

UNDERSØGELSE AF ÅRSAGER TIL TAGKOLLAPS

I FORBINDELSE MED SNEFALD
VINTEREN 2010



DANSK STANDARD

Forord	2
1. Sammenfatning	4
1.1 Resume	4
1.2 Hovedkonklusioner.....	4
1.3 Anbefalinger til forøgelse af konstruktioners sikkerhed	5
1.4 Revision af snenormen	7
2. Baggrund og formål	9
3. Regelgrundlag i de sidste ca. 50 år	10
3.1 Snenormer og -laster	10
3.2 Stålnormer	11
3.3 Trænormer	11
3.4 Landbrugets Byggeblade	12
3.5 Bygningsreglementet.....	13
4. Skader	17
4.1 Opførelsesperioder.....	18
4.2 Konstruktionens anvendelse	18
4.3 Skadede bygningsdele og spændvidder	19
4.4 Konstruktionsmaterialer.....	19
4.5 Kiplinjens orientering	20
4.6 Delkonklusion – Skadede konstruktioner	20
5. Vurdering af konstruktioner - udvalgt af andre.....	21
5.1 Farmtest undersøgelser.....	21
5.2 Telefoninterview med forsikringsselskaber	22
5.3 Største sager modtaget fra forsikringsselskaberne.....	23
5.4 Konstruktioner andre oplyser kontrolleret og iht. grundlag.	26
6. Konstruktioner udvalgt af projektgruppen.....	27
6.1 Udvælgelse og indhentning af data for konstruktioner	27
6.2 Vurderinger.....	27
6.3 Kommentarer til vurderingerne	32
6.4 Opsummering	33
6.5 Forhold ved eksisterende bygninger	34
6.6 Forhold ved fremtidige bygninger	35
7 Sneens terrænværdi	37
8 Vindtunnelforsøg.....	40
8.1 Beskrivelse	40
8.2 Vindtunnelforsøg.....	40
8.3 Opstillinger, analyse og resultater.....	41
8.4 Konklusion	44
9 Anbefalinger til ændrede normregler	47
9.1 Værdi for snelast i terræn	47
9.2 Snelast på sadeltage	47
9.3 Snelast på tage ved højere bygværker og ved lokale lægivere	53
9.4 Snelast ved flere lokale lægivere	54
9.5 Snelast ved tagsammenskæringer.....	54
9.6 Eksponeringskoefficient	54
9.7 Snerydning.....	54
9.8 Kontrol af udførsel.....	55
9.9 Gartneriets væksthuse	55
10 Referencer	56

Se tillige annekser i separat rapport.

Forord

Rapporten er udarbejdet for Erhvervs- og Byggestyrelsen i henhold til aftale mellem styrelsen og Dansk Standard af 2010-03-25 vedrørende "Undersøgelse af årsager til tagkollaps i forbindelse med snefald vinteren 2010".

Undersøgelsen er en forlængelse af Eurocodeudvalgets "Indledende udredning af snelast i 2010", dateret februar 2010. Herudover er undersøgelsen udbygget og omfatter følgende punkter:

- Kortlægning af omfanget af tagkollaps
- Opgørelse af tagkollaps fordelt på bygningstyper og alder
- Udvælgelse af relevante bygninger til en nærmere vurdering
- Vurdering af de mulige årsager til kollaps, herunder om de skyldes:
 - Udførelsesfejl
 - Beregningsfejl
 - Manglende vedligeholdelse
 - Store snemængder
 - Særlige forhold, der ikke tages højde for i normerne
- Vurdering af, om installationer på tage eller udformninger med skotrender, herunder om nedskridende sne fra højereliggende tage kan være medvirkende årsager til tagkollaps
- Vurdering af i hvilket omfang det er nødvendigt at ændre normreglerne for beregning af snelast og vurdere de særlige lempelser for gartnerierhverves væksthuse.

Det fremgår, at der i forbindelse med overholdelse af regler fokuseres på reglerne anført i konstruktionsnormerne.

Undersøgelsen er gennemført af en projektgruppe, der har haft følgende medlemmer:

- Svend Ole Hansen, Svend Ole Hansen ApS
- John Dalsgaard Sørensen, AAU
- Finn Sørensen, EKJ A/S
- Peter Lind, PL Consult Køge, ApS
- Karsten Tølløse, Dansk Standard
- Helle Harms, Dansk Standard

Undervejs i forløbet er gruppen udvidet med

- Jørgen Munch-Andersen, Træinformation

Projektgruppens sammensætning har sit udspring i Dansk Standards S-1990 Eurocodeudvalg for last og sikkerhed.

Ved udarbejdelse af vindtunnelforsøgene med tilhørende rapportering har desuden medvirket

- Marie Louise Pedersen, Svend Ole Hansen ApS

Arbejdet er blevet kommenteret af en følgegruppe med repræsentanter fra:

- Bygningskontor Nord A/S
- Cowi A/S
- Dansk Byggeri
- Danske Træspærproducenter
- ES-Consult A/S
- Forsikring og Pension
- Gråkjær A/S
- Rambøll
- Statens Byggeforskningsinstitut, AAU

Flere af medlemmerne i følgegruppen har også været behjælpelig med indsamling af informationer i projektforløbet.

Charlottenlund, august 2010

Karsten Tølløse og Svend Ole Hansen

1. Sammenfatning

Wejrsituationen i starten af 2010 har medført et større antal tagkollaps. Erhvervs- og Byggestyrelsen (EBST) har på denne baggrund bedt Dansk Standard (DS) "DS/S 1990 Eurocodeudvalget for last og sikkerhed" om at foretage en udredning af årsagerne til de observerede skader, herunder om der er behov for at revidere de nugældende snenormer.

Nedenfor gives et kortfattet resume af undersøgelsen, og de væsentligste konklusioner og anbefalinger anføres.

1.1 Resume

Skaderne er primært lokaliseret i det nordlige Jylland. Der har været ca. 5.000 snetryksskader, og forsikringskaderne løber op i ca. 800 millioner kr. Langt de fleste af disse snetryksskader er dog småskader. Til sammenligning medførte orkanen i december 1999 forsikringskader for ca. 14 milliarder kr.

De større skader er typisk på ældre, men også nyere stålrammekonstruktioner og nyere træspærkonstruktioner med store spænd. Det er hovedsageligt - men ikke udelukkende - landbrugets drifts- og avlsbygninger, der er berørt.

Der er indsamlet oplysninger om knap 300 væsentligt skadede konstruktioner. Blandt disse er 11 udvalgt til en nærmere vurdering af snelaster og bæreevner. Disse udvalgte konstruktioner dækker nyere stålrammehaller og træspærkonstruktioner samt en limtræskonstruktion. Bygningerne blev anvendt som maskinhal, ridehal, stald og beboelse. Udvælgelsen skete med fokus på nyere konstruktioner, som forventedes at have den største sandsynlighed for, at normkravene var overholdt. Herved opnås det bedste grundlag for at vurdere behovet for en revision af normreglerne. På baggrund af de gennemførte interviews med forsikringselskaber, og de gennemgåede sager, vurderes det, at konklusionerne ikke ville være ændret væsentligt, hvis der havde været udvalgt flere sager til nærmere vurdering.

Undersøgelsen af, om konstruktionerne kunne forventes at opfylde normernes krav til bæreevne, blev baseret på indhentet byggesagsmateriale og beregninger primært fra forsikringselskaber og rådgivende ingeniører. I forbindelse med indhentningen af byggesagsmateriale viste det sig, at der hos kommunerne ikke fandtes statiske beregninger af nogen af de udvalgte konstruktioner.

1.2 Hovedkonklusioner

Bygninger kollapsede i forbindelse med den store snelast i vinteren 2010 har generelt væsentlige konstruktive mangler og har derfor ikke den sikkerhed, som de nuværende konstruktionsnormer foreskriver. Hvis ikke antallet af bygninger med væsentlige sikkerhedsmæssige mangler reduceres, må det forventes, at næste store klimalast igen vil medføre mange bygninger, der får væsentlige

skader med deraf følgende risiko for personskader. Der er derfor behov for tiltag, der sikrer, at såvel eksisterende som nye konstruktioner overholder normkravene.

Årsagen til den manglende sikkerhed er udførelsesfejl, beregningsfejl, manglende vedligeholdelse og store snemængder. Nogle af de utilstrækkelige beregninger skyldes, at Landbrugets Byggeblade, som Bygningsreglementet har henvist til siden 1977 og indtil 2010, ikke har været løbende opdateret svarende til nyere normer og bredt erkendt viden om kipning.

For nogle af de undersøgte konstruktioner har den aktuelle snelast overskredet den regningsmæssige snelast. Projektgruppen har imidlertid ikke kendskab til nogen skadede konstruktioner, hvor de nugældende konstruktionsnormer har været overholdt. Nogle få af de observerede skader skyldes utilstrækkelige krav i tidligere konstruktionsnormer. Indførte normskærper betyder imidlertid, at disse skader muligvis ikke ville være opstået, hvis de nuværende konstruktionsnormer havde været gældende og overholdt. For de undersøgte skadede konstruktioner er utilstrækkelige nuværende normkrav således ikke årsagen til svigt. Der er derfor ikke behov for en umiddelbar generel skærpelse af den normfastsatte regningsmæssige snelast, hvilket i givet fald vil fordyre alt byggeri.

Udredningen har vist, at den gældende snenorm har betydelige mangler, der bør udbedres i forbindelse med revisionen af Eurocodes, se afsnit 1.4. Da denne revision tidligst forventes færdig om ca. 5 år, er det forudsat, at der umiddelbart indføres regler for snerydning af tage på større bygninger, gældende både for eksisterende bygninger og fremtidige bygninger, se afsnit 1.4. Den aktuelt gennemførte snerydning af tage i 2010 har formodentlig forhindret en del skader.

Gennemførte beregninger af svigtsandsynligheden viser, at den for konstruktioner dimensioneret og opført korrekt er beskeden, hvis den virkelige snelast svarer til den regningsmæssige snelast fastsat i normen. Men hvis træ- og stålkonstruktioner samtidig er underdimensioneret med fx 20 %, vil svigtsandsynligheden blive øget markant til af størrelsesordenen 1-10 %.

Erfaringer fra tidligere ekstreme vejr-situationer fremkaldt af vind viser, at de konstruktioner, som lever op til de på opførelsestidspunktet gældende normkrav til sikkerhed, ikke svigter. Erfaringerne viser ydermere, at de svigtede konstruktioners bæreevne er langt mindre end svarende til de normfastsatte krav. Disse erfaringer stemmer med nærværende observationer.

1.3 **Anbefalinger til forøgelse af konstruktioners sikkerhed**

Da årsagen til de observerede sammenstyrtninger ikke er utilstrækkelige normkrav, skal de primære tiltag til at forøge konstruktioners sikkerhed fokusere på byggeprocessen. Tiltagene skal medføre en større faglig ansvarlighed i både projektering og udførelse. Tiltagene skal på sigt øge sikkerheden for både eksisterende og nyopførte konstruktioner. For de eksisterende konstruktioner skal der her fokuseres på de mest udsatte konstruktioner, hvis bæreevne / stabilitet er væsentlig mindre end normernes krav. Konstruktioner, hvis bæreevne er 10-20 % mindre end normernes krav, hører eksempelvis ikke til de omtalte udsatte konstruktioner.

Følgende tiltag anbefales:

- Ved byggesagsbehandling af alle mere komplicerede bygninger og bygninger med store spænd skal byggemyndigheden kontrollere, at der er fremsendt en statisk projekteringsrapport, herunder en redegørelse for hvorledes styrken og stabiliteten af de primære konstruktionsdele sikres. Efter færdiggørelsen skal det overfor byggemyndigheden verificeres, at konstruktionen er opført i overensstemmelse med projektmaterialet, og byggemyndigheden skal kontrollere, at verifikationen foreligger. Det anførte svarer til kravene i dag; men faktisk praksis har vist sig at afvige herfra.
- Byggemyndigheden skal kontrollere, at der foreligger de nødvendige statiske beregninger med tilhørende kontroller efter gældende specifikationer anført i normerne, Bygningsreglementet og relevante anvisninger.
- Til at sikre eksisterende bygninger i stål og træ med frie spænd over 10-20 m anbefales det, at disse inspiceres med fokus på konstruktionens styrke og stabilitet. Der anbefales opstillet præcise udvælgelseskriterier, hvor konstruktionernes frie spænd suppleres med andre forhold, som er væsentlige for stabiliteten og risikoen for personskade. I udvælgelseskriterierne bør indgå, om konstruktionen er opført iht. de lempelser, der har været i skiftende bygningsreglementer for landbrugets avls- og driftsbygninger, dvs. også de konstruktioner, der efterfølgende er overgået til andet brug.

En præcisering af normernes grænsedragning mellem de enkelte konsekvensklasser, og nye normkrav til kontrol af udførelse, vil underbygge disse anbefalede tiltag. For at præcisere og effektivere byggesagsbehandlingen anbefales normerne således revideret på følgende områder:

- I det nationale annekst til EN 1990 præciseres grænsedragningen mellem de enkelte konsekvensklasser, eksempelvis i forbindelse med spændvidder for halkonstruktioner i henholdsvis lav, middel og høj konsekvensklasse. Det vil herved klarere fremgå hvilke konstruktioner, der er omfattet af normens regler for en given konsekvensklasse, herunder nedenstående anbefalede krav til kontrol af udførelse.
- I det nationale annekst til EN 1990 indføres generelle krav til kontrol af udførelse som funktion af konstruktionens konsekvensklasse. Disse generelle krav suppleres med specifikke krav i de enkelte materialenormer. Der indføres skærpede krav til udførelse af konstruktioner, hvor risikoen for personskade er størst.

Efterfølgende overvejelser kan udmønte sig i mere præcise fremgangsmåder, der er både praktisk gennemførlige, og som over en årrække vil kunne skabe mere sikre konstruktioner. De foreslåede normændringer anbefales gjort operationelle via udførlige anvisninger i vejledninger tilknyttet Bygningsreglementet.

Med henblik på bedre erfaringsopsamling i forbindelse med fremtidige hændelser med store vind- eller snelaster skal det gøres muligt omgående at kunne iværksætte indsamling af information om såvel lastens størrelse som skader på bygninger, medens informationen stadig foreligger. Hvad

angår fastlæggelse af snelastens terrænværdi, vil det være en stor fordel, hvis der på udvalgte steder i forbindelse med større snemængder iværksættes måling af snedensiteten som en del af de daglige meteorologiske observationer.

1.4 Revision af snenormen

Eurocoden EN 1991-1-3 indeholder muligheder for at anvende snerydning af tage som en del af forudsætningerne. Dette anbefales indført ved i det nationale annekst til EN 1991-1-3 at specificere overordnede krav til snerydning på udsatte tage, hvor svigt har alvorlige konsekvenser med hensyn til tab af menneskeliv, og / eller der er tale om betydelige økonomiske tab ved svigt. De overordnede krav i det nationale annekst foreslås gjort operationelle i anvisninger, eksempelvis i SBI-anvisninger, der både kan omfatte nye og eksisterende konstruktioner.

Nærværende sneobservationer viser, at terrænværdien mange steder i Nordjylland har været over den karakteristiske værdi på 0,9 kN/m² indført i 1998, og visse steder omkring 1,5 kN/m². Statistiske analyser af de observerede terrænværdier i 2010 sammenholdt med baggrunden for terrænværdien i den nuværende snenorm indikerer, at en forøgelse af terrænværdien med ca. 10 % vil tage hensyn til nærværende sneobservationer. Dette vil i givet fald bringe terrænværdien tilbage til værdien fra før 1998.

Kravene i Eurocoden for sneophobning har vist sig ikke at være indbyrdes konsistente. Der er således behov for forbedrede specifikationer i Eurocoden. De gennemførte vindtunnelforsøg bidrager til etableringen af disse forbedrede specifikationer, og forsøgene omfatter udover allerede dækkede geometrier også indflydelsen af

- mange lokale lægivere på et tag;
- og tagsammenskæringer i vinkelbygninger.

Dette er begge geometrier, for hvilke der er observeret væsentlige sneophobninger i januar og februar 2010. Der er desuden observeret betydelige sneophobninger på visse lavere, fritliggende konstruktioner med sadeltag uden lokale lægivere på taget, og disse ophobninger stammer muligvis fra flytning, der flytter sne på terræn op langs vindsiden af hustaget og videre til læsiden, hvor sneen så ophobes. Disse resultater kan sammen med generelle vurderinger medføre mere tydelige og præcise anvisninger angående sneophobning i Eurocoden.

Ovenstående normændringer suppleres med justeringer af de generelle formfaktorer, eventuelt baseret på resultaterne i en række vindtunnelforsøg. Specifikationerne af fri / bunden snelast kunne også inddrages i overvejelserne.

På baggrund af ovenstående hovedkonklusioner i afsnit 1.2 er der ikke umiddelbart behov for en generel skærpelse af den normfastsatte regningsmæssige snelast. Det forventes imidlertid, at revisionen af Eurocoden vil give væsentlige ændringer, som vil gøre reglerne mere konsistente.

Specifikationerne angående snerydning anbefales indført umiddelbart. De øvrige ændringer i normen kan indføres i forbindelse med revisionen af Eurocodes. Det anbefales, at grundige analy-

ser og overvejelser af mulige ændringer af snenormen igangsættes med det samme for herved at opnå det bedst mulige grundlag for revisionen.

2. Baggrund og formål

Wejrsituationen i starten af 2010 har medført et større antal tagkollaps. Erhvervs- og Byggestyrelsen (EBST) har på denne baggrund bedt Dansk Standard (DS) "DS/S 1990 Eurocodeudvalget for last og sikkerhed" om at foretage en udredning af årsagerne til de observerede skader, herunder om der er behov for at revidere de nugældende snenormer.

I december 2009 samt januar og februar 2010 var der en del større snefald, og i den forbindelse skete der en række skader på konstruktioner, herunder tagkollaps. Den første sne faldt medio december 2009 og blev flere steder liggende til hen i marts. Allerede omkring årsskiftet 2009/2010 begyndte de første konstruktioner at kollapse, hvilket fortsatte frem til marts.

Hårdest ramt af snemængde og varighed var det nordlige Jylland, hvor hovedparten af de kollapsede eller skadede konstruktioner er beliggende. Udenfor Danmark blev endvidere rapporteret om kollapsede/skadede konstruktioner i Sverige og Skotland, der havde et lignende vejr i perioden.

Den 25. marts 2010 indgik Dansk Standard og Erhvervs- og Byggestyrelsen en kontrakt om at undersøge årsagerne til og kortlægge omfanget af tagkollaps. Undersøgelsen skulle desuden indeholde en stillingtagen til, om det er nødvendigt at ændre de gældende danske regler for snelast.

Undersøgelsen har primært fokuseret på følgende punkter:

1. Snelaster i forbindelse med tagkollaps herunder Last- og Sikkerhedsudvalgets udredning angående snelast i 2010, se Anneks F.
2. Kortlægning af omfanget af tagkollaps.
3. Opgørelse af tagkollaps fordelt på bygningstyper, konstruktionstyper herunder materialevalg og alder.
4. Udvælgelse af relevante bygninger til en nærmere vurdering
5. Vurdering af de mulige årsager til kollaps, herunder om de skyldes:
 - a. Udførelsesfejl.
 - b. Dimensioneringsfejl.
 - c. Manglende vedligeholdelse.
 - d. Store snemængder.
 - e. Særlige forhold, der ikke tages højde for i normerne.
6. Vurdering af, om installationer på tage eller udformninger med skotrender, herunder om nedskridende sne fra højere liggende tage kan være medvirkende årsager til tagkollaps.
7. Vurdering af i hvilket omfang det er nødvendigt at ændre normreglerne for beregning af snelast og vurdere de særlige lempelser for gartnerierhvervets væksthuse.

3. Regelgrundlag i de sidste ca. 50 år

I afsnit 3.1-3.3 gennemgås udviklingen i de relevante konstruktionsnormer. Landbrugets Byggeblade og Bygningsreglementet beskrives i henholdsvis afsnit 3.4 og 3.5.

3.1 Snenormer og -laster

Udviklingen i snelastreglerne siden 1945 kan kort beskrives som følger:

- DS 410:1945 [10]: Karakteristisk last på $0,75 \text{ kN/m}^2$ for taghældninger op til 30° . Snelasten regnes fri. Shedtage og lignende: Snesække til halv højde, densitet lig med $1,5 \text{ kN/m}^3$.
- DS 410:1977 [12]: Tilføjet vejledning om nedskridning og ophobning. Snelasten regnes halvt fri og halv bunden. Ophobning af sne i hulninger og fordybninger på maksimalt $3,0 \text{ kN/m}^2$.
- DS 410: 1982 [16]: Densitet i snesække øget til $3,0 \text{ kN/m}^3$. Snelasten regnes halvt fri og halvt bunden.
- Tillæg 1988 [11]: Baseret på ISO 4355 [14]. Formfaktorer og terrænværdi indføres. Terrænværdi $1,0 \text{ kN/m}^2$. Snelasten regnes som bunden last, og for et sadeltag specificeres formfaktorer for 2 lasttilfælde. Snelasten på typiske sadeltage, eksempelvis for taghældninger på 20° , øges væsentligt. Specifikke regler for shedtage og cylinderformede tage. Sneophobning på lavereliggende tagflade: Maksimal formfaktor 3,2 (+0,8). Sneophobning fra lokal lægiver: Maksimal formfaktor 1,2 (+0,8).
- DS 410:1998 [1]: Baseret på DS/ENV 1991-2-3 Eurocode 1. Terrænværdi $0,9 \text{ kN/m}^2$. Snelasten regnes bunden, og for et sadeltag specificeres formfaktorer for 4 lasttilfælde. Snelasten øges en del på sadeltage med hældninger på $20 - 30^\circ$.
- Eurocode 1991-1-3:2003 [3] + Nationalt annek 7: Snelasten regnes bunden, og for et sadeltag specificeres formfaktorer for 3 lasttilfælde. Snelast på typiske sadeltage reduceres. Ændrede regler for ophobning og nedskridning, specifikke regler for flere geometrier. Se også kapitel 8.

Det fremgår, at de største ændringer er indført med tillægget i 1988, der medfører bestemmelser efter samme principper som de nuværende normer, og hvor sneophobning behandles udførligt. Da sneophobningen øger snelasten betydeligt, er der i nogle af disse tilfælde tale om meget væsentlige skærpelser indført med tillægget i 1988. I visse tilfælde bliver den karakteristiske snelast ca. 3-4 gange større på grund af den indførte sneophobning.

I de nuværende regler bestemmes den regningsmæssige snelast ved at multiplicere partialkoefficient på 1,5 med sneens terrænværdi lig med $0,9 \text{ kN/m}^2$, med eksponeringsfaktoren regnet til enten 0,8; 1,0 og 1,2 samt med en formfaktor, der uden og med lægivere kan være henholdsvis af størrelsesordenen 0,8 og op til 4. Regnes eksponeringsfaktoren til 1,0, og indsættes talværdier, bliver den regningsmæssige snelast uden og med lægivere således henholdsvis ca. $1,1 \text{ kN/m}^2$ ($1,5$

x 0,9 x 1,0 x 0,8) og op til ca. 5,4 kN/m² (1,5 x 0,9 x 1,0 x 4). Disse regningsmæssige snelaster svarer til snedybder på af størrelsesordenen 0,4-0,5 m og op til godt 2 m.

De nuværende regler i Eurocoden EN 1991-1-3 [3] er bl.a. baseret på resultaterne opnået i et omfattende europæisk forskningsprojekt, der blev gennemført med henblik på at etablere en veldokumenteret basis for de europæiske normregler. I det nuværende danske nationale annekst suppleres Eurocoden med ekstra lasttilfælde af sneophobning og skærper dermed kravene.

3.2 Stålnormer

Der blev i stålnormen indført skærpede regler for kipning i 1976 på grund af skader fremkaldt af sne. Sammenholdes normerne siden 1976 med de nuværende Eurocodes, og fokuseres der på det typiske slankhedsområde med λ mellem 0,7 og 1,5, fås resultaterne i nedenstående tabel 3.1.

Tabel 3.1. Bæreevne i norm divideret med Eurocodens bæreevne.

Norm	Bæreevneforhold
1976	0,9-1,2
1988	1,0-1,3
1998	ca. 1,0

Det fremgår, at ændringerne vedrørende kipning siden 1976 reducerer de regningsmæssige bæreevner med op til 20-30 % for typiske geometrier. Det betyder, at konstruktioner opført siden 1976 kan være underdimensioneret med hensyn til kipning, idet bæreevnen kan være ca. 20-30% mindre end svarende til den sikkerhed, der kræves nu. Der er her ikke taget højde for betydningen af ændrede partialkoefficienter i perioden.

3.3 Trænormer

For trækonstruktioner er det primært ændringer i snelast, partialkoefficienter og korrektion for lastvarighed der har haft betydning for udviklingen i bæreevnen. Tabel 3.2 viser udviklingen i de væsentligste parametre siden indførelsen af partialkoefficientmetoden. Desuden angives bæreevnen for de forskellige normer i forhold til Eurocodes.

Tabel 3.2. Udvikling i parametre der påvirker bæreevnen af typiske træspær samt bæreevnen i forhold til Eurocode med danske nationale annekser. Tallene gælder et fabriksfremstillet spær i normal sikkerhedsklasse med taghældning 25° og let tag.

Norm	1982	1988	1998	2006	EC+NA
Terrænværdi, kPa	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Formfaktor, luv side	0,80	0,65	0,80	0,80	0,80
læ side	0,80	1,00	1,00	1,00	0,80
γ_Q	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5
γ_M	1,35	1,35	1,48	1,22	1,22
$k_{mod}(sne)$	0,75	0,85	0,9	0,9	0,9
Egenlast, tag + loft	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>Bæreevne i forhold til EC</i>					
alm gitterspær	1,30	1,17	1,32	1,09	1,00
halvspær og bjælkespær	1,30	1,34	1,42	1,17	1,00

Det fremgår, at kravet til bæreevne er reduceret med ca. 30-40% siden 1998 for de anførte træspær.

Der er ikke taget hensyn til ændringer i systemfaktorer og momentforøgelsesfaktorer samt udviklingen i beregningsmetoder. Det vil påvirke bæreevnen i både op- og nedadgående retning.

Specifikke regler for dimensionering af tværafstivning af trykpåvirkede trædele blev først indført i 1998. Før den tid er der anvendt håndregler, men med stadig slankere konstruktioner var der større behov for konkrete regler.

I vinteren 2010 har snelasten virket over flere måneder. Da træes styrke afhænger af lastvarigheden, kategoriserer trænormen varigheden af de forskellige lasttyper. Snelast kategoriseres som en korttidslast, der i Eurocode 5 er beskrevet som havende en varighed på mindre end en uge. Den anvendte korrektion er tidligere vist at dække snelast under danske forhold, også for langvarige frostperioder. Det skyldes, at det kun er varigheden af last nær bæreevnen, der har betydning. Det vil efterfølgende blive vurderet, om nærværende observationer giver anledning til at ændre kategoriseringen af snelast.

3.4 Landbrugets Byggeblade

Bygningsreglementerne har siden 1977 og indtil 2010 henvist til Landbrugets Byggeblade som et alternativ til dimensionering iht. konstruktionsnormerne. Landbrugets Byggeblade for stålrammehaller angives på www.landbrugsinfo.dk som ophævet pr 2010-01-01. I de netop ophævede byggeblade, angives med hensyn til dimensionering af selve stålrammen fx i byggeblad nr. 10209-15 3-charnieres stålramme, indvendige bredde 15,6 m [9]:

”Som vejledning for stålrammens dimensionering henvises til Byggetjenestens meddelelse nr. 77, gruppe 102 – eller til statiske beregninger”.

I meddelelse 77 ”Fritbærende stålrammer til staldbygninger” fra juni 1975 [8] angives:

”For at hjælpe konsulenterne i arbejdet med at bedømme om leverede rammekonstruktioner giver rimelighed sikkerhed for stabilitet, er der af Bygningstjenesten udarbejdet en dimensioneringsoversigt over konstruktioner for almindeligt anvendte bygningstværsnit”.

Der har været tvivl om, hvorvidt meddelelse 77 var et vurderings- eller dimensioneringsdokument. Den er ikke løbende opdateret svarende til nye normer og bredt erkendt viden om fx kipning.

3.5 Bygningsreglementet

Dette afsnit gennemgår kort de bestemmelser, der har gjort sig gældende gennem tiderne fra bygningsreglement 1961 til bygningsreglement 2010, BR 10, der trådte i kraft 30. juni 2010, og som skal følges for alt nybyggeri fra årskiftet 2010/2011. Afsnittet er opdelt i tre dele. Byggesagsbehandling, generelle konstruktive krav til bygninger og særlige forhold for jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger.

Bygningsreglement 1961, 1967 og 1973

Byggesagsbehandling

Der er ikke opstillet særlig krav til materiale, der skal indgå i byggesagsbehandlingen. Fra bygningsreglement 1967 og frem, kan bygningsmyndigheden dog forlange en hver oplysning, der er nødvendig til en alsidig bedømmelse af et sådant byggeprojekt.

Konstruktive krav

Konstruktioner dimensioneres i henhold til Dansk Ingeniørforenings normer for bygningskonstruktioner.

Særlige forhold for jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger

Er undtaget for de konstruktive krav.

Bygningsreglement 1977, 1982 og 1995¹:

Byggesagsbehandling

Bygningsmyndigheden kan forlange enhver oplysning, der er nødvendig til en alsidig bedømmelse af et sådant byggeprojekt. Ansøgningen om byggetilladelse skal indeholde en tydelig angivelse af det arbejde, der agtes udført. Ansøgningen skal være skriftlig og ledsaget af genpart.

Konstruktive krav

Bygningskonstruktioner skal kunne modstå de normalt forekommende statiske og dynamiske påvirkninger. Kravet kan anses for opfyldt, såfremt bygningskonstruktioner dimensioneres og udføres på grundlag af Dansk Ingeniørforenings normer for bygningskonstruktioner.

Særlige forhold for jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger

Landbruget skal overholde overstående konstruktive krav. De anses for opfyldt, når bebyggelsen opføres på grundlag af de af Statens Byggeforskningsinstitut og Landboorganisationernes Byggetjeneste udgivne »Landbrugets byggeblade« eller på grundlag af anvisninger godkendt af Boligministeriet.

For væksthuse ved gartnerier gælder de konstruktive krav med den begrænsning, at kravene med hensyn til snelast kan reduceres med 65 %. Kravene kan normalt anses for opfyldt, når væksthuse opføres på grundlag af de af Dansk Erhvervsgartnerforening udarbejdede typetegninger for væksthuse.

Mindre tilbygninger på indtil 200 m² etageareal til bestående avls- og driftsbygninger kan, uanset de konstruktive krav, udføres i samme konstruktion som den bestående bygning. Det vil sige, at den mindre tilbygning må følge den beståendes bygnings konstruktive krav også, hvis bygningen er fra før 1977.

Avls- og driftsbygninger ved landbrugs-, skovbrugs- og gartneriejendomme, der kan opføres uden landzonetilladelse eller som alene kræver tilladelse efter planlægningslovens § 36, stk. 2, kan udføres efter anmeldelse til kommunalbestyrelsen.

Bygningsreglement 2008.

Byggesagsbehandling.

Ansøgning om byggetilladelse skal være skriftlig og indsendes til bygningsmyndigheden. For mindre bygninger og fritliggende enfamilieshuse m.v. gælder det, at der alene skal indsendes ansøgning til bygningsmyndigheden vedrørende forhold omfattet af kap. 2 (bebyggelsesregulerende bestemmelser)

¹ Reglementet gælder for alt byggeri, der ikke er omfattet af bygningsreglement for småhuse.

Konstruktive krav

Bygninger skal opføres, så der kan opnås tilfredsstillende forhold i funktions-, sikkerheds-, holdbarheds- og sundhedsmæssig henseende.

Bygningskonstruktioner skal dimensioneres, så de kan modstå de normalt forekommende statiske og dynamiske påvirkninger.

Dimensionering af konstruktioner skal ske på grundlag Eurocodes med tilhørende danske annekser.

Særlige forhold for jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger

Landbruget er ikke undtaget overstående bestemmelser.

For væksthuse ved gartnerier gælder de konstruktive krav med den begrænsning, at kravene med hensyn til snelast kan reduceres med 65 %.

Mindre tilbygninger på indtil 200 m² etageareal til bestående avls- og driftsbygninger kan, uanset de konstruktive krav, udføres i samme konstruktion som den bestående bygning.

Bygninger kan projekteres og udføres på grundlag af de Dansk Landbrugsrådgivning, Landscenteret, Byggeri og Teknik udgivne " Landbrugets byggeblade".

For avls- og driftsbygninger i 1 etage og industri og lagerbygninger i 1 etage, som kan henføres til konsekvensklasse CC1 eller CC2 i EN 1990 DK NA:2007 gælder, at der kun skal indsendes en ansøgning til bygningsmyndigheden vedrørende kap 2 (bebyggelsesregulerende bestemmelser) og kap. 5 (Brandforhold).

Det omfatter dog ikke avls- og driftsbygninger, hvor der ved svigt vil være stor fare for tab af dyreliv, svarende til bygninger, der ville blive placeret i konsekvensklasse CC3, hvis de var beregnet til ophold for mennesker.

Bygningsreglement 2010.

Byggesagsbehandling

Ansøgning skal være skriftlig og indsendes til bygningsmyndigheden. Der er dog særlige bestemmelser for nogle bebyggelser. Disse bebyggelser betegnes som byggerier af begrænset kompleksitet, og der skal kun indsendes ansøgning vedrørende forhold omfattet af kapitel 2 (bebyggelsesregulerende bestemmelser). Det gælder for mindre bygninger og fritliggende enfamilieshuse.

Konstruktive krav

Bygninger skal opføres, så der opnås tilfredsstillende forhold i funktions-, sikkerheds-, holdbarheds- og sundhedsmæssig henseende. Udførelsen skal være i overensstemmelse med god praksis, og der skal anvendes materialer, som er egnede til det aktuelle formål.

Bygningskonstruktioner skal dimensioneres, så de kan modstå de normalt forekommende statiske og dynamiske påvirkninger. Ved planlægning, projektering, udbud og udførelse af bygningskonstruktioner skal der træffes de foranstaltninger, som af hensyn til klimatiske forhold er nødvendige for en forsvarlig udførelse. Dimensionering af konstruktioner skal ske på grundlag af Eurocodes med tilhørende danske annekser.

Særlige forhold for jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger.

Landbruget er ikke undtaget overstående dimensioneringskrav.

For væksthuse ved gartnerier samt teltoverdækning af beholdere for opbevaring af flydende husdyrgødning gælder stk. 1 med den lempelse, at kravene til snelast kan reduceres med 65 pct.

For jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger gælder, at mindre tilbygninger på indtil 200 m² etageareal til bestående avls- og driftsbygninger kan udføres i samme konstruktion som den bestående bygning.

For avls- og driftsbygninger i 1 etage og industri- eller lagerbygninger i 1 etage, som kan henføres til konsekvensklasse CC1 eller CC2 i DS/EN 1990 DK NA gælder, at der kun skal indsendes en ansøgning til bygningsmyndigheden vedrørende kap 2 (bebyggelsesregulerende bestemmelser) og kap. 5 (Brandforhold).

Det omfatter dog ikke avls- og driftsbygninger, hvor der ved svigt vil være stor fare for tab af dyreliv, svarende til bygninger, der ville blive placeret i konsekvensklasse CC3, hvis de er beregnet til ophold for mennesker.

4. Skader

Vinterens snemængde og dens varighed har medført omfattende skader på bygningskonstruktioner, især i form af tagkollaps. Der har tillige været tilfælde med alvorlige personskader, og i forhold til de kollaps, der har været, har det været heldigt med så få personskader samt karakteren af disse.

For at kortlægge hvilke bygninger der har lidt skade, er der indsamlet informationer fra forsikringsselskaber, kommuner, landbrugets rådgivningscentre, Danske Træspærproducenter, rådgivende ingeniører, producenter, bygningsejere, halbyggere mv.

Kortlægningen er gennemført ved opsøgende kontakt, og de adspurgte er blevet bedt om at indberette konstruktionstyper, -materialer, opførelsesår mv. (følgebrev og indberetningsskema fremgår af annek A)

Dataindsamlingen er koordineret med Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, således at de indberettede data kan overføres umiddelbart til SBI's, database for bygningssvigt.

Ved den gennemførte kortlægning er der registreret i alt 282 skadede bygninger. Dette dækker ikke det komplette antal skader, men dækker formentlig de største og væsentligste skader. Da der er tale om frivillige indberetninger, er detaljeringsgraden i de indberettede oplysningerne noget forskellig, ligesom der kan være tale om enkelte dobbeltregistreringer, hvilket dog vurderes ikke at ændre det samlede billede.

Der er ikke i alle tilfælde afgivet informationer om alle forhold, hvorfor det summerede antal ikke nødvendigvis vil svare til antallet af registrerede skader.

I de efterfølgende tabeller en procentvis fordeling i alle tilfælde beregnet i forhold til oplyste data for det pågældende emne.

Forsikring og Pension har oplyst, at den forventede samlede skadesudbetaling vil beløbe sig til cirka 737 mio. kr. fordelt på ca. 4985 skader, dvs. i gennemsnit ca. 148.000 kr. pr skade. Dette dækker såvel mindre snetryksskader som plastictrapez-plader, der er knækket, som hele tage der er brudt sammen. På baggrund af data fra nogle forsikringsselskaber omfattende ca. 2100 skader er fordelingen som angivet i tabel 4.1:

Tabel 4.1 Fordeling af skader i beløbsstørrelser.

Skadesstørrelse	%
> 1 mio. kr.	2
0,5 – 1 mio. kr.	2
0,1-0,5 mio. kr.	14
< 0,1 mio. kr.	82

Geografisk er skaderne fordelt således, at det primært er det nordlige Jylland, der er ramt.

4.1 Opførelsesperioder

De skadede konstruktioner er afhængigt af deres opførelsetidspunkt opdelt i perioder således, at de primært svarer til de perioder, hvor der har været nogenlunde overordnet samme krav til dimensioneringen af bygningerne og således at data kan overføres til SBI's database. Fordelingen fremgår af tabel 4.2

Tabel 4.2 Rapporterede opførelsesår fordelt i perioder

Opførelsesperiode	Stål antal	Træ antal	Andet antal	I alt antal	%
Før 1945	1	5	5	11	8
1945-1971	8	6	9	23	18
1972-1977	18	1	8	27	21
1978-1981	17	0	4	21	16
1982-1998	16	7	3	26	20
1999-2006	4	10	3	17	13
2007-	2	3	1	6	5
I alt	66	32	33	131	101

I nogle sager er der rapporteret to forskellige opførelsesperioder, fx ved ombygning. I disse tilfælde konstruktionen talt med én gang i hver periode.

Det fremgår, at der blandt træspærkonstruktionerne er en forholdsvis stor gruppe inden for seneste 10 år, hvor man er begyndt at bygge med større spændvidder.

4.2 Konstruktionens anvendelse

De rapporterede skadede konstruktioner er i hovedsagen knyttet til landbruget, idet det ofte fremgår af den forklarende tekst, at kategorien "industriel produktion og lager" er benyttet for maskinhaller, ligesom kategorien "andet" typisk er lader og maskinhaller. Opdelingen blandt de rapporterede skader fremgår af tabel 4.3

Tabel 4.3 Rapporterede konstruktioners anvendelse

Anvendelse	Antal	%
Beboelse, kontor og kulturelle formål	7	2
Industri produktion og lager	37	12
Detailhandel	3	10
Transport	0	0
Landbrugsbygninger	161	53
Drivhuse	3	1
Andet	93	31
I alt	304	99

Blandt de skadede konstruktioner oplyses 7 at være minkhaller.

4.3 Skadede bygningsdele og spændvidder

Ved et egentlig kollaps af fx tagkonstruktionen vil flere bygningsdele ofte blive beskadiget. Der er rapporteret skadet tagsystem for 71 % og "andet", der typisk oplyses som "kollapset" i 16 % af tilfældene.

I de tilfælde, hvor der er rapporteret en spændvidde for det skadede tag, er fordelingen af disse som angivet i tabel 4.4

Tabel 4.4 Rapporterede spændvidder for skadede tagsystemer.

Spændvidde [m]	Antal	%
0-4,99	5	7
5-9,99	9	12
10-14,99	18	24
15-19,99	33	43
20-24,99	6	8
25-29,99	4	5
30-34,99	0	0
35-39,99	0	0
40-44,99	1	1
I alt	76	100

I de tilfælde, hvor det er spændvidder under 5 meter, er det i 3 ud 5 tilfælde minkbure, der er skadet.

4.4 Konstruktionsmaterialer

De to hovedgrupper af skadede konstruktioner er nyere træspærkonstruktioner med store spændvidder og stålrammer ofte af ældre konstruktion, men blandt stålkonstruktionerne er der også en del nyere konstruktioner. De nyere træspærkonstruktioner er muligvis overrepræsenterede, da foreningen Danske Træspærproducenter har bidraget til dataindsamlingen, men der er dog stadig mange af disse konstruktioner der har skader. Årsagen, til at der er så få skadede betonkonstruktioner, er formentlig dels, at betonkonstruktioner med store spænd oftest opføres af specialiserede virksomheder i alle byggeriets faser, og dels at snelasten er forholdsvis lille i forhold til konstruktionens egenvægt i sammenligning med stål- og trækonstruktioner.

Skadesomfanget for de enkelte konstruktionsmaterialer er ikke sat i forhold til i hvilket omfang de forskellige konstruktionsmaterialer er benyttet til tagkonstruktioner på landsplan eller lokalt.

Da flere af de, der har indberettet, i praksis har svært ved at skelne de forskellige stål- og trækonstruktioner fra hinanden, er disse summeret i tabel 4.5.

Tabel 4.5: Fordeling blandt konstruktionsmaterialer for rapporterede tilfælde

Konstruktionsmateriale	Antal	%		%
Beton	1	0,5		
Letbeton	2	1		
Murværk	4	3		
Aluminium	3	2		
Stål	22	14	}	55
Stålbuespær	61	39		
Stålsilo	3	2		
Træ	12	8	}	33
Træspær	34	22		
Limtræ	5	3		
Andet	8	5		
I alt	155	99,5		

4.5 Kiplinjens orientering

For ca. 18 % af konstruktionerne er orienteringen af kiplinjen oplyst. Ved dataindsamlingen er der anmodet om en kategorisering i tre grupper: Nord-syd, Øst-vest eller Nordøst-sydvest. I de rapporterede data er der imidlertid også modtaget data for to andre kategorier Nordøst og Nordvest. Det er vanskeligt at konkludere på baggrund af de indsamlede data, se tabel 4.6, om bygninger med en bestemt orientering er hårdere ramt end andre.

Tabel 4.6 Rapporteret orientering af kiplinje.

Kiplinjens orientering	Antal	%
Nord-syd	26	50
Øst-vest	19	37
Nordøst-sydvest	3	6
Nordøst	1	2
Nordvest	3	6
I alt	52	101

4.6 Delkonklusion – Skadede konstruktioner

På baggrund af de indsamlede data for skadede konstruktioner er der hovedsageligt tale om:

- nyere træspærkonstruktioner med store spænd og
- især ældre men også nyere stålrammekonstruktioner.

For trækonstruktionerne er det tagsystemet, der er skadet, mens det for stålrammer er både søjler (ben) og tagbjælker (hoved)

5. Vurdering af konstruktioner - udvalgt af andre

I denne udredning er valgt, at projektgruppen selv udvælger en række konstruktioner til nærmere granskning af projektgruppen. Denne gennemgang af konstruktioner fremgår af kapitel 6. Da der ligger en naturlig begrænsning i, hvor mange konstruktioner, der kan gennemgås på denne måde, er det valgt at supplere med andres erfaringer for lignende forhold, ligesom enkelte har valgt at bidrage med særlige konstruktioner projektgruppen bør vurdere. Vurderingen af konstruktioner udvalgt af andre omfatter:

- Afsnit 5.1: Farmtest undersøgelser
- Afsnit 5.2: Telefoninterview med forsikringsselskaberne
- Afsnit 5.3: De største sager modtaget fra forsikringsselskaberne
- Afsnit 5.4: Konstruktioner andre oplyser kontrolleret iht. normgrundlag

5.1 Farmtest undersøgelser

FarmTest har i 2002 (FarmTest – Bygninger nr. 7 [5]) undersøgt trægitterspærkonstruktioner på 15 landbrugsbygninger. I undersøgelsen angives

”Der er gennemført en visuel vurdering af konstruktionen. Vurderingerne viser, at 41 % af de undersøgte bygninger har væsentlige fejl eller mangler. Det drejer sig om følgende typer af fejl og mangler:

- 33 % manglede langsgående afstivning på tængerne.
- 20 % manglede afstivning i loftpladen.
- 25 % havde afbrudte vindtrækbånd.
- 30 % havde slappe trækbånd.
- 20 % havde ikke tilstrækkelig fastgjorte gavltrekanter.

Det har vist sig, at over 40 % af de undersøgte tagkonstruktioner var blevet repareret på et eller andet tidspunkt. Det var først ved en nærmere gennemgang, at de mere markante fejl og mangler viste sig. Det skal understreges, at spærene er af god kvalitet. Problemerne vedrører projektering og udførelse af spærenes afstivning og fastgørelse til de øvrige konstruktioner”.

Som en opfølgning på denne undersøgelse har FarmTest i 2006 (FarmTest – Bygninger nr. 23 [6]) foretaget en fornyet undersøgelse, og konkluderer

”at 9 ud af 16 bygninger havde så alvorlige fejl, at der var behov for en nærmere undersøgelse samt udbedring af konstruktionen.”

og

”.. der sløses med afstivningen af de store trægitterkonstruktioner, hvilket også var tilfældet i en tidligere undersøgelse. Der er i høj grad brug for en indsats på området.”

Blandt de registrerede skader ses, at flere af de problemer, der er påpeget i Farmtests rapporter, ikke er taget til efterretning og udbedret i andre tilsvarende konstruktioner.

5.2 Telefoninterview med forsikringsselskaber

Der er i forbindelse med dataindsamlingen gennemført en række interviews, der er gengivet nedenfor. Telefoninterviewene giver et mere kvalitativt indtryk af forsikringsselskabernes erfaringer end det, der er gengivet i kapitel 4.

Telefoninterview 2010-06-14 med Manager Large Claim Denmark Thor Norman, If:

Selskabet forsikrer ikke landbrug men primært andre erhvervsvirksomheder. De største snetryksskader har primært været på stålhaller. Næsten alle skader er på bygninger fra før 1980.

Telefoninterview 2010-06-14 med taksator Johnny G. Schjoldager, Købstædernes Forsikring:

Selskabet forsikrer normalt ikke landbrug, men fortrinsvis private boliger og virksomheder i forskellig størrelse. Selskabet har haft få skader. De 3 største skader i Johnny G. Schjoldagers område (Nordjylland) er på to bygninger med alder på hhv. 100 og 30 år samt én helt speciel trækonstruktion. Øvrige skader er småskader

Telefoninterview: 2010-06-14 med Cheftaksator Frank Faurkov, Almindelig Brand:

Konstruktioner opført iht. gældende normer i dag er ikke set beskadiget. Der er primært konstateret skader på trægitterspær med store spændvidder og stålrammer. Gitterspær af træ med store spændvidder er ikke underdimensioneret, men de er ikke ordentlig fastholdt, og der mangler ofte afstivning. Monteringen og afstivningen af disse spær er ofte mangelfuld og problemet med afstivningen øges tilsyneladende, hvor et spær kommer i 2 halvdele og samles på midten. Stålrammer udført af lokale smede har i flere tilfælde været alvorligt underdimensioneret (hvis de har været dimensioneret). Ofte er der ikke udført kipningsstabilitet på de skadede konstruktioner og udfligningerne i rammehjørnet har været for små.

Telefoninterview 2010-06-17 TopDanmark, taksator Mogens Jensen:

Selskabet har mange landbrug som kunder og mange snetryksskader. Der er ikke konstateret konstruktioner, som har været opført iht. normerne som er kollapsede/væsentlig skadet.

På de store trægitterkonstruktioner (også nyere) er problemet, at disse ikke er afstivet, hvilket har ført til kollaps. Der er en del stålhaller fra før 1985, der er kollapsede. Disse er typisk ikke kipningsafstivet.

En del ældre minkhaller er kollapsede/væsentligt beskadiget. Disse blev ofte tidligere lavet i væsentlige mindre dimensioner end nyere haller. En enkelt ny minkhal er dog også kollapsede, der var intet tilsyn med denne.

Nogle nyere (under 5 år) siloer er kollapsede/stærkt beskadiget, men disse har tilsyneladende ikke været dimensioneret.

Herudover er en del ældre (70-100 år) konstruktioner beskadiget, dette er primært konstruktioner, der ikke har været benyttet i længere tid, eller hvor brugen af bygningen er ændret.

Telefoninterview 2010-06-18 med Fuldmægtig Henning Sternbæk Gartnernes Forsikring:

På grund af gartneriernes geografiske placering har Gartnernes Forsikring relativt få kunder i Nordjylland, som har været hårdest ramt af sne denne vinter. Selskabet har haft 3 større skader, disse har været på ældre beboelse/lager og et enkelt drivhus og lidt småskader som bøjedede tagrender og brudte trapezplader. For at kunne forsikre et drivhus er det et krav, at man kan fyre i drivhuset, så sneen glider af/ smelter væk. Enkelte gange lykkes dette dog ikke, og sneen samles i skotrender, hvor den opsuger smeltevandet med hertil hørende vægtforøgelse med skade som konsekvens.

Telefoninterview 2010-06-22 med taksator Palle Ulrich, Tryg:

Der er primært konstateret skader på stålrammer til landbrug, hvor konstruktionerne har haft en alder, således at de er dimensioneret væsentligt lavere, end de bliver i dag. Ved kollaps er det konstateret, at typisk er boltene i kip sprunget. I nogle tilfælde har det været ældre landbrugsbygninger, der er blevet overflødige, og som nu benyttes til andre formål. Generelt har de kollapsede konstruktioner ikke været opført iht. nu gældende regler. Der er dog en nyere træspærkonstruktion med et stort spænd, der menes at være opført iht. normerne, som er brudt sammen.

På baggrund af de gennemførte interviews kan det konstateres, at forsikringsselskaberne i mange tilfælde vælger at udbetale skadeserstatning uanset, at konstruktionerne ikke har levet op til kravene.

5.3 Største sager modtaget fra forsikringsselskaberne

For at få en øget indsigt i, hvad der mere præcist har været årsagen til kollapse, er der udbedt indsigt i de fem største skader fra hvert forsikringsselskab. Nogle selskaber har valgt at give denne indsigt, men ikke alle. Der er ingen oprindelige statistiske beregninger i de udleverede sager, men i nogle af sagerne har forsikringsselskaberne fået foretaget en statistisk beregning. I de tilfælde hvor den henvises til denne, har denne været forelagt projektgruppen. Det fremgår, hvad der er forsikringsselskabernes oplysninger, og hvad der er projektgruppens konklusioner.

Flere forsikringsselskaberne angiver i skadesrapporter, at der ikke er tegn på fejlkonstruktioner eller lignende. På forespørgsel oplyses det, at man primært vurderer om en lægmand (bygningsejeren) kunne forventes at være vidende om, at der er fejlkonstruktioner eller underdimension, og hvis ikke dette er tilfældet, angives det rutinemæssigt, at der ikke er tale om en fejlkonstruktion uden nærmere undersøgelse.

Af hensyn til de implicerede parter har det været et krav, at de gennemgåede sager blev anonymiseret. Derfor er disse kun gengivet nedenfor i en anonymiseret form.

I de tilfælde disse er identiske med de af projektgruppen udvalgte sager, er dette angivet.

Sag FA = J i afsnit 6.2, se dette afsnit for detaljer og vurdering.

Sag FB = I i afsnit 6.2, se dette afsnit for detaljer og vurdering.

Sag FC = H i afsnit 6.2, se dette afsnit for detaljer og vurdering.

Sag FD: Af skadesrapporten fremgår, at konstruktionen er fra 1976 med træspær på murværk. Bredden af bygningen er ca. 9 m. Det angives endvidere, at der ikke er fundet tegn på, at bygningen er fejlprojekteret eller underdimensioneret, og der henviser til at bygningen har ”oplevet” flere kraftige storme og flere gange snefald uden at kollapse.

Projektgruppens kommentarer: Før 1977 blev der ikke i Bygningsreglementet stillet krav til dimensionering af landbrugets avls- og driftsbygninger. Der er siden bygningens opførelse opført og udvidet med adskillige stalde og andre bygninger op til og i umiddelbar nærhed af bygningen. Dette kan medføre, at den kollapsede bygning burde have været forstærket på grund af risikoen for sneophobning.

Sag FE: Af skadesrapporten fremgår, at det er en ca. 26 x 14 m svinestald beliggende mellem to andre bygninger. Ydervægge i mursten og tagkonstruktion af træ. Tag er kollapsede og ydervæggene er trykket ud.

Projektgruppens kommentarer: Bedømt på baggrund af luftfoto, BBR-register og fotos i skadesrapport er konstruktionen formentlig fra 1964 (eventuelt 1972/73). Der er efterfølgende opført flere bygninger parallelt med denne. Det fremgår ikke, om det er vurderet, om konstruktionen oprindeligt er konstrueret således, at den kan tage den forventede ekstra snelast. Før 1977 blev der ikke i Bygningsreglementet stillet krav til dimensionering af landbrugets avls- og driftsbygninger.

Sag FF: Forsikringsselskabet oplyser, at det er en staldbygning opført med dobbelt mur. Stålrammer er indbygget i indervæggen. Tagkonstruktionen er udført med eternit tagplader og stålblade-loft oplagt på stålrammerne. Selskabet oplyser, at der kun er foretaget beregninger for de bygninger, hvor der vurderes at være en risiko for, at konstruktionerne ikke opfylder normerne på opførelsestidspunktet. Der er tillige modtaget en billedrapport af den skadede konstruktion.

Projektgruppens kommentarer: Staldbygning er formentlig fra 1970 (den er i første omgang indberettet til 1987, men dette synes hverken at være i overensstemmelse med fotos eller BBR). Ud fra de besigtigede billeder, er rammehjørnerne ikke udført korrekt, og konstruktionens dimensioner ser for små ud. I 1970 blev der i Bygningsreglementet ikke stillet krav om dimensionering af landbrugsbygningerne iht. normerne, men opførelsestidspunktet er ikke fastlagt med sikkerhed.

Sag FG: Af skadesrapport fremgår, at det er en kostald fra 1979 opført med stålrammer. Det angives, at der ikke er fundet tegn på, at bygningen er fejlprojekteret eller underdimensioneret. Dette er vurderet uden beregning eller anden dokumentation, og der henvises til, at den har holdt til

andre storme og snefald. Af kommunens arkiv fremgår, at der er krævet fremsendelse af statiske beregninger, men de findes ikke i sagen.

Sag FH: Forsikrings-selskabet oplyser, at det drejer sig om en ældre staldbygning fra 1930'erne med hanebåndspær. Denne er bygget sammen med to sammensatte parallelle stålrammekonstruktioner med kip vinkelret på bygningen fra 1930'erne. De to stålramme bygninger er opført i perioden ca. 1974-1983. Den nyeste af de to senere bygninger er med væsentligt stærkere konstruktion end den første. Sneen har samlet sig mellem de tre bygninger. Stalden fra 1930'erne og den ældste stålhal er beskadiget, mens den nyeste er ubeskadiget. Årsagen til skaden anføres som at en betydelig mængde sne kan samle sig mellem de tre bygninger, og at ejeren ikke har kunnet fjerne denne, netop fordi den var indeklemt mellem de tre tagflader.

Projektgruppens kommentar: Stalden fra 1930'erne har næppe været konstrueret til, at der skulle ligge bygninger op ad den med hertil hørende ekstra snelast. Den ældste stålramme har næppe heller været dimensioneret til, at der skulle ligge en ny hal op ad den. Dette bliver bekræftet af, at den sidste stålhal er bygget med en stærkere konstruktion (kipning var også almindeligt kendt på dette tidspunkt), og der er muligvis taget højde for sneophobning.

Sag FI: I sagen er der kun registrering af adressen og et forventet skadesbeløb

Sag FJ: Af skadesrapporten fremgår, at det er en maskinhal opført med ydervægge af helvægsbetonelementer fastgjort til stålrammer, og med træåse og fibercementtagplader. Forsikrings-selskabet vurderer, at hallen er korrekt dimensioneret ud fra besigtigelse (der er ikke foretaget anden vurdering).

Projektgruppens kommentarer: Baseret på fotos og BBR vurderes hallen at være fra ca. 1975, (dvs. før almen erkendelse af behov for kipningsafstivning af stålrammer).

Sag FK: Forsikrings-selskabet har telefonisk oplyst, at sagen omhandler en landbrugs-/lagerbygning fra 1980'erne. For 2-3 år siden er en del af bygningen kollapsede og genopbygget. I 2010 kollapsede den del, der ikke tidligere er kollapsede, og rev noget af den fornyede del med. Forsikrings-selskabet har ikke undersøgt yderligere, hvorfor denne konstruktion ikke kan holde. Projektgruppen har modtaget en billedrapport af den skadede konstruktion.

Sag FL og FM: Beboelse og lager opført før 1977. Der er ikke foretaget en nærmere undersøgelse af skaderne.

Sag FN: En helt speciel trækonstruktion som næppe findes mere til i Danmark. Forsikrings-selskabet har ikke foretaget beregning af, om denne var normmæssigt udført.

Sag FO: Et drivhus hvor man har søgt at få sneen til at smelte væk/skrive af. Sneen har samlet sig mellem tagene (shedtag), og sneen er ikke smeltet væk, således at konstruktionen er kollapsede under vægten.

Sag FP: En ca. 100 år gammel trækonstruktion i en beboelse. Der er ikke foretaget en nærmere undersøgelse.

5.4 Konstruktioner andre oplyser kontrolleret og iht. grundlag.

En tredjepart har op til projektets afslutning gjort opmærksom på 4 konstruktioner, der er helt eller delvis beskadiget, og hvor tredjeparten har vurderet, at de pågældende stålrammer er opført i henhold til de konstruktionsnormer, der var gældende på opførelsestidspunktet:

AA: Stålramme opført i 1979. Spændvidde ca. 14 m. Taghældning 20°. Udnyttelsesgrad 0.97.

AB: Stålramme opført i 1979. Spændvidde ca. 16 m. Taghældning 20°. Udnyttelsesgrad 0.87.

AC: Stålramme opført i 1980. Spændvidde ca. 14 m. Taghældning 20°. Udnyttelsesgrad 0.97.

AD: Stålramme opført i 1984. Spændvidde ca. 20 m. Taghældning 20°. Udnyttelsesgrad 0.99.

Ovennævnte udnyttelsesgrader er baseret på en første ordens beregning uden hensyntagen til kipning. Da kipning sædvanligvis øger udnyttelsesgraden med 10-20%, kan nogle af stålrammerne vise sig at være overudnyttet.

For konstruktionerne AB, AC og AD har tredjepart desuden gennemført en beregning af stålrammerne efter de nugældende normer. Bæreevnen er ikke tilstrækkelig, idet udnyttelsesgraderne ligger mellem 1.06 og 1.41 i de 3 tilfælde. Disse udnyttelsesgrader er som ovenfor baseret på en første ordens beregning uden hensyntagen til kipning. Når dette medtages i beregningen bliver den manglende bæreevne efter de nugældende normer mere markant.

Ovenstående beregninger er gennemført med et anerkendt program. Projektgruppen har imidlertid ikke gennemført detaljerede kontroller af resultaterne. Vurderinger af åsenes bæreevne har ikke været en del af ovennævnte analyser.

Der foreligger ingen information om faktiske snelaster på de 4 konstruktioner AA-AD, hvorfor vurderingerne ikke kan danne grundlag for en sammenligning mellem faktiske og normfastsatte snelaster. Beregningerne viser til gengæld med tydelighed, at Eurocodes stiller øget krav til bæreevnekapaciteten, i forhold til, hvad der var gældende på ovennævnte opførelsestidspunkter 1979-1984, det vil sige før skærpelserne af snelasten på typiske sadeltage indført i 1988, se afsnit 3.1, samt de skærpede krav til kipningsstabilitet for stålkonstruktioner.

Endvidere har flere parter anført, at en given konstruktion, AE, er opført iht. nugældende konstruktionsnormer, men delvis kollapsede. Kommunen ligger imidlertid ikke inde med tilstrækkeligt materiale til, at der kan gennemføres en statisk beregning, og de involverede parter ønsker ikke at udlevere oplysninger, der gør en kontrolberegning mulig. Denne konstruktion må derfor desværre lades ude af betragtning, selvom den formentlig kunne have tilført en væsentlig information.

6. Konstruktioner udvalgt af projektgruppen

Vurderingen af konstruktioner udvalgt af projektgruppen er beskrevet i nærværende afsnit 6.1-6.4. Forhold for eksisterende og fremtidige bygninger fremgår af henholdsvis afsnit 6.5 og 6.6.

6.1 Udvælgelse og indhentning af data for konstruktioner

Oprindeligt er der udvalgt 23 sager, som i hovedsagen var af nyere dato og som repræsenterede nyere træspær og stålhaller, beboelse, industriel produktion og lager, samt detailhandel. Kommunerne blevet bedt om at fremsende dokumentationsmateriale vedrørende disse sager, hvor dette ikke er digitaliseret, med offentlig adgang.

Der er i ingen af disse sager hos kommunerne fundet statistiske beregninger eller tilstrækkelig detaljerede tegninger, som giver mulighed for at gennemføre en statistisk beregning. I to tilfælde er fundet statistiske beregninger; men disse har ikke vedrørt de opførte bygninger, idet taghældningen har været 5° forskellig fra den opførte, og i et andet tilfælde har spændvidden afvejet ca. 5 m.

Blandt ovennævnte sager er der dog fundet 11 konstruktioner, hvor der af anden vej er skaffet materiale til bedømmelse af konstruktionen, og om svigtene kan relateres til det gældende normgrundlag. Landbrugsbygningerne er således ikke vurderet i forhold til byggebladene, men i forhold til normerne.

Der er udover fra kommunerne søgt indhentet informationer om konstruktionerne fra forsikrings-selskaber, bygningsejere, rådgivende ingeniører og entreprenører, suppleret med egne opmålinger. Det fremgår for de enkelte sager i afsnit 6.2, på hvilket grundlag de er vurderet.

6.2 Vurderinger

Tabel 6.1 nedenfor indeholder de udvalgte sager, hvor konstruktionernes statistiske forhold er analyseret. Af hensyn til de implicerede parter har det været et krav, at de gennemgåede sager blev anonymiseret.

Tabel 6.1: Gennemgang af udvalgte bygninger udsat for svigt

Litra	A	B	C
Opførelsesår Konstruktion	1994/2008 Traditionel 2-charnierers stålramme med udfigning i hjørner	1970/2005 Saksespær på langsgående remme/båret af søjler. Ombygning i 2005 med indsatspær af stål med sammensvejts ben og skrå rigel	1995-1998 2-charnierers stålramme uden udfigning i hjørner
Anvendelse	Kostald	Maskinhal	Maskinhal
Tagform Hældning Let tag / tungt tag Frit spænd Mulige lægiverne ⁽¹⁾	Sadeltag 20° Let tag 22,5 m Uvidst	Sadeltag 20° Let tag 8,3 m (af indsatspær) Maskinhus med tagfalde højere end hallen og vinkelret på denne	Sadeltag 25° Let tag 9,4 m Ingen lævirkning
Målte snedybder	På terræn 0,45-0,50 m	På øvrig tagflade 0,2 - 0,35 m Større snemængde kan have forekommet ved lævirkning.	På øvrig bygning, vestlig tagflade 0,3 - 0,35 m Omkringliggende bygninger Vest 0,2-0,35 m hhv. Øst 0,05 - 0,10 m
Omregnet snelast ⁽²⁾	($\mu=0,8$): 0,90 - 1,20 kN/m ²	0,50 - 1,05 kN/m ²	0,75 - 1,05 / 0,13-0,30 kN/m ²
Regningsmæssig snelast ⁽³⁾ Snenorm ved opførelse	(1988): 1,3 {0,70/1,00} 1,00 = 0,91 / 1,30 kN/m ²	(1998): 1,5 {0,8/0,9} 0,90 = 1,08 / 1,22 kN/m ²	(1988): 1,3 {0,65/1,00} 1,00 = 0,85 / 1,30 kN/m ²
DS/EN 1991-1-3	1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²	1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²	1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²
Dato for svigt (ca.)	2010-02-28	2010-02-22	19/20-02-2010
Tilsendt dokumentation - oprindelige beregninger - eksisterende tegninger - udført opmåling af konst. - fotoregistrering	Skadesrapport - - - -	Skadesrapport - - - Af rammehjørne	Skadesrapport - - -
Svigt	Primært i byggeafsnit fra 1994. Ved udfligede rigel nær hjørne.	Brud/overrivning i kroppen ved opsvejte hjørne, som var udført uden diagonalplade eller tilsvarende.	Tilsyneladende svigt startende ved hjørner.
Benyttet normgrundlag til bæreevne undersøgelse (normmæssig last)	1982 / 1988 Ekstern, ROBOT beregning. Overbelastning ved kipningsbeslag	1998 "Konstruktionsfejl" ved ramme hjørne som resulterer i helt utilstrækkelig momentkapacitet - beregning ikke foretaget.	1982 / 1988 Ekstern, ROBOT beregning. Ved snelast i .h t gældende norm er bøjningsspænding i uafstivede hjørne næsten = karakteristiske flydespænding. Normmæssigt krævede bæreevne-kapacitet af hjørner har været utilstrækkelig.
Skadestype - svigt udløsende	Utilstrækkelig kipningsafstivning	Forkert udformning af rammehjørne.	Forkert udformning af rammehjørne

1): Oplysning om bygninger, vinkelret på skadede bygning eller med sammenbyggede facader, hhv. andre obstruktioner der kan medføre lævirkning.

2): Omregning af snelast er baseret på en rumvægt på 2,5 -> 3,0 kN/m³.

Ved sne målt på terræn, benyttes formfaktorer for tage som i h.t. DS/EN 1991-1-3

3): Regningsmæssig snelast bestemmt som: $\gamma_{c_{max}} s_k$, hvor c_{max} betegner største formfaktor

Litra	D	E	F
Opførelsesår Konstruktion	2000 Præfabrikerede trægitterspær, leveret i to halvdele, understøttet langs midten af bygningen.	1973 / ?? / 2010 Traditionel 2-charnierers stålramme med udfigning i hjørner. Rigel er forlænget i ene side (+søjle) for overdækning af tribune. Hal fra 1973 har hjørner med reduceret momentkapacitet. Hallen er forlænget på et ikke kendt tidspunkt.	1970 Overdækning af swimmingpool, buede PVC-tagplader understøttet på limtræsbjælker understøttet på stålsøjler. Der benyttes dobbelt bjæke ved midterste spænd. Trækbånd mellem L-bjælker.
Anvendelse	Stald	Ridehal	Beboelse
Tagform Hældning Let tag / tungt tag Frit spænd Mulige lægvere ⁽¹⁾	Sadeltag 15° Let tag 2 x 17,6 m Der er mulig lævirkning fra aftrækskanaler jævnt fordelt over tagfladen.	Sadeltag - - Ingen lævirkning	2 parallelle buer, højde 0,65 m - let 6 m Mulig lævirkning fra tilstødende ½ etage forskudte ejendom, samt trug mellem buer samt skotrende mod øvrige ejendom
Målte snedybder Omregnet snelast ⁽²⁾ Regningsmæssig snelast ⁽³⁾ Snenorm ved opførelse DS/EN 1991-1-3	På terræn: 0,45-0,50 m På tag: 0,50-0,60 m ($\mu=0,8$): 0,90 - 1,20 kN/m ² (faktisk): 1,25 - 1,80 kN/m ² NB snelast > norm snelast (1998): 1,5 {0,8/0,8} 0,90 = 1,08 kN/m ² 1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²	Ikke fastlagt	Ikke fastlagt DS410 angav ikke explicit formfaktorer for denne tagform Heller ikke explicit anført i EC1. Der gives dog vejledning for trugformede tage.
Dato for svigt (ca.)	06/07-01-2010	Ikke oplyst	2010-02-20
Tilsendt dokumentation - oprindelige beregninger - eksisterende tegninger - udført opmåling af konst. - fotoregistrering	Skadesrapport spærberegning spærtegninger - foto af svigt	- - - foto af oprindelige hal (1973), (fra ridestævne) og kollapse, foto af rammehjørne fra tilbygningen, foto af den ny genopførte hal	Skadesrapport ikke af overdækningen ikke for bjælker - -
Svigt	Store dele af den ene halvdel af bygningen er kollapse, tilstødende halve tag er intakt.	Udknækning ved udfigning på rigel ved oprindelige hal (1973). Den senere tilbygningen intakt.	Ved besigtigelse medio marts var L-bjælker kraftigt vreddet om egen akse - denne vridning oplystes større på selve skadestidspunktet. Der forekom reparation efter råd/svamp på en bjælke.
Benyttet normgrundlag til bæreevne undersøgelse (normmæssig last)	1998 Spærtegningerne angiver afstivning af trykstænger i spær (tykkelse 45 mm, længde op til ca. 4,5 m). Det oplyses, at den anviste afstivning af tænger ikke har været udført.	Der har ikke foreligget data til dette. Men det kan konstateres, at udfra fotos, så var udfigningen på den oprindelige hal - kun omkring den halve højde af udfigningen på den nye hal. Dette kunne indikere en underdimensionering af oprindelige hal.	1974 ("for nyt") Ekstern beregning, baseret på snelast fastlagt som basis last med tillæg for trug- og lævirkning. Bæreevne overfor lodret last er umiddelbar tilstrækkelig, men kapaciteten overfor vridningen som vandrette buetryk fremkalder er utilstrækkelig.
Skadestype - svigt udløsende	Manglende afstivning af tænger. Det bemærkes endvidere, at hvor taglasten normalt regnes 0,8 x terrænværdi, så er denne 1,16 x terrænværdi.	Formodentlig underdimensionering	Utilstrækkelig dimensionering overfor faktiske forekommende påvirkninger

1): Oplysning om bygninger, vinkelret på skadede bygning eller med sammenbyggede facader,

hhv. andre obstruktioner der kan medføre lævirkning.

2): Omregning af snelast er baseret på en rumvægt på 2,5 -> 3,0 kN/m³.

Ved sne målt på terræn, benyttes formfaktorer for tage som i h.t. DS/EN 1991-1-3

3): Regningsmæssig snelast bestemt som: $\gamma_{c,max} S_k$, hvor c_{max} betegner største formfaktor

Litra	G	H	I
Opførelsesår Konstruktion	1979 Traditionel 2-charnierers stålramme med udfigning i hjørner.	1985 Traditionel 2-charnierers stålramme med udfigning i hjørner. 3'x6' åse med gerberbeslag spændende mellem rammer per 4,2 m	2008 Traditionel 2-charnierers stålramme med udfigning i hjørner.
Anvendelse	Lagerhal	Landbrugshal	Maskinhus, Halmoplæg
Tagform Hældning Let tag / tungt tag Frit spænd Mulige lægvere ⁽¹⁾	Sadeltag 20° Let tag 12,5 m Mulig lævirkning ved gavl	Sadeltag 20° Let tag 18 m Ingen lævirkning	Sadeltag 20° Let tag 17 m Ingen lævirkning
Målte snedybder	På resterende tag: 0,3 - 0,35 m mod syd.	På resterende tag: 0,7 - 0,9 m N.B. der er ikke aftrækskanaler eller andre lægvere på taget.	ikke fastlagt
Omregnet snelast ⁽²⁾	0,75 - 1,05 kN/m ²	1,75 - 2,70 kN/m ² NB snelast > norm snelast	
Regningsmæssig snelast ⁽³⁾ Snenorm ved opførelse	(1977): 0,75 kN/m ²	(1982): 1,3 0,75 = 0,98 kN/m ²	
DS/EN 1991-1-3	1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²	1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ²	
Dato for svigt (ca.)	2010-02-20	ikke oplyst	ikke oplyst
Tilsendt dokumentation - oprindelige beregninger - eksisterende tegninger - udført opmåling af konst. - fotoregistrering	Skadesrapport - - - -	- - skitser af rammer opmåling af ståltværsnit fotos af kollapset stålhal	Skadesrapport - - -
Svigt	Kollaps startede jævnt før øjenvidne i nordlige side. Der er ikke observeret kipningsafstivninger ved ben og rigler.	De resterende rammer mod kollapsede område, fremstår med kipning/vridning af rigel/rammeben - størst ved overgang til udfignede dele.	ikke beskrevet nærmere
Benyttet normgrundlag til bæreevne undersøgelse (normmæssig last)	1982 / 1988 ("for nyt") Ekstern beregning. Selv uden hensyn til kipning og vindlast findes store overskridelser af den karakteristiske flydespænding (70%), - at bæreevnen reelt er vurderet med et "for nyt" norm grundlag er derfor uden betydning.	1982 / 2007 En bæreevneundersøgelse overfor normmæssig snelast og samtidig vindlast viser at bæreevnen netop overskrides både efter 1982 norm og Eurocodes (ved overgang mellem rigel og udfigning i rigel) Tages kipningskapaciteten i betragtning med bki/SBI anvisning fra 1980 henholdsvis en ROBOT EC3-beregning - overskrides bæreevnen i begge tilfælde - også selvom der ses bort fra vindlasten. (Kapaciteter tjekket ved uafhængig beregning). Åse påvirket med kombineret bøjning (stærke og svage akse) viser utilstrækkelig regningsmæssig kapacitet.	1998 Ekstern beregning. Selv uden hensyn til kipning og vindlast findes store overskridelser af den karakteristiske flydespænding i rammeben (80%)
Skadestype - svigt udløsende	Manglende kipningsafstivning	Utilstrækkelig normmæssig bæreevne. Aktuelle snelast langt større end norm-last. Åse underdimensionerede m.h.t. bøjning af svage akse (parallel med tagfladen)	Utilstrækkelig normmæssig bæreevne, men konklusion i øvrigt ikke fastlagt

1): Oplysning om bygninger, vinkelret på skadede bygning eller med sammenbyggede facader, hhv. andre obstruktioner der kan medføre lævirkning.

2): Omregning af snelast er baseret på en rumvægt på 2,5 -> 3,0 kN/m³.

Ved sne målt på terræn, benyttes formfaktorer for tage som i h.t. DS/EN 1991-1-3

3): Regningsmæssig snelast bestemt som: $\gamma_{c_{max}} s_k$, hvor c_{max} betegner største formfaktor

Litra	J	K
Opførelsesår Konstruktion	1991 Præfabrikerede trægitterspær, leveret i to halvdele, understøttet langs midten af bygningen.	1973 2-eller 3-charnierers stålramme uden udfigning i hjørner og diagonal forstrækning ved hjørner. Der er udført skråtstillet T-profil med 2 fladjerns forbindelser til riglen
Anvendelse	Stald	Stald
Tagform Hældning Let tag / tungt tag Frit spænd Mulige lægivere ⁽¹⁾	Sadeltag 15° Let tag 2x15 m Mulig lævirkning fra tilstødende bygning vinkelret på hallen som L-form.	Sadeltag 23° Let tag 12 m Ingen lævirkning
Målte snedybder Omregnet snelast ⁽²⁾	Oplyst til optil 1,50 m, dog uklart hvor dette er målt. Fotos indikerer, at lasten (tagflade forskudt for lægiver) er 0,5 - 1,0 m. Tag: 1,3 - 3,0 kN/m ² Max.: 3,8 - 4,5 kN/m ² NB snelast > norm snelast	ikke fastlagt
Regningsmæssig snelast ⁽³⁾ Snenorm ved opførelse DS/EN 1991-1-3	(1988): 1,3 {0,75/0,90} 1,00 = 0,98 / 1,17 kN/m ² (lævirkn) 1,3 (0,8+1,2) 1,00 = 2,60 1,5 0,80 0,90 = 1,08 kN/m ² (lævirkn) 1,5 {2,0 → 4,0} 0,90 = 2,70 - 5,40 kN/m ²	
Dato for svigt (ca.)	ikke oplyst	ikke oplyst
Tilsendt dokumentation - oprindelige beregninger - eksisterende tegninger - udført opmåling af konst. - fotoregistrering Svigt	- - spærtegninger - fotos af kollapsede staldbygn. Ene halvdel af tagkonstruktionen er kollapsede.	Skadesrapport - - - -
Benyttet normgrundlag til bæreevne undersøgelse (normmæssig last)	Beregning ikke udført. Spærtegninger angiver ved tænger (trykstænger) "25x100 mm afstivning på tværs af alle tænger...". Der er intet anført om, at afstivningen skal føres til fast punkt, hvorfor afstivningen kan have været virkningsløs. Foto af resterende hal underbygger denne formodning.	1945 (7.udg 1965) Ekstern beregning. Selv uden hensyn til kipning, vindlast og manglende diagonal plader findes store overskridelser af den karakteristiske flydespænding (80%)
Skadestype - svigt udløsende	Meget stor snelast, men også utilstrækkelig afstivning af tænger	Forkert udformning af rammehjørne og utilstrækkelig bæreevne.

1): Oplysning om bygninger, vinkelret på skadede bygning eller med sammenbyggede facader, hhv. andre obstruktioner der kan medføre lævirkning.

2): Omregning af snelast er baseret på en rumvægt på 2,5 -> 3,0 kN/m³.

Ved sne målt på terræn, benyttes formfaktorer for tage som i h t. DS/EN 1991-1-3

3): Regningsmæssig snelast bestemt som: $\gamma_{c_{max}} s_k$, hvor c_{max} betegner største formfaktor

6.3 Kommentarer til vurderingerne

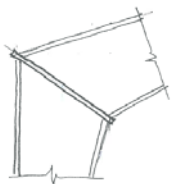
Der er ovenfor vurderet relationen mellem svigt og forventelig bæreevne for i alt 11 konstruktioner, heraf 8 stålkonstruktioner/-rammer, 2 gitterspær af træ og en med bjælkespær (limtræ).

For stålkonstruktioner/-rammer udviser undersøgelsen, at de vurderede svigt kan forudsættes at være grundet en kombination af underdimensionering (dog ikke litra H) og:

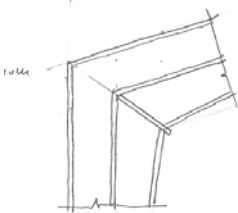
- 1) manglende kipningsafstivning, især ved rammehjørner, men også af rigler i øvrigt
- 2) rammehjørner uden sammenhængende diagonalplader, hvilket medfører en stor reduktion af momentkapaciteten i rammehjørnerne.

Konstruktioner omfattet af (1) kan godt have en normmæssigt tilstrækkelig bæreevne efter de på opførelsestidspunktet gældende normer med tilhørende SBI-anvisninger. Grundlaget blev ændret markant omkring 1980 i forbindelse med kraftigt snefald, hvor beregningerne af kipning ved rammehjørner blev skærpet. Beregningsmetoder er løbende blevet forbedret, hvilket har medført skærpede krav til kipningsstabiliteten.

Konstruktioner omfattet af (2) har ikke korrekt udførte rammehjørner, og det må forventes, at disse aldrig har været dimensioneret "af en professionel" stålbygger. Således har udformningen af specielt rammehjørner intet med landbrugets byggeblade eller senere SBI-anvisninger for stålrammebygninger at gøre.



Korrekt udformet rammehjørne, hvor flangekræfterne hidhørende fra hjørnemomentet "kan udlignes om hjørnet" mellem rigel og ben, således at der kan opnås fuld momentkapacitet.



Rammehjørne, hvor momentkapaciteten er markant reduceret, idet træk i yderflangerne på ramme ben og rigle, kun i begrænset omfang kan føres om hjørnet. (svigtårsag type 2)



Rammehjørne med helt utilstrækkelig moment kapacitet.

Svigt i disse hjørner, fremstår typisk som "overrivning" af kropsstålet, hvor kræfter forsøger at føre et træk fra yderflange rigel til yderflange ben (svigtårsag type 2)

Det bemærkes, at ved en af de undersøgte konstruktioner, som oplystes at have været udsat for en markant ensidig snelast, kunne det konstateres, at bæreevnen af åsene i henhold til både gamle og nye norm var utilstrækkelig, hvorimod bæreevnen af stålrammen var tilstrækkelig i henhold til

gamle regler, men utilstrækkelig i henhold til nye regler. Ved denne konstruktion, kan svigtet dog initialt være fremkaldt af, at åsene svigtede før stålrammerne.

For gitterspær af træ udviser undersøgelsen, at de vurderede svigt alle kan forudsættes udløst ved forkert afstivning af spær, grundet:

- 3) manglende afstivning af stænger,
- 4) utilstrækkelig afstivning af stænger.

og kombineret med stor snelast i det ene tilfælde.

Til spær omfattet af (3) henregnes konstruktioner, hvor det ved observationer af kollapsede konstruktion kan konstateres, at der ikke har været udført afstivning af fx lange stænger, som derfor har en utilstrækkelig "søjlebæreevne".

Til spær omfattet af (4) henregnes konstruktioner, hvor der har været udført afstivning af spær, men denne har ikke været korrekt udført.

Typisk er afstivning kun udført på tværs af stænger og derved ikke forbundet til noget fast punkt. Derved kan alle stænger bøje ud til samme side, så afstivningens funktion er begrænset.

For nogle konstruktioner gælder endvidere, at spærproducenten har anført "afstivning" på dennes spæropstalter, men der er ingen detaljeret anvisning af, hvordan denne afstivning skal udføres på de foreliggende hovedsnit og plantegninger – som oftest er udarbejdet af en anden end spærleverandøren.

6.4 Opsummering

Det har ikke i nogen af de efterspurgte sager været muligt i kommunernes arkiv, at finde tilstrækkeligt detaljeret materiale til at foretage en statisk beregning, ligesom de statiske beregninger ikke har været til stede i kommunernes arkiv for de involverede sager. I nogle tilfælde har kommunen betinget sig en statisk beregning, men den foreligger ikke i sagen.

Svigt synes primært at forekomme grundet forkert udførelse af konstruktioner, enten grundet forkert/manglende afstivning ved udførelsen eller grundet manglende kvalificeret projektmateriale.

For ældre stålkonstruktioner gælder dog også det forhold, at den normmæssige bæreevne kan have været tilstrækkelig på opførelsestidspunktet – uden at den regningsmæssige bæreevne er tilstrækkelig i dag. Svigt konstateret i en sådan hal (litra H) var dog også kombineret med en meget stor snelast.

Dersom de umiddelbart synlige fejl – fx ukurante rammehjørner og manglende afstivning af lange gitterstænger – var blevet opdaget - og afhjulpet er det sandsynligt, at de fleste svigt kunne have været undgået.

Om konstruktioner i forbindelse med selve beregningen henregnes til lav, middel eller høj konsekvensklasse, synes derfor ikke at have været afgørende – men en kontrol af udførelsen / inspektion af det færdige bygværk kan forventes - at have stor betydning for sikkerheden.

Undersøgelserne af de svigtede konstruktioner giver ikke alene anledning til ændring af snelasten i normerne, dog kan observationer af faktiske sneformer på tage, herunder skævbelastning på tagfladerne, give anledning til ændring af den normmæssige snelast. Forholdet omkring den store snelast – på litra H og J – giver dog anledning til, at en årsag til disse bør søges, før man kan føle sig dækket ind overfor fremtidige sneophobninger.

6.5 Forhold ved eksisterende bygninger

Af hensyn til såvel personsikkerhed som økonomiske risici bør der foretages en vurdering af sikkerheden af eksisterende bygninger opført med særligt udsatte konstruktionsformer, herunder specielt:

- Stålramme bygninger:
 - udformning af rammehjørner (udfligning, kropsplader, diagonal plader)
 - tilstedeværelsen af kipningsafstivninger ved åse
 - overslagsdimensioner
- Trægitterspær:
 - afstivninger af "lange" gitterstænger
 - om afstivninger er ført til et fast punkt.

Det bør endvidere sikres, at oprindelige bygninger, som er blevet sammenbygget med nyere bygninger, henholdsvis eksisterende bygninger som planlægges sammenbygget med nye bygninger, sikres en forøget bæreevne, svarende til den sneophobning som en sammenbygning måtte kunne betinge, herunder også snefyldning ved tagsammenskæringer. Tilsvarende skal bæreevnen af eksisterende konstruktioner også vurderes, når der efterfølgende er bygget tæt op af disse, da nye konstruktioner kan virke som lægiverer for ældre konstruktioner (og omvendt).

Der bør udarbejdes retningslinjer for tiltag, hvor konstruktionerne ikke lever op til de overordnede krav til konstruktionsudformning.

Man skal nøje overveje, hvorledes dette gøres. Ideelt set bør man genberegne konstruktionerne for at afgøre om bæreevnen er tilstrækkelig. En sådan beregning vil dog være en meget stor økonomisk byrde at løfte, hvorfor en mere pragmatisk løsning bør findes.

Det er i denne sammenhæng vigtigt, at få fastlagt ansvarsforholdene. Dersom en 3. part skal kunne stå inde for bæreevnen af en konstruktion, så vil dette i realiteten forudsætte en genberegning af konstruktionen.

Det bemærkes, at det materiale, som kommunerne måtte have liggende, stort set aldrig vil være tilstrækkeligt til at foretage den regningsmæssige vurdering på – hvorfor også dette kunne være en grund til at fokusere på udførelsen alene.

Opmærksomheden henledes endvidere på BR08 4.2 stk.10 og BR10 4.2 stk.9:

For jordbrugserhvervenes avls- og driftsbygninger gælder, at mindre tilbygninger på indtil 200 m² etageareal til bestående avls- og driftsbygninger kan, uanset bestemmelserne i dette kapitel, udføres i samme konstruktion som den bestående bygning.

Vejledningen til punktet i BR08, som anfører at projektering kan udføres på grundlag af landbrugets byggeblade, er dog udgået af BR10. Denne administrative tilladelse til blot at gentage samme konstruktive principper, bør knyttes til en gennemgang af eksisterende bygninger.

6.6 Forhold ved fremtidige bygninger

Jævnfør BR08 og BR10 samt med udsendelsen af "Vejledning i styrket byggesagsbehandling" (EBST 2009) er der fastlagt lempelige krav til fremsendelse af dokumentation af konstruktionernes bæreevne til kommunerne. Det fremgår af BR og vejledningen:

BR 08/10:

1.3.2 Særlige bestemmelser vedr. sammenbyggede enfamiliehuse, avls- og driftsbygninger

2) Avls- og driftsbygninger i 1 etage, som kan henføres til konsekvensklasse CC1 eller CC2 i EN 1990 DK NA: 2007.

Bestemmelsen omfatter dog ikke avls- og driftsbygninger, hvor der ved svigt vil være stor fare for tab af dyreliv, svarende til bygninger, der ville blive placeret i konsekvensklasse CC3, hvis de var beregnet til ophold for mennesker.

Vejledning:

Herudover er avls- og driftsbygninger, hvor der ved svigt er stor fare for tab af dyreliv ikke omfattet af bestemmelsen, dvs. avls- og driftsbygninger, der ville blive placeret i konsekvensklasse CC3, hvis de var til ophold for mennesker. Det vil typisk være staldbygninger over 2.000 m², hvor samtlige dyr i bygningen vanskeligt vil kunne evakueres ved svigt.

Således skal ansøgningen generelt indeholde:

- Nødvendige oplysninger til identifikation af ejendommen, bygningen eller enheden.
- Nødvendig information til byggesagsbehandling med relation til BR kapitel 2 (bebyggelsesregulerende forhold) og kapitel 5 (brand).

Der stilles således ikke generelt krav og indsendelse af statistisk dokumentation (herunder tegninger) for bygningerne jævnfør BR 1.3.2.

Det bør overvejes, hvorledes denne byggesagsbehandling stemmer overens med forebyggelse af de svigt som der er konstateret på avls- og driftsbygninger, samt hvilke justeringer der måtte være påkrævet.

Man skal samtidigt være opmærksom på at man ikke indfører en omfattende sagsbehandling, som reelt ikke forbedrer sikkerheden ved de fremtidige bygværker.

Traditionen med, at landbrugets parter i nogen tilfælde selv står som både bygherre og entreprenør, skal der sikres plads til. Man kunne her fokusere på, at sikre at der foreligger et fornuftigt vejledningsmateriale for udførelsen (svarende til SBI-anvisning 187 [15]), samt at der bliver fulgt op på om kravene er overholdt ved byggeriets færdiggørelse.

7 Sneens terrænværdi

I vinteren 2009/10 var især Nordjylland dækket af store mængder sne, startende den 15. december 2009. Jorden blev først snefri igen ind i marts.

Den karakteristiske terrænværdi blev i DS 410:1998 nedsat fra 1,0 til 0,9 kN/m². Terrænværdien blev fastlagt på baggrund af en model for snelasten, herefter kaldet 1998-modellen, ved at benytte meteorologiske observationer ved 5 flyvestationer fra vinteren 1965/66 til vinteren 1996/97, i alt 32 vintre. De 15 største estimerede ekstreme snelaster for flyvestationerne Værløse, Karup og Skrydstrup blev benyttet til fastlæggelse af den karakteristiske værdi (50-års værdien) for snelasten på terræn.

Terrænværdien for snelasten forskellige steder i den nordlige del af Jylland i vinteren 2009/2010 er estimeret på basis af meteorologiske observationer ved en række manuelle målestationer. Snepakken startede de fleste steder 16. december, nogle steder lidt senere, og sluttede ind i marts. Estimeringen slutter 28. februar, da der ikke var snefald af betydning efter den dato.

Snedyderegistreringer er foretaget ved 22 manuelle snestationer. Nøjagtigheden af målingerne forventes at være bedre end ved flyvestationerne, men der er ikke målt andre parametre, så 1998-modellen kan ikke anvendes.

Det bemærkes, at terrænforholdene omkring de enkelte målestationer er meget forskellige. Således er nogle af målestationerne placeret i skovområder eller tæt herpå (eksempelvis målestationerne i Hellum og Hinding), medens andre er placeret i det åbne land med lang afstand til lægive-re.

I stedet for 1998-modellen anvendes en model, kaldet den rene snemodel, til at estimere snelasten på terræn. Modellen benytter snedybderegistreringerne, således at når snedybden øges antages lasten at blive øget med forøgelsen gange densiteten af nysne. Der kan ikke skelnes mellem snefald og sne der flyger til. Når snedybden reduceres antages lasten uændret så densiteten øges, dog kun til den når et maksimal værdi, der er densiteten af tøsne. Eventuel fordampning eller sne der flyger bort reducerer ikke lasten. Modellen er kalibreret ved hjælp af dataene fra 1965-1997. Kalibreringen viser, at der opnås tilfredsstillende estimater hvis densiteten af nysne sættes til 1,4 kN/m³ og den maksimale densitet til 4,0 kN/m³. De fundne resulterende densiteter stemmer rimeligt med enkelte målinger, der er udført på Aalborg Universitet.

De estimerede maksimale terrænværdier i vinteren 2009/2010 er vist i nedenstående tabel 7.1:

Tabel 7.1 Estimerede maksimale terrænværdier

Station	kN/m ²
Hjørring	1,23
Frederikshavn	0,98
Hellum (mellem Brønderslev og Sæby)	1,65
Pandrup	0,98
Springborg (ved Hals)	1,01
Gelstrup (ved Nibe)	1,16
Gatten (Himmerland)	1,04
Hørby (ved Hobro)	1,25
Terndrup	1,20
Hinding (ved Thisted)	1,39
Vestervig (i Sydthy)	1,58
Erslev (på Mors)	1,19

Resultaterne viser, at terrænværdien mange steder i Nordjylland har været over den karakteristiske værdi.

Ovenstående terrænværdier fra vinteren 2010 er dernæst benyttet til at opvurdere den karakteristiske (50-års) terrænværdi ved en statistisk analyse. Resultatet er vist i nedenstående tabel 7.2, idet forskellige værdier af den observerede terrænværdi i 2010 benyttes. Da ovenstående observerede værdier ikke repræsenterer de samme steder som værdierne, der blev benyttet i 1998, er det ikke givet hvilken observeret værdi, der bør bruges, men der er mange observationer, der er større end den største, der blev benyttet i 1998 (1,10 kN/m²).

Tabel 7.2 Karakteristisk terrænværdis afhængighed af valg observeret værdi

Observeret værdi i 2010 [kN/m ²]	Karakteristisk ter- rænværdi [kN/m ²]
1,10	0,93
1,15	0,94
1,20	0,94
1,25	0,95
1,30	0,96
1,35	0,97
1,40	0,99
1,45	1,00
1,50	1,01

De observerede terrænværdier sammenholdt med disse resultater indikerer, at den karakteristiske snelast på terræn ligger mellem 0,9 og 1,0 kN/m², og at den ligger tættest på 1,0 kN/m².

I EN 1991-1-3, [3] benyttes en eksponeringskoefficienten C_e ved bestemmelse af snelasten på tage. Eksponeringskoefficienten afhænger af om topografien i nærheden af den betragtede bygning kan karakteriseres som vindblæst, normal eller afskærmet. Eksponeringskoefficienten anvendes kun sjældent i Danmark. Det kan overvejes, at benytte denne i flere tilfælde, specielt i områder, hvor læ fra omliggende skove medfører større snedybder i terræn og/eller på tage. Større anvendelse af eksponeringsfaktoren vil kræve, at der udarbejdes generelle anbefalinger / anvisninger herpå.

Endvidere har EN 1991-1-3, [3] en højdefaktor, som kan benyttes ved fastlæggelse af snelasten på et tag. Denne benyttes ikke i Danmark. Den kan være relevant at benytte ved vurdering af de observerede snedybder. Eksempelvis er DMI målestationen i Hellum placeret i kote 89m svarende til en korrektionsfaktor på 1,12.

Fra et meteorologisk synspunkt var der i følge fhv. afdelingsmeteorolog ved DMI Stig Rosenørn ikke nogen ekstreme omstændigheder ved vinteren 2009/10, andet end uheldigt sammenfald af forskellige forhold der ikke i sig selv er ekstreme. Der er intet, der kan henføres til klimaforandringer. Sandsynligheden for tilsvarende hændelser vurderes derfor at være lille.

Ovenstående undersøgelse af sneobservationerne viser således, at terrænværdien mange steder i Nordjylland har været over den karakteristiske værdi, og flere steder over den regningsmæssige værdi. De statistiske analyser af de observerede terrænværdier i 2010 sammenholdt med baggrunden for terrænværdien i den nuværende snenorm indikerer endvidere, at terrænværdien bør øges fra 0,9 kN/m² til 1,0 kN/m². Alternativt kan man indføre eksponeringskoefficienten eller regler for snerydning.

Uddybende information om bestemmelse af terrænværdien findes i Anneks C.

8 Vindtunnelforsøg

8.1 Beskrivelse

I forbindelse med gennemgangen af de konstruktioner, der har været udsat for stor sneophobning i vinteren 2009/10 har det været tvivl om at eventuelle ventilationsskorstene på tage og tagsammenskæringer ved vinkelbygninger har medvirket til ophobningen og dermed til kollaps. Skitse-mæssige forslag til nye regler i snenormen vil efterfølgende blive udarbejdet på basis nærværende vindtunnelforsøg med forskellige geometrier, hvor der primært måles vindhastigheder, idet sneophobning forekommer, hvor vindhastigheden er lav.

Vindtunnelforsøgene belyser ophobningen af den løse sne. Vindtunnelforsøgene belyser den relative sneophobning for de forskellige undersøgte geometrier. Absolutte snelaster fastlægges efterfølgende ved at kombinere resultaterne med normfastsatte værdier i referencetilfældene.

Undersøgelsen omfatter dels de geometrier, der behandles i den nuværende snenorm, dels de nævnte geometrier for hvilke der er observeret stor sneophobning. Geometrierne omfatter flade tage og sadeltage. Siloer har ikke været en del af undersøgelsen.

I det følgende er vindtunnelforsøgene og hovedresultaterne beskrevet samt en konklusion. For flere detaljer og en mere dybdegående beskrivelse se Anneks D.

8.2 Vindtunnelforsøg

Følgende forsøg udføres i vindtunnellen ved et dækkende antal vindretninger:

1. Eurocode 1: last på bærende konstruktioner – Del 1-3: Generelle laster – snelast.
 - A. Relativ bestemmelse af middelvindhastigheder ved hotwire-målinger udført på:
 - Type 1: 8 opstillinger der dækker Eurocoden: kapitel 5.3.6 – figur 5.7, for tage som støder op til højere bygværker.
 - Type 2: 8 opstillinger der dækker Eurocoden: kapitel 6.1-2 – figur 6.1, ved frem-spring og forhindringer.
 - B. Visualisering af sneophobning ved pulverforsøg udført på:
 - Type 1: 2 opstillinger der dækker Eurocoden: kapitel 5.3.6 – figur 5.7, for tage som støder op til højere bygværker.
2. Geometrier svarende til konstruktioner med stor sneophobning i vinteren 2009/10.

Relativ bestemmelse af middelvindhastigheder ved hotwire-målinger udført på:

 - A. Stald med og uden ventilationsskorstene på taget
 1. Staldbygningen uden ventilationsskorstene på taget.
 2. Staldbygning hvor der på den ene side af taget er to rækker med otte ventilationsskorstene i hver.
 3. Staldbygning hvor der er to gennemgående forhindringer med samme højde og bredde som ventilationsskorstene.
 4. Staldbygning hvor der på den ene side af ryggen er placeret en række ventilationsskorstene med otte skorstene i hver.
 - B. Stald med vinkelbygning i tagsammenskæring

8.3 Opstillinger, analyse og resultater

For hver opstilling undersøges syv vindretninger, se *Figur 8.1*. Basisopstillingen udgøres af en kasse der svare til en lav bygning, hvor der på låget/taget er placeret otte hotwire (HW).

Foran denne basisopstilling placeres for type I-forsøgene, for tage som støder op til højere bygværker, lægiverer med forskellige geometrier svarende til kapitel 5.3.6 – figur 5.7 i Eurocoden. H er højden af den lave bygning og h er højden af lægiveren.

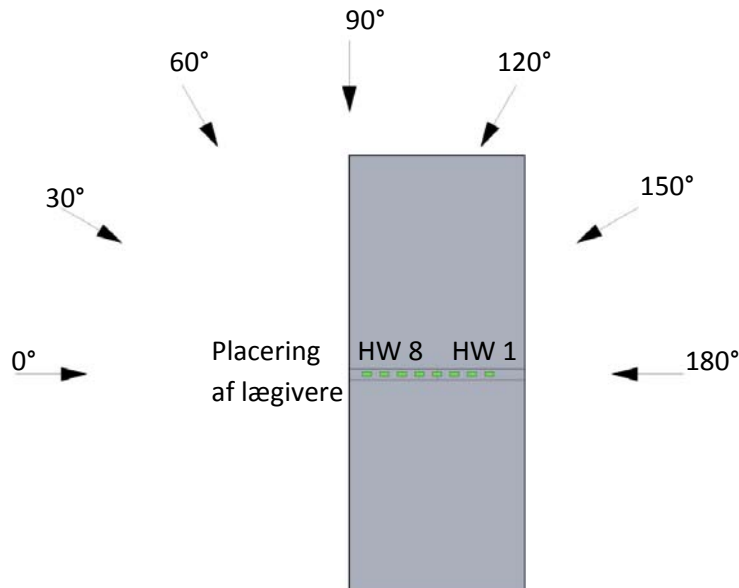
Type I - forsøg 1-4: brede lægiverer med varierende højde ($h/H = 0, 0.5, 1, 1.5$).

Type I - forsøg 5-8: smalle lægiverer med varierende højde ($h/H = 0, 0.5, 1, 1.5$).

For type II-forsøgene placeres en kasse magen til den vist på *Figur 8.1* ved siden af, så taget bliver dobbelt så stort og i samlingen placeres otte forskellig forhindringer for at undersøge kapitel 6.1-2 – figur 6.1 i Eurocoden der omhandler fremspring og forhindringer. L er længden af konstruktionen og l er længden af forhindringen.

Type II - forsøg 1-4: høje forhindringer med varierende længde ($l/L = 0.02, 0.05, 0.1, 1$).

Type II- forsøg 5-8: små forhindringer med varierende længde ($l/L = 0.02, 0.05, 0.1, 1$).



Figur 8.1: Vindretninger.

A-B: Type I

Eurocoden forskriver en formfaktor μ_2 , der er proportional med bredden af den høje bygning ad deret med bredden af den tilstødende lave bygning. Af Type I-forsøgene kan det konkluderes at bredden af den høje bygning på en hensigtsmæssig måde burde være proportional med formfak-

toren. Ydermere burde højdeforskellen h på den lave og den høje bygning også være proportional med formfaktoren og ikke omvendt proportional som angivet i Eurocoden. Samme tendens ses ved visualiseringsforsøgene.

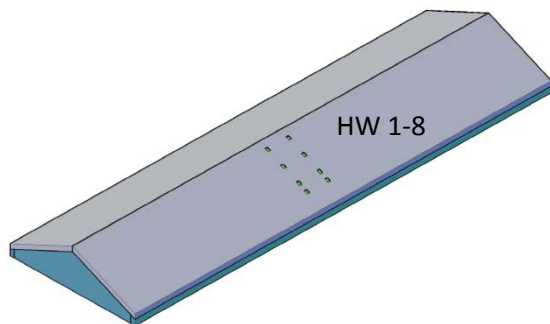
A: Type II

Eurocoden forskriver en formfaktor μ_2 , der er proportional med højden h af forhindringen. Denne formulering stemmer overens med forsøgsresultatet for Type II-forsøgene. Ligeledes er dybden af forhindringen mere kritisk hvis denne er gennemgående.

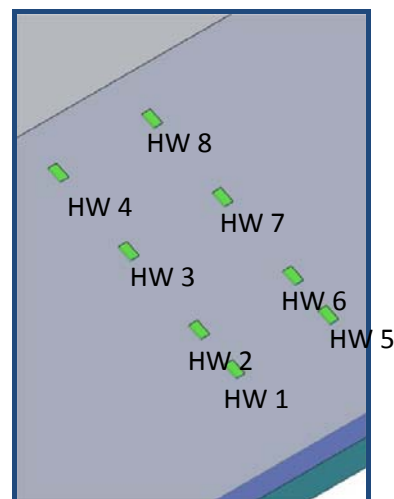
Konklusionerne på tendenserne fra vindtunnelforsøgene med hotwire følger af *Figur 8.6*, *Figur 8.7*, *Figur 8.8* og *Figur 8.9*. Her er de laveste vindhastigheder for hver hotwire ved hver opstilling uafhængig af vindretningen, normaliseret med den frie vind, plottet som funktion af enten den normaliserede højde h/H eller den normaliseret længde l/L .

Konklusionerne på tendenserne fra visualiseringsforsøgene i vindtunnelen følger af *Figur 8.10*, *Figur 8.11*, *Figur 8.12* og *Figur 8.13*. Her er visualisering vist for vindretning 0° og 30° for type I-forsøg 1 og 4.

For hvert af de fem staldforsøg undersøges syv vindretninger. Basisopstillingen er stalden vist på *Figur 8.2* med en taghældning på 25° , hvor der er placeret otte hotwire (HW) som vist på *Figur 8.3*, gældende for forsøg 1-4. For forsøg 2-4 placeres de beskrevet installationer på samme side af taget som hotwirene.

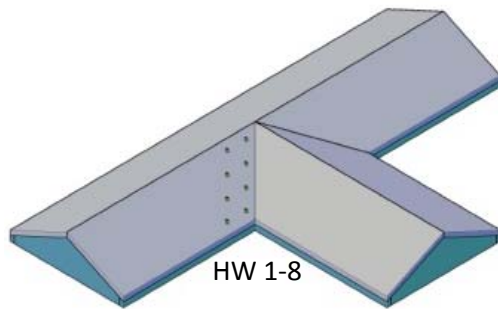


Figur 8.2: Basisopstilling af staldbygning.

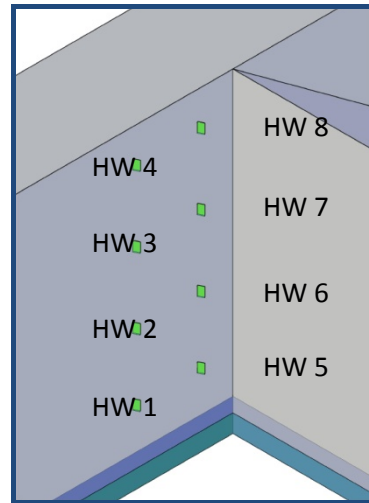


Figur 8.3: Placering af hotwire på staldbygning for forsøg 1-4.

For stalden med vinkelbygning i tagsammenskræringen tilføjes til basisopstillingen en vinkelbygning som vist på *Figur 8.4*. Hotwirene placeres som vist på *Figur 8.5*.



Figur 8.4: Stald med vinkelbygning.



Figur 8.5: Placering af hotwire på stald med vinkelbygning.

A: Stald- forsøg 1-3

De laveste vindhastigheder ses at forekomme når hotwirene er placeret på læsiden af staldbygningens tag (vindretning 0°) både med og uden ventilationskorstene på taget (forsøg 1-3). Vindhastighederne ses at være større når vindretningen ændres fra de 0° for alle tre forsøg.

Grunden til sneophobning på sadeltage, kan findes ved at se på vindforskelle fra vindsiden til læsiden af taget. Det ses af *Figur 8.14*, at der er store vindhastigheder på vindsiden af taget (vindretning 180°) både med og uden ventilationskorstene, hvilket betyder at der kan flyttes sne fra denne side. På læsiden ses der at være lave vindhastigheder, det vil sige sneen kan lægge sig der. Vindhastigheden ses at falde på læsiden bag ved lægiverne jo mere markante disse der er. Taghældningen på 25° er med til at underbygge dette scenarie, da sadeltage med hældninger omkring 25° og lidt større vil opleve en glat vind, der kan transportere sne fra vindsiden af taget til læsiden af taget.

Ved vindretning 30° og 60° ses der et markant drop i vindhastighederne for hotwire 3 og 4, fra forsøg 1 til 2 dvs. fra et tag uden ventilationskorstene til et med. De lave vindhastigheder giver mulighed for sneophobning omkring hotwire 3 og 4, da disse står i læ af ventilationskorstene ved vindretning 30° og 60°. Vindhastighederne målt af hotwire 1-2 og 5-7 er store sammenlignet med hotwire 3-4 dvs. der kan flyttes sne herfra pga. de høje hastigheder og dermed vil der opstå skrå snedriver, som beskrevet i registreringer af de reelle sneophobninger vinteren i 2009/10.

A: Stald- forsøg 1 og 4

De laveste vindhastigheder ses at forekomme når hotwirene er placeret på læsiden af staldbygningens tag dvs. ved vindretning 0° ligesom i forsøg 1-3. Generelt ses der ingen større forskel i vind-

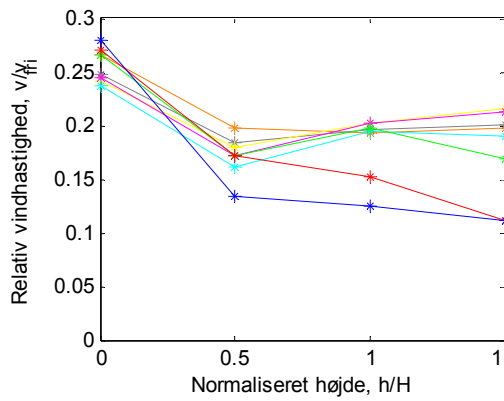
hastigheder fra en staldbygning uden installationer (1) til en med ventilationsskorstene nær tagryggen (4). Altså har placeringen af ventilationsskorstene meget nær tagryggen ikke den effekt at der vil dannes snedriver.

B: Stald med vinkelbygning i tagsammenskæring

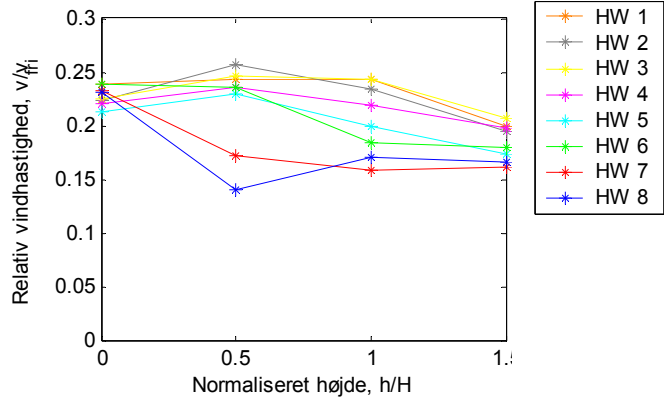
Vindhastighederne nær tagsammenskæringen ses at være lavest ved vindretning 0° og 90° , ca. 1-2 m/s, som er i omegnen af vindhastighederne på stalden uden en vinkelbygning for vindretning 0° (se figur 8.9). Samme konklusion som i staldforsøgene 1-3, er gældende. Sneen vil flyttes fra et sted med stor vindhastighed til et med lavere, i dette tilfælde til tagsammenskæringen ved de to kritiske retninger 0° og 90° . Det kan konkluderes at der ved bygninger med vinkelbygning kan være en fordoblende faktor, da to vindretninger vinkelret på hinanden (forudsat en 90° vinkelbygning) er kritiske.

8.4 Konklusion

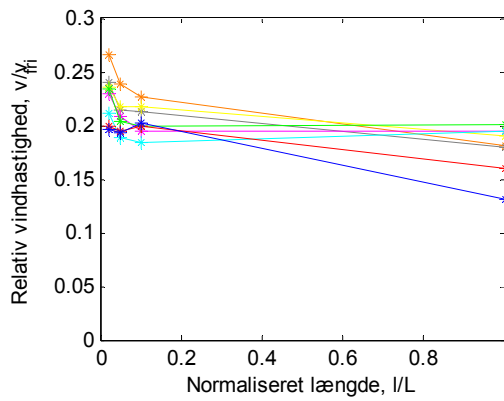
Eurocoden har nogle inkonsistente beregningsudtryk, og disse burde ændres og yderligere præciseres.



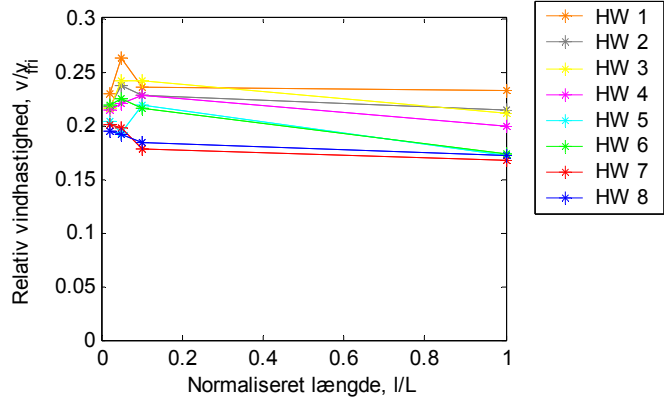
Figur 8.6: Type I forsøg 1-4



Figur 8.7: Type I forsøg 5-8



Figur 8.8: Type II forsøg 1-4



Figur 8.9: Type II forsøg 5-8



Figur 8.10: Type I forsøg 1 – vindretning 0° - høj vind.



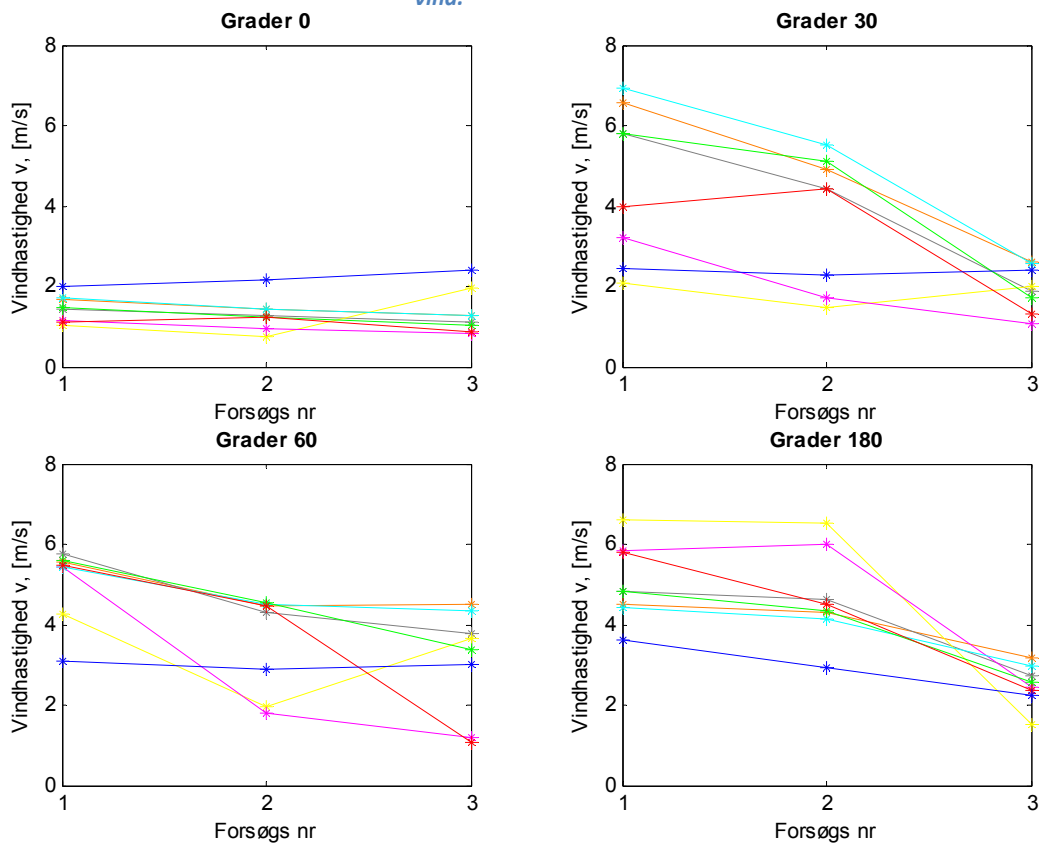
Figur 8.11: Type I forsøg 1 – vindretning 30° - høj vind.



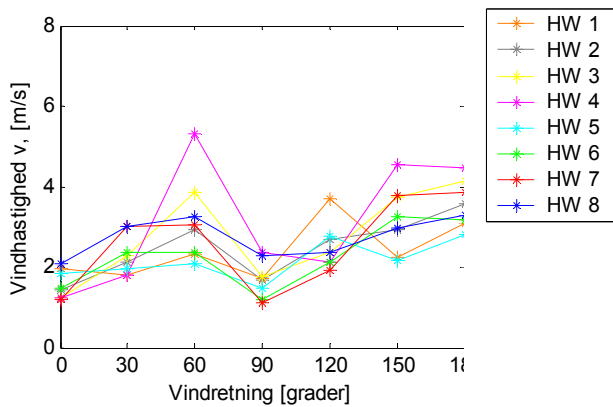
Figur 8.12: Type I forsøg 4 – vindretning 0° - høj vind.



Figur 8.13: Type I forsøg 4 – vindretning 30° - høj vind.



Figur 8.14: Stald med og uden installationer på taget. Forsøg 1-3 vindretning 0°, 30°, 60° og 180°.



Figur 8.15: Stald med vinkelbygning.

9 anbefalinger til ændrede normregler

I dette afsnit diskuteres anbefalinger til ændring af normregler vedr. snelast i forhold til nuværende regler i EN 1991-1-3:2003 [3] med dansk nationalt annekse [7]:

- 1) Værdi for snelast i terræn, se afsnit 9.1
- 2) Snelast på sadeltage, se afsnit 9.2
- 3) Snelast på tage ved højere bygværker og ved lokale lægivere, se afsnit 9.3
- 4) Snelast ved flere lokale lægivere, se afsnit 9.4
- 5) Snelast ved tagsammenskæringer, se afsnit 9.5
- 6) Eksponeringskoefficient, se afsnit 9.6
- 7) Snerydning, se afsnit 9.7
- 8) Kontrol af udførelse, se afsnit 9.8
- 9) Regler for gartneriets væksthuse, se afsnit 9.9

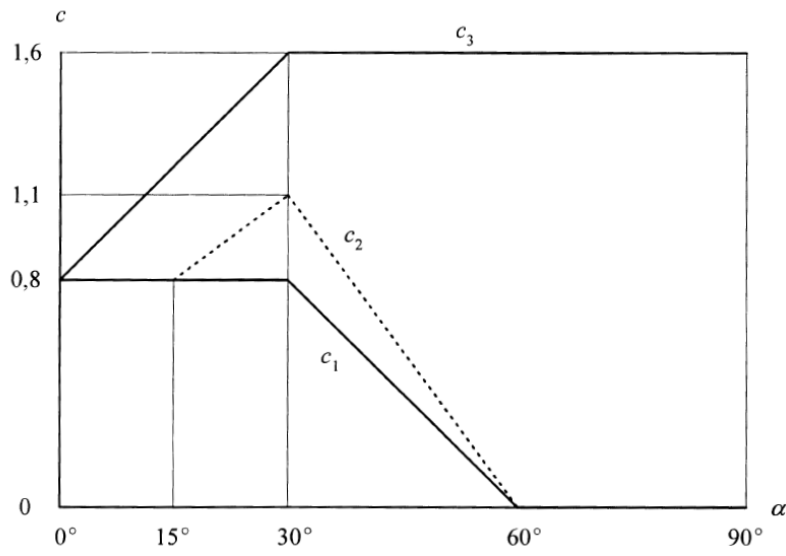
9.1 Værdi for snelast i terræn

Som beskrevet i afsnit 7 viser de statistiske analyser af de observerede terrænværdier i 2010 sammenholdt med baggrunden for terrænværdien i den nuværende snenorm, at terrænværdien bør øges fra $0,9 \text{ kN/m}^2$ til $1,0 \text{ kN/m}^2$.

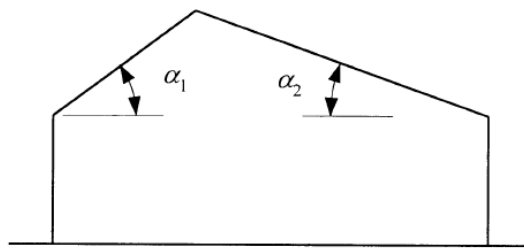
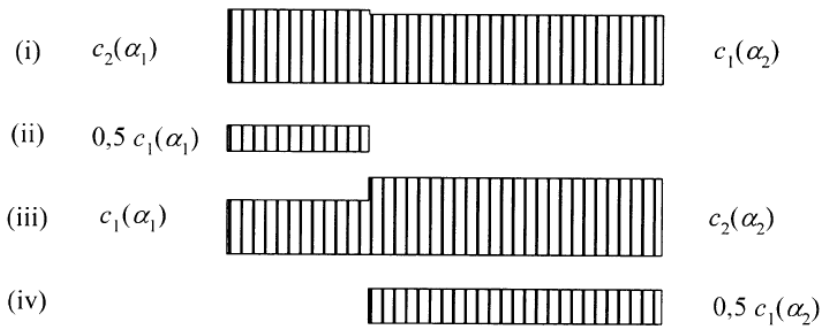
9.2 Snelast på sadeltage

I DS410:1998 [1] blev snelast på sadeltage fastlagt vha. formfaktorerne i figur 9.1 sammen med lastarrangementerne i figur 9.2. Disse svarer til de anbefalede formfaktorer og lastarrangementer i den foreløbige Eurocode for snelast DS/ENV 1991-2-3:1995.

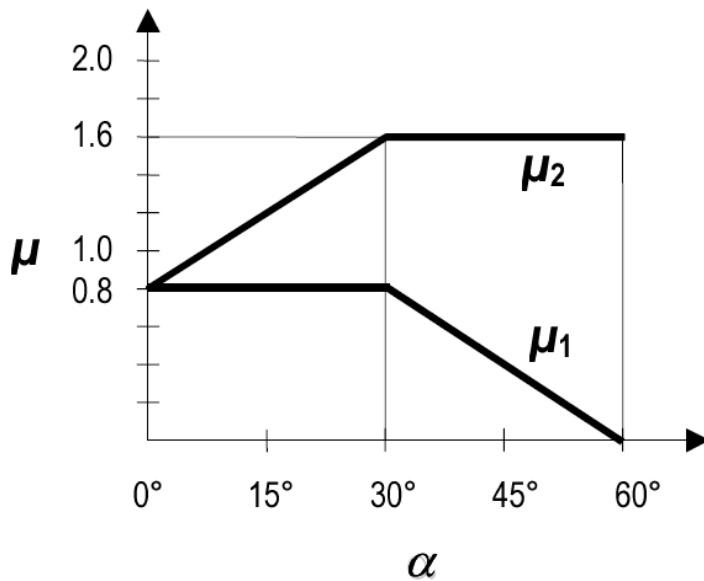
I Eurocoden for snelast EN 1991-1-3:2003, [3] bliver snelasten på sadeltage fastlagt vha. formfaktorerne i figur 9.3 sammen med lastarrangementerne i figur 9.4.



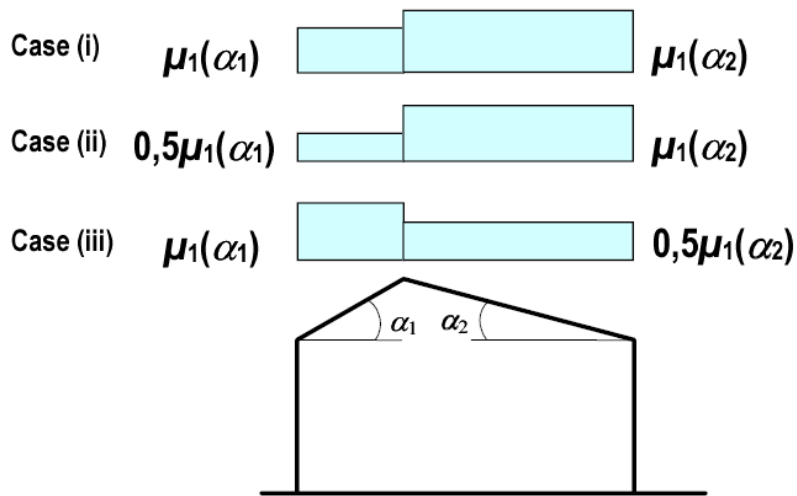
Figur 9.1. Formfaktorer for snelast. DS410:1998.



Figur 9.2. Lastarrangement for snelast på sadeltage. DS410:1998.



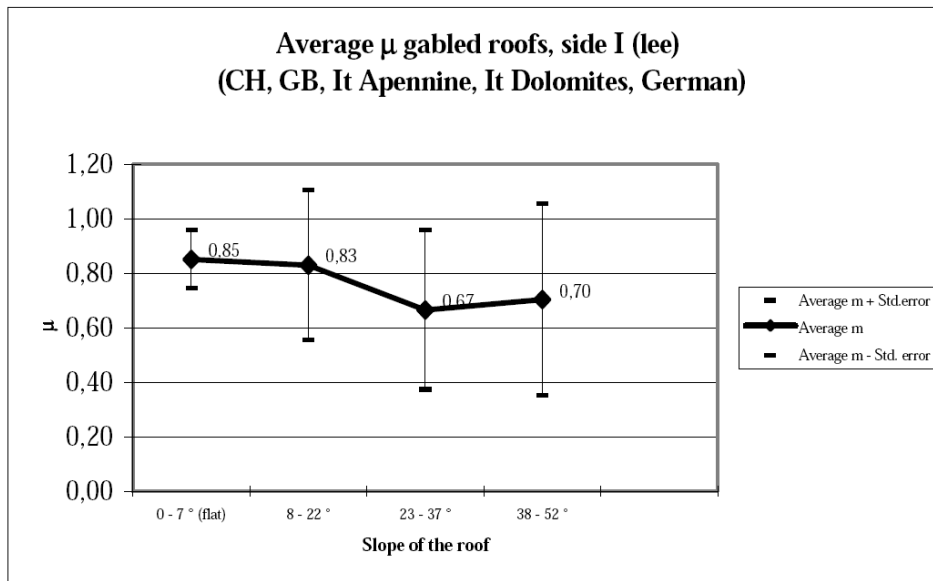
Figur 9.3. Formfaktorer for snelast. EN 1991-1-3:2003.



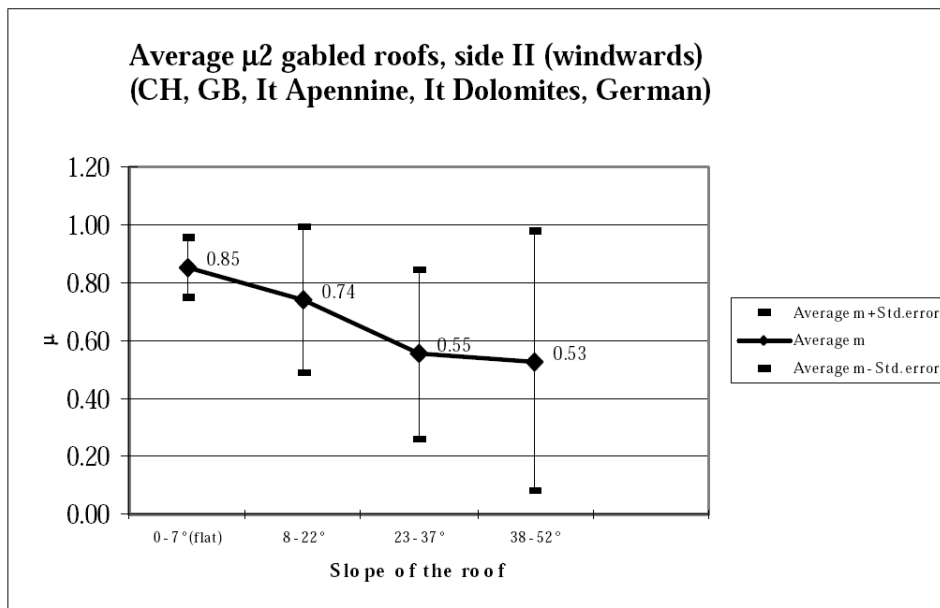
Figur 9.4. Lastarrangement for snelast på sadeltage. EN 1991-1-3:2003.

Sammenlignes formfaktorerne ses, at formfaktoren c_2 i DS410:1998 er fjernet i EN 1991-1-3:2003, [3]. Lastarrangementerne er ligeledes ændret, specielt lastarrangementerne med skæv snelast (case (ii) og (iv) i DS410 og case (ii) og (iii) i EN 1991-1-3).

Ændringerne betyder, at for taghældninger over 15° er snelasten reduceret væsentligt på læsiden af et sadeltag. Størst ændring er der for en taghældning på 30° , hvor formfaktoren og dermed lasten reduceres fra 1,1 til 0,8, dvs. 27 %. Dette har især betydning for sadeltage, der konstruktionsmæssigt (statisk) er delt i 2 dele, såsom visse træspær der rækker 30-40 m, dvs med spændvidder på 15-20 m.



Figur 9.5. Formfaktorer (middelværdi og spredning) for læside på sadeltag som funktion af taghældning. Bestemt ved målinger på tage. Fra [4].



Figur 9.6. Formfaktorer (middelværdi og spredning) for vindside på sadeltag som funktion af taghældning. Bestemt ved målinger på tage. Fra [4].

Tabel 9.1. Formfaktorer (middelværdier) for sadeltag for forskellige taghældninger og vindhastigheder. Bestemt ved vindtunnelforsøg. Fra [4]. Da terrænværdierne i de forskellige forsøg ikke er ens, skal sammenligninger baseres på formfaktoren.

Identification	Roof tilt angle	Wind velocity	w (μ_w) windw. side	w (μ_w) leew. side
T20V0	20 °	< 1m/s	63.5kg/m ² (0.89)	77.1kg/m ² (1.09)
T20V4	20 °	4m/s	28.0kg/m ² (0.74)	42.1kg/m ² (1.11)
T40V0	40 °	< 1m/s	62.4kg/m ² (0.88)	80.3kg/m ² (1.13)
T40V4	40 °	4m/s	40.3kg/m ² (1.06)	42.8kg/m ² (1.13)
T0V0	0 °	< 1m/s	62.3kg/m ² (0.99)	63.2kg/m ² (1.00)
T0V4	0 °	4m/s	30.2kg/m ² (0.80)	50.7kg/m ² (1.33)

Formfaktorer og lastarrangementer i Eurocoden er baseret på resultaterne af et EU forskningsprojekt, se Sanpalesi et al. [4]. Figur 9.5 og 9.6 viser resultater fra målinger på tage og tabel 9. 1 resultater fra vindtunnelforsøg. Resultaterne viser bl.a., at

- formfaktoren for vindsiden falder med taghældningen
- formfaktoren for læsiden har en middelværdi på ca. 0,8, men falder dog lidt for taghældninger over 25°
- usikkerheden på formfaktorerne er betydelig. For læsiden ses, at variationskoefficienten er ca. 40 % for taghældninger over 10°

Resultaterne fra vindtunnelforsøgene i tabel 9.1 viser formfaktorer, der i gennemsnit er ca. 1,0.

Nedenstående tabel 9.2 viser observerede snedybder i terræn og på tage for nogle af de bygninger, der er omtalt dels i ” Indledende udredning af snelast i 2010”, se annek F. Når vinden igen en periode kommer fra samme retning, vil sneen i vindsiden blive flyttet til læsiden. Der opstår herved store forskelle i snemængden mellem de 2 sider af kippen, og dette stemmer med observationerne. Der er observeret betydelige variationer i snemængder på tagene. Dette er i overensstemmelse med de store spredninger i figur 9.5 og 9.6.

Tabel 9.2. Observerede snedybder i vinteren 2010.

Bygning	Snedybde Terræn	Snedybde Tag
Sadeltag med skorstene	45 cm	25-35 cm
Sadeltag med skorstene	50-60 cm	45 cm
Sadeltag med skorstene	40-45 cm	50-60 cm
Sadeltag med skorstene	40-45 cm	60-70 cm
Vinkelbygning	30 cm	100-200 cm i et stort område (ikke kun helt inde ved tagsammenskæring)
Sadeltag		20-35 cm. Snemængderne kan lokalt have været større pga. lævirkning fra maskinhus
Sadeltag		30-35 cm
Sadeltag med stor ventilator		'Store snemængder'
Sadeltag		30-35 cm
Sadeltag		70-90 cm
Sadeltag med skorstene		150 cm

Ved fastlæggelse af formfaktorerne i EN 1991-1-3:2003 er der tilsyneladende ikke taget hensyn til de store usikkerheder (variationskoefficienter), som figur 9.5 og 9.6 viser. Partialkoefficienten på snelast (1,5) dækker kun usikkerhederne ved fastlæggelse af terrænværdien, der har en variationskoefficient på ca. 40 %. Den store usikkerhed på formfaktorerne burde der således tages hensyn til ved at benytte en øvre fraktilværdi i fordelingen af formfaktorernes usikkerhed, dvs. formfaktoren på 0,8 bør øges. Hvilken fraktilværdi, der skal benyttes kan fastlægges ved sikkerhedsvurderinger, således at konstruktioner med snelast har samme sikkerhedsniveau som eksempelvis konstruktioner med vindlast. En ændring af formfaktoren μ_1 fra 0,8 til 1,0 synes at give et tilfredsstillende sikkerhedsniveau. Endvidere bemærkes, at for meget brede bygninger bør snelasten på et tag svare til snelasten i terræn, dvs. en formfaktor på 1,0.

Resultaterne i [4] er dog behæftet med usikkerhed, og det anbefales derfor, at der indsamles yderligere informationer (supplerende målinger/observationer og evt. vindtunnelforsøg) inden de generelle formfaktorer ændres.

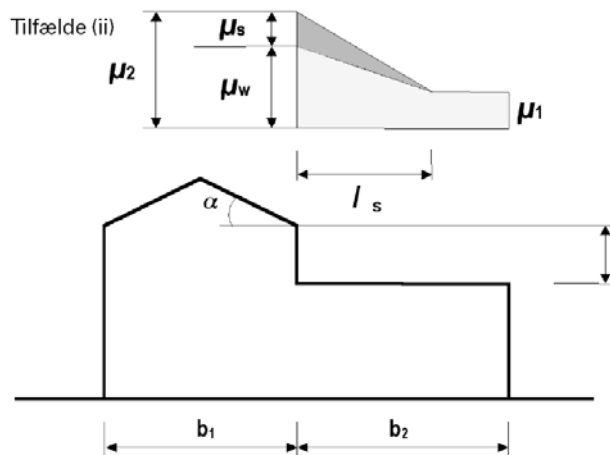
Den store spredning på formfaktorerne kan skyldes manglende fokus på et eller flere fysiske forhold. Eksempelvis kunne vinden for et lavt, fritliggende hus med sadeltag flytte sne fra terræn op langs taget i vindsiden og videre til læsiden, hvor det så lægger sig og giver meget store snemængder med formfaktorer væsentlig større end 1. Denne betragtning kan forklare de overraskende observationer af store snemængder på visse sadeltage i vinteren 2010 og kan bruges til kun at skærpe norm snelasten på en meget begrænset del af bygningerne. Eksempelvis er huse i

et typisk parcelhuskvarter og landbrugsbygninger med nærtstående læhegn ikke fritliggende. Den beskrevne virkning af vinden virker modsat eksponeringsfaktoren.

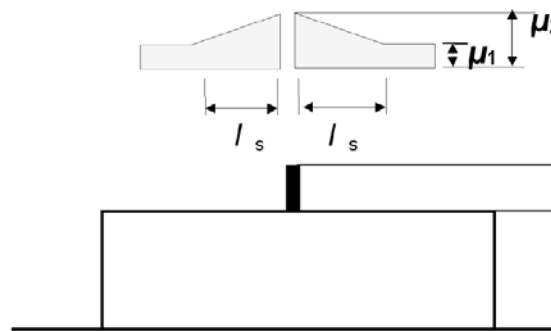
9.3 Snelast på tage ved højere bygværker og ved lokale lægivere

Eurocoden for snelast EN 1991-1-3:2003, [2] har følgende modeller for snelast på tage ved højere bygværker og ved lokale lægivere:

Tilfælde (i)  μ_1



Figur 9.16: Kapitel 5.3.6 – figur 5.7.



Figur 9.17: Kapitel 6.1-2 – figur 6.1.

Formfaktorer:

$\mu_1 = 0,8$ (forudsat det laveste tag er fladt)

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

Hvor:

$\mu_s = 0$

$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \frac{\gamma h}{s_k}$

Hvor det anbefalede interval er $0,8 \leq \mu_w \leq 4$

Formfaktorer:

$\mu_1 = 0,8$

$\mu_2 = \frac{\gamma h}{s_k}$

Med begrænsningen $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$

Der ses at være følgende inkonsistente specifikationer:

1. Der er ikke vist nogen geometriske begrænsninger på Figur 9.16 og Figur 9.17. Hvis den lokale forhindring midt på taget på Figur 9.17 flyttes ud til facaden samt gøres lidt bredere og højere burde de to tilfælde give den samme snelast, når taghældningen α på Figur 9.16 er lig med 0° . Det fremgår, at der kan være en faktor 2 til forskel på de specifikke formfaktorer.
2. Bredden af lægiveren og konstruktionen, hvor der betragtes sneophobning, indgår i beregningen af formfaktoren på Figur 9.16, men formfaktoren på Figur 9.17 afhænger ikke af disse bredder.
3. Formfaktoren på Figur 9.16 er omvendt proportional med højden, hvor formfaktoren på Figur 9.17 er proportional med højden.

4. Når højden af lægiveren er 0, burde formfaktoren for sneophobning også være 0. Dette er tilfældet på Figur 9.17, men ikke på Figur 9.16, hvor formfaktoren her går mod uendelig, hvis begrænsningerne af μ_z ikke havde været anført.

Ovenstående inkonsistente specifikationer viser at, der er behov for at forbedrede specifikationerne i Eurocoden. Endvidere, er der flere observationer fra vinteren 2010, der viser, at der kan ophobes meget store snemængder ved højere bygninger, ventilationsudstyr mm.

9.4 Snelast ved flere lokale lægivere

EN 1991-1-3:2003, [2] og det danske nationale annekst indeholder ikke regler eller anvisninger for fastlæggelse af snelast på tage, hvor der er mange lokale lægivere. Der er på mange staldbygninger med ventilationsskorstene observeret væsentlig større snedybder end på tilsvarende tage uden ventilationsskorstene, se Tabel 9.2. Betydningen af flere lokale lægivere er endvidere undersøgt ved vindtunnelforsøg, se afsnit 7. Det anbefales, at der udarbejdes anbefalinger for fastlæggelse af snelast på tage med flere lokale lægivere, således at disse er konsistente med snelasterne i afsnit 9.2 og 9.3. Der indsamles evt. yderligere informationer (supplerende målinger/observationer og evt. vindtunnelforsøg).

9.5 Snelast ved tagsammenskæringer

EN 1991-1-3:2003 og det danske nationale annekst indeholder ikke specifikke regler eller anvisninger for fastlæggelse af snelast ved tagsammenskæringer på vinkelbygninger. Der er på flere bygninger observeret meget store snedybder ved tagsammenskæringer, se Tabel 9.2. Snelast på tage med tagsammenskæringer er undersøgt ved vindtunnelforsøg, se afsnit 7. Det anbefales, at der udarbejdes anbefalinger for fastlæggelse af snelast ved tagsammenskæringer. Der indsamles evt. yderligere informationer (supplerende målinger/observationer og evt. vindtunnelforsøg).

9.6 Eksponeringskoefficient

I henhold til EN 1991-1-3 kan der ved fastlæggelse af snelaster benyttes en eksponeringskoefficient, se annekst C. Eksponeringskoefficienten anvendes kun sjældent i Danmark. Det kan overvejes, at benytte denne i flere tilfælde, specielt i områder, hvor læ fra omliggende skove medfører større snedybder i terræn og/eller på tage. Større anvendelse af eksponeringsfaktoren vil kræve, at der udarbejdes generelle anbefalinger og anvisninger herpå.

9.7 Snerydning

Eurocoden EN 1991-1-3 [3] indeholder muligheder for at anvende kunstig fjernelse af sne. Dette anbefales indført ved i det nationale annekst til EN 1991-1-3 at specificere overordnede krav til snerydning på udsatte tage, hvor svigt har alvorlige konsekvenser med hensyn til tab af menne-

skeliv og / eller der er tale om betydelige økonomiske tab ved svigt. En operationel snerydning mindsker behovet for eventuelle skærper af konstruktionsnormerne.

De overordnede krav i det nationale annekts foreslås gjort operationelle i anvisninger, eksempelvis i SBI-anvisninger. De operationelle anvisninger skal indeholde vejledning for snerydning, således at sneen fjernes fra tage, hvis snedybden overstiger en dybde, der svarer til normens regningsmæssige snelast. Snelast på visse dele af taget kan virke til gunst, og dette skal vejledningerne tage højde for. Den manglende bæreevne af mange eksisterende konstruktioner betyder, at normen kun kan anbefale maskinel rydning fra terræn, og kun, når der ikke er risiko for personskade. En hensigtsmæssig afgrænsning af de udsatte tage, der omfattes af vejledningerne for snerydning, kan være frie spænd større end 10-15 m.

Det anbefales, at vejledningerne for snerydning omfatter både nye og eksisterende konstruktioner.

9.8 Kontrol af udførelse

Det anbefales, at der indføres regler for kontrol af udførelse. Kontrolomfanget skal afhænge af konsekvensklassen og kan følge principperne beskrevet i EN 1990, annek B.

Samtidigt bør der foretages en revurdering af beskrivelse og anvendelse af delpartialkoefficienten γ_3 , der afhænger af omfang af kontrol ved produktion af komponenter og udførelse på byggeplads.

9.9 Gartneriets væksthuse

Snelasten for gartnerierhvervenes væksthuse er reduceret med 65 % i Bygningsreglementet. Da der er få gartnerier i Nordjylland, som har haft den største snelast denne vinter, er der ikke tilført væsentlig praktisk erfaring. Reduktionen synes dog ubegrundet for uopvarmede væksthuse.

10 Referencer

- [1] DS410: Norm for last på konstruktioner. Dansk Standard. 1998.
- [2] DS/ENV 1991-2-3: Eurocode 1: Projekteringsgrundlag og last på bygværker. Del 2.3: Snelast. 1995.
- [3] EN 1991-1-3: Eurocode 1 – Actions on Structures – Part 1-3: General actions – Snow loads. 2003.
- [4] Sanpaolesi, P. et al.: Scientific support activity in the field of structural stability of civil engineering works – Snow loads. Report, Commission of the European Communities, December, 1997.
- [5] Andersen, Benjamin B.; Brede gitterspær, Landskontoret for Bygninger og Maskiner, Farm-Test, Bygninger nr 7, 2002,.
- [6] Trægitterspær i landbrugsbyggeri, Landskontoret for Bygninger og Maskiner, FarmTest, Bygninger nr 23, 2006,.
- [7] DS/EN 1991-1-3 DK NA:2010-05 Nationalt Anneks til Eurocode 1: Last på bygværker – Del 1-3: Generelle laster - Snelast.
- [8] Fritbærende stålrammer til landbrugsbygninger, Meddelelse nr 77, juni 1975,
- [9] Bærende konstruktion indvendig bredde 15,60 m, 3-charniers stålramme, afstand 4,80 m, Taghældning 20°, Byggetjenesten, Landbrugets Byggeblade, Gr.nr 10209-15, Jan. 1977, SBI. Gr. Nr. 421, Sfb (27) Hh2
- [10] DS 410 Normer for Bygningskonstruktioner, 1. belastningsforskrifter Marts 1945, 2. oplag November 1946
- [11] Tillæg til DIF –norm Last på konstruktioner, Snelast Juni 1988, 2. udgave juni 1982.
- [12] DIFs last på bærende konstruktioner 1. last eksklusiv vindlast, 2. udgave september 1977
- [13] DS 410/Till 1: Tillæg 1 til DS 410:1998 Norm for last på konstruktioner, 2006
- [14] DS/ISO 4355:1999, Bases for design of structures - Determination of snow loads on roofs
- [15] Ellum, Jens Chr. & Buhelt, Mogens; Simple stålrammebygninger, Dimensionering og udførelse, SBI-anvisning 187, 1996
- [16] DIFs norm for last på konstruktioner, 1982

Andre referencer

- [] Normer for beregning af husbygningskonstruktioner.: Revideret udgave 1930, 3. oplag 1936
- [] DS 410 Normer for Bygningskonstruktioner, 1. belastningsforskrifter, Marts 1945, 8. oplag 1971 med et foreløbigt supplement vedrørende vindbelastninger samt ændringer til afsnit B, Bevægelig belastning §§5 og 6 vedtaget 17. december 1959.