ned og ofte så ujævnt, at den lokalt belaster tagkonstruktionen ekstra, især når installationer som ventilationsaftræk giver læ for sneen.



**Eksempel 10** På store tagflader, hvor solfangere eller rytterlys giver læ, vil sneen ofte ophobes, så tagkonstruktionen belastes ekstra.



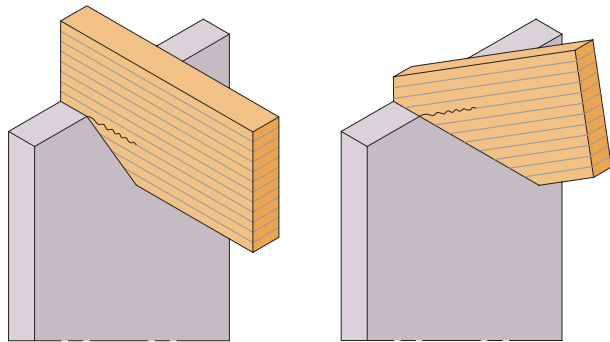
**Eksempel 11** Sneophobning forårsaget af bevoksning omkring bygninger.

# Typiske konstruktive mangler

Erfaringsmæssigt er det nogle få typiske fejl i projektering og udførelse, der væsentligt øger risikoen for kollaps ved påvirkning af sne eller vandophobning, se følgende eksempler.

## Høje limtræsbjælker

Ved tage båret af høje limtræsbjælker er der set kollaps, som skyldtes utilstrækkelig kontrol af bæreevnen for forskydning ved understøtninger, se eksempel 12.



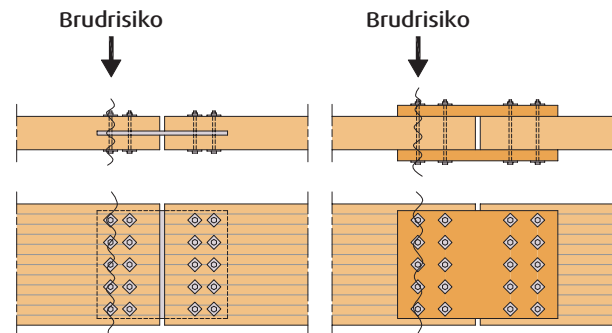
**Eksempel 12** Flækning ved understøtninger sker især ved høje bjælker, hvor der er udskæring i bjælkeenden og ved bjælker med hældning, hvor bjælkeenden er skåret vandret af.

## Samlinger i limtræsbjælker

Ved samlinger i limtræ med indslidsede stålplader eller laskeplader, se eksempel 13, svækkes bæreevnen af træet af slidser og boltehuller. Høje stålplader giver desuden risiko for revner, når træet ved udtørring svinder i højderetningen.

## TT-elementer

Flade tage udført med TT-elementer med mellemliggende lette elementer er særligt følsomme for ujævn snelast. Ofte er de ikke dimensioneret for ujævn snelast.



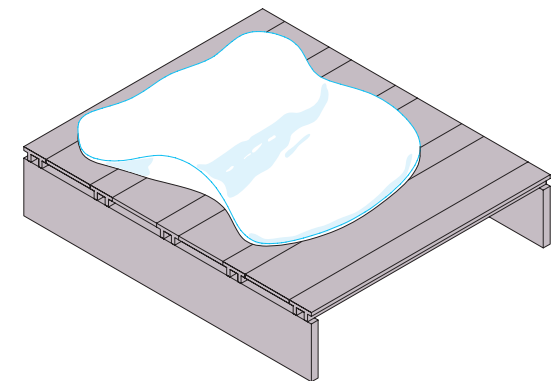
**Eksempel 13** Svigt ved samlinger kan skyldes manglende kontrol af, om tværsnittet har tilstrækkelig styrke, hvor det er svækket af boltehuller, slidser for stålplader og andre tildannelser.

## Store gitterspær

Store, tætstående gitterspær på fx stalde er ofte utilstrækkeligt tværafstivet. Læs mere herom i *Store træspær – behov for afstivning*.

## Stålrammer

I haller, bygget med stålrammer, er rammerne ofte utilstrækkeligt fastholdt mod kipning, ligesom der kan mangle kropplader i fx rammehjørner. Læs mere herom i *Store stålrammer – behov for afstivning*.



**Eksempel 14** Ujævn snelast på tag med dobbelt T-betonelementer og mellemliggende lette elementer giver vridningspåvirkning af betonelementerne.

# Ingeniørvurdering

Ved en ingeniørmæssig vurdering af, om en bygning skal undersøges nærmere, bør følgende forhold inddrages:

1. Giver bygningen eller beliggenheden anledning til risiko for sneophobning på dele af taget? Dette kan vurderes ved hjælp af *Risiko for sneophobning* side 8 (eksempel 1 til 11).
2. Giver tagets udformning risiko for vandophobning på hele eller dele af taget, uden at der er etableret nødafløb? Dette kan vurderes ved hjælp af *Risiko for vandophobning* side 6 (eksempel 1 til 11).
3. Tager normreglerne på opførelsestidspunktet i tilstrækkelig grad hensyn til sneophobning? Norm-reglerne er kort resumeret i *Normregler for sneophobning*, side 13.
4. Indeholder bygningen konstruktioner, der erfaringsmæssigt ofte er projekteret eller udført forkert? Eksempler er vist i *Typiske konstruktive mangler* side 12 (eksempel 12-14) og *Konstruktive forhold* side 16.
5. Er bygningens primære konstruktioner ændret, eller er de mangelfuldt vedligeholdt?

6. Svarer den statiske virkemåde til den forudsatte? Uheldigt udformede sekundære konstruktioner kan medføre risici, se *Sekundære konstruktioner* side 16.

Vurderingen skal klarlægge, hvilke konstruktionsdele det eventuelt er nødvendigt at undersøge nærmere, specielt hvor der kan være læ, eller vand vil oplobes.

## Nærmere undersøgelser

Hvis vurderingen rejser tvivl om, hvorvidt konstruktionen er sikker, kan det være nødvendigt at beregne både bæreevne og last som minimum efter reglerne gældende ved opførelsen. Afviger nugældende regler for fx sneophobning eller krav til stabiliserende konstruktioner væsentligt fra reglerne ved opførelsen, bør beregningerne foretages efter nugældende regler.

Hvis bæreevnen vurderes ikke at være tilstrækkelig, se *Forstærkning og beredskab* side 17.

Hvis projektet eksisterer, kan det anvendes som grundlag, når det på de kritiske steder er kontrolleret, at der er overensstemmelse mellem projekt og udførelse. Er der ikke overensstemmelse, eller er projektet ikke til rådighed, må der foretages en registrering af de væsentligste konstruktioner.

For bygninger, hvor projekteringen har været underlagt 3. partskontrol efter kravene, der blev indført i 2004, kan bæreevnen antages at være korrekt bestemt, så det er tilstrækkeligt at vurdere lasterne.

## Normregler for sneophobning

I det følgende gennemgås kort, hvilke normregler der er relevante i forhold til de 11 snelasteksempler, som er vist på side 10-16. Samtidig belyser gennemgangen, hvilke bygningsorienteringer der er kritiske, om reglerne kan forventes at være fulgt, og om reglerne kan antages at dække for tilfældet i hvert eksempel.

Udviklingen i normreglerne er beskrevet i *Danske normregler for snelast*. Notatet gengiver også normteksterne fra 1916 til og med 1998. De væsentligste normændringer er sket i:

- 1916 (Normer for husbygningskonstruktioner)
- 1945 (DS 410, 1. udgave)
- 1977 (DS 410, 2. udgave)
- 1988 (ved tillæg til DS 410, 3. udgave)
- 1998 (DS 410, 4. udgave)
- 2009 (Eurocode 1, del 1-3)
- 2012 (ved nyt nationalt annekse til Eurocode).

Indtil 1988 var normreglerne for sne meget kortfattede. For alt andet end sadeltage var det i høj

grad op til den projekterende at skønne, hvilken snelast der skulle dimensioneres for. Sneophobning var stort set kun knyttet til omfordeling ved nedglidning. Vindens indflydelse blev der først taget hensyn til fra 1988. Reglerne er blevet udbygget i det nationale anneks, navnlig i 2012.

**Sadeltage:** Før 1959 var lasten på tage med hældning  $20^\circ$  til  $30^\circ$  fastsat ret lavt. Fra 1959 til 1988 var lasten omtrent som efter Eurocode. Fra 1988 og indtil Eurocode trådte i kraft i 2010 var lasten usymmetrisk men bunden og svarede stort set til, at den tidligere last blev omfordelt mellem tagfladerne. I 1998 blev den samlede last øget. I Eurocode var lasten igen symmetrisk, dog med halvdelen som fri last.

**Pulttage:** Lasten på pulttage med hældning over  $10^\circ$  var i perioden 1988 – 2009 fastsat som den laveste af formfaktorerne for sadeltage. Det betød, at den fra 1988 til 1998 var meget lav. Dette blev korrigeret i 1998.

**Cylinderformede tage:** Indtil 1988 var sådanne tage formentlig kun dimensioneret for snelast svarende til et sadeltag med den lokale hældning. I 1988 blev den jævnt fordelte last øget betydeligt samtidig med, at der kom et tilfælde med usymmetrisk last. Det usymmetriske tilfælde blev ændret i 1998. Dette tilfælde findes også i den

nuværende Eurocode for snelast, som i det danske nationale anneks er suppleret med tilfældet fra 1988.

#### **Kommentarer til eksempel 1-11**

**Læ fra højere bygning, eksempel 1:** Lævirkning blev ikke omtalt før 1988, hvor der blev givet konkrete regler. Erfaringsmæssigt er den lave bygning ofte ikke dimensioneret for sneophobning, heller ikke hvis den er opført efter 1988. Det er kritisk, hvis den ligger på den vestlige side af en højere bygning.

**Nedglidning fra et højere tag, eksempel 2:** Nedglidning blev nævnt første gang i 1977. Konkrete regler kom i 1988, hvor lastbidrag fra lævirkning og nedglidning skulle adderes. I 1998 blev nedglidningsbidraget øget betydeligt for taghældninger fra  $15^\circ$  til godt  $30^\circ$ , men reduceret betydeligt for større hældninger. Det fremgik, at risikoen for nedglidning ikke afhang af vindretningen, men var størst ved sydvendte tagflader.

**Ændring af taghældning uden spring, eksempel 3:** Sneophobning kan både skyldes lævirkning og nedglidning.

I 1977 angaves, at formfaktorerne kun var gældende ved fald mod fri kant. Den projekterende kan have taget hensyn til den ekstra last fra en

ændret taghældning ved at betragte tilfældet som en snesæk. Det var dog næppe sædvanligt.

Fra 1988 angaves, at formfaktoren uanset taghældningen skulle sættes til 0,8, hvis nedglidning var hindret af snefangere eller opbygninger. Reglerne for nedglidning fra et højere tag ville også give en ekstra last på den flade del af taget (den normmæssige lævirkning bidrog kun, når der var en højdeforskel). Det kan dog ikke forventes, at den projekterende har brugt reglerne for dette tilfælde.

Tilfældet med ændring af taghældningen blev først behandlet konkret fra 2009. Ændret taghældning



**Figur 6** Nedskridning af sne. Foto: Dansk Standard.

er formentlig kun kritisk, hvis både nedglidning og lævirkning bidrager til ophobningen, altså når den lave bygning ligger på vestsiden af den højere.

**Spring i taghøjde, eksempel 4:** Springet er blevet set som en lokal lægiver og behandlet konkret fra 1988. Det svarer meget til tilfældet i eksempel 1. Ophobning på den lave bygning vil primært forekomme, hvis den ligger vest for den højere bygning, men der kan også ophobes sne foran en lægiver, når taget er stort.

Når springet skyldes, at en bygning er blevet forlænget, vil den laveste bygning ofte være den ældste, og denne er næppe blevet forstærket.

**Shedtage, eksempel 5:** Sneophobning har været behandlet siden 1945, så det kan forventes, at der er dimensioneret for sneophobning ved egentlige shedtage. Ved parallelle bygninger med sammenbyggede sadeltage kan det være undladt, især hvis bygningerne ikke er opført samtidigt. Sne vil kunne ophobes for alle orienteringer af bygningerne i forhold til vindretningen.

**Tætliggende bygninger, eksempel 6:** Hvor den ene bygning er lavere end den anden, har reglerne for lævirkning været gældende i normerne siden 1988, men lævirkningen mellem to ensartede bygninger har ikke været beskrevet.

#### **Vinkelformede bygninger, eksempel 7 og 8:**

Indtil 1988 blev området omkring skotrenden ofte betragtet som en snesæk. Efter 1988 kan det ikke forventes, at der er taget hensyn til ophobning, da tilfældet ikke omtales. Der er ikke erfaring for, at den manglende hensyntagen fører til skader på almindelige bygninger. For lange og brede bygninger kan sne aflejres på begge sider af sidebygningen og forårsage skader. Det sker, hvor vinden blæser sne fra en lang tagflade sammen, og sidebygningen virker som lægiver.

**Store tagflader, eksempel 9 og 10:** På store tagflader kan mindre lægivere som eksempelvis ventilationsskorstene forårsage en betydelig sne-



**Figur 7** Kollaps efter sneophobning på stor tagflade.  
Foto: John Dalsgaard Sørensen.

ophobning. Normerne omfatter kun sammenhængende lægivere som fx solfangere. Står solfangere på rækker, kan lasten måske blive overvurderet.

På tage uden lægivere vil sneen ofte blæse ned på begge sider af taget, men på lave bygninger eksponeret for snestorme kan der på læsiden ligge mere sne end svarende til formfaktoren 0,8. Dette blev første gang behandlet i Nationalt annekset til EN 1991-1-3 i 2012.

**Bevoksninger, eksempel 11:** Træer bremser vinden, så sneen kan lejres på vindsiden af bevoksninger.



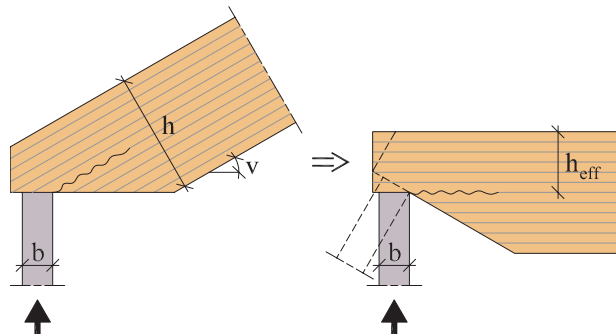
**Figur 8** Sneophobning på grund af lævirkning fra skov.  
Foto: Svend Ole Hansen.

### Konstruktive forhold

I det følgende beskrives nogle tekniske forhold for de konstruktioner, som er omtalt i afsnittet *Typiske konstruktive mangler*, side 12.

*Høje limtræsbjælker, eksempel 12:* Forskydningsbæreevnen af høje bjælker er især kritisk, når der er udskæringer i bjælkeenderne, men kan også være utilstrækkelig, selvom der ikke er udskæringer.

Bjælker med hældning, herunder krumme bjælker, kan med god tilnærmelse kontrolleres for flækning efter normreglerne for vandrette hakbjælker som illustreret i figur 9 nedenfor.



**Figur 9** En limtræsbjælke med hældning kan kontrolleres for flækning ved understøtningen ved at betragte den som en vandret hakbjælke, der kun er påvirket af lasten vinkelret på bjælkeaksen.

*Samlinger i limtræsbjælker, eksempel 13:* Det er især ved trækpåvirkede samlinger med indslidsede stålplader, at det er kritisk, om der er taget korrekt hensyn til svækkelsen fra boltehuller og slidser. Ved mange forbindelsesmidler på række i fiberretningen er der en gruppevirkning, der reducerer bæreevnen. Denne virkning blev første gang behandlet i trænormen i 2004 (Tillæg 1 til DS 413:2003). Tillægget blev foranlediget af en række skader, hvor gruppevirkningen havde haft indflydelse.

*TT-elementer, eksempel 14:* Tage udført med dobbelt TT-elementer med mellemliggende lette elementer bør være dimensioneret for halvdelen af snelasten som fri last, jf. det nationale anneks til Eurocode for snelast, *DS/EN 1991-1-3*.

### Sekundære konstruktioner

Hvis den reelle virkemåde af konstruktionen ikke svarer til den, der er forudsat ved beregningerne, kan risikoen for uvarslede svigt øges. Stive sekundære konstruktioner kan føre til, at en stor del af lasten optages af disse, fremfor af de forudsatte konstruktionsdele. Hvis det er de sekundære konstruktioner, der først svigter ved stor last, er der risiko for dynamiske tillægslaster, som ikke kan optages af de primære konstruktioner. Skader på sekundære konstruktioner kan være tegn på, at de utilsigtet optager last.

Utilsigtet lastoptagelse kan også medføre, at fejl i den primære konstruktion ikke afsløres i tide i form af udbøjninger eller revnedannelser. Det er dog ikke alle typer svigt, der varsles af store udbøjninger – eksempelvis ses forskydningsbrud i træ.



# Forstærkning og beredskab

Hvis en nærmere undersøgelse viser, at bæreevnen ikke er tilstrækkelig, kan man enten forstærke bygningen eller udarbejde en beredskabsplan og en plan for snerydning. Ved risiko for vandophobning, se afsnit *Forebyggelse af vandophobning*.

Forstærkning til fuld sikkerhed vil ofte være meget dyrt. I stedet kan en kombination af delvis forstærkning og beredskabsplan være attraktiv. Det gælder fx hvis der er fundet særligt svage konstruktionsdele. Delvis forstærkning bør også benyttes, hvis bæreevnen for snelast er så ringe, at den jævnt fordelte snelast ikke kan optages.

## Beredskabsplan

Risikoen for skader på grund af sneophobning kan reduceres væsentligt ved hjælp af en beredskabsplan. Planen skal sikre, at der iværksættes snerydning på taget, eller at bygningen rømmes, før der opstår risiko for skader. Planen skal først og fremmest angive:

1. De kritiske områder på taget
2. Snedybden hvor rydning eller rømning skal iværksættes
3. Hvem der er ansvarlig for at måle snedybden
4. Hvem der er ansvarlig for at iværksætte rydning eller rømning.

Desuden skal beredskabsplanen indeholde en plan for, hvordan sneen ryddes, eller hvordan bygningen afspærres efter rømning.

## Plan for snerydning

En plan for snerydning kan blandt andet beskrive:

- Hvilket udstyr, der kan anvendes på taget og fra jorden (såfremt rydning kræver at personer færdes på taget, skal personlasten være medregnet).
- Hvor der skal ryddes først (som regel de hårdest belastede områder for at minimere asymmetrier).
- Hvor der er genstande på taget og på jorden, som kan være skjult af sneen (fx taghætter).
- Hvem der råder over det nødvendige udstyr.

## Snerydning eller rømning

Selvom beredskabsplanen er baseret på snerydning, bør den også indeholde forskrifter for rømning af bygningen, hvis ikke det lykkes at gennemføre snerydningen.

Flere råd om snerydning findes i pjecen *Hvordan rydder jeg mit tag for sne?*

Når en rådgiver skal fastlægge, hvornår snerydning eller rømning skal iværksættes, kan følgende retningslinjer anvendes:

- Snerydning skal iværksættes på det tidspunkt, hvor snelasten når tagets karakteristiske bæreevne for snelast
- Evakuering skal iværksættes, når snelasten overskrider 1,2 gange tagets karakteristiske bæreevne for snelast
- Snelasten kan bestemmes ved at sætte tyngden af sneen til 2,5 kN/m<sup>3</sup> (250 kg/m<sup>3</sup>).

## Forebyggelse af vandophobning

Hvor der er risiko for vandophobning, er det nødvendigt at etablere nødafløb. Uden nødafløb kan lasten blive meget stor, så forstærkning er ikke realistisk og vand vil trænge ind i konstruktionen.

Nødafløbene skal placeres, så lasten ikke overstiger den faktiske bæreevne. Det gælder især, hvis sikkerheden over for snelast er baseret på en beredskabsplan.

Indtil der er etableret nødvendige nødafløb, kan der udarbejdes en beredskabsplan for evakuering, når vanddybden nærmer sig bæreevnen. Det vil kræve en aktiv overvågning.

# Litteratur

*Store træspær - behov for afstivning*  
Trafik-, bygge- og boligstyrelsen\*, 2019  
bygningreglementet.dk

*Store stålrammer - behov for afstivning*  
Trafik-, bygge- og boligstyrelsen\*, 2020  
bygningreglementet.dk

*Hvordan rydder jeg mit tag for sne?*  
Erhvervs- og Byggestyrelsen\*, 2010  
bygningreglementet.dk

*Danske normregler for snelast fra 1916 til 2010*  
Træinformation, 2011  
traeinfo.dk

*DS/EN 1991-1-3 Eurocode 1: Last på bærende konstruktioner – Del 1-3: Generelle laster – Snelast samt tilhørende Nationalt Anneks*  
Dansk Standard

*DS 432:2020 Afløbsinstallationer*  
Dansk Standard

\* Siden januar 2021 Bolig- og Planstyrelsen,  
bpst.dk

Pjecen er udarbejdet af Træinformation for  
Bolig- og Planstyrelsen  
Juli 2021

Redaktion: Træinformation  
Forsidefoto: John Dalsgaard Sørensen  
Illustrationer: Træinformation  
Layout: Lone Bak