



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

DOKUMENTATION AF BÆRENDE KONSTRUKTIONER

UDARBEJDELSE OG KONTROL AF STATISK DOKUMENTATION

SBI-ANVISNING 223

2. UDGAVE 2016



Dokumentation af bærende konstruktioner

Udarbejdelse og kontrol af statisk dokumentation

Niels-Jørgen Aagaard
Bent Feddersen

Titel	Dokumentation af bærende konstruktioner
Undertitel	Udarbejdelse og kontrol af statisk dokumentation
Serietitel	SBI-anvisning 223
Format	E-bog
Udgave	2. udgave
Udgivelsesår	2016
Udgivet digitalt	Februar 2016
Forfatter	Niels-Jørgen Aagaard og Bent Feddersen
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Sprog	Dansk
Sidetæl	175
English summary	Side 113
Litteratur- henvisninger	Side 108-112
Emneord	Bærende konstruktioner, statisk dokumentation, projektgrundlag, statiske beregninger, projekteringsrapport, bygningsreglement, konstruktionsafsnit, dokumentationsklasse, kontrol, tilsyn, dokumenthåndtering, BR15
ISBN	978-87-563-1753-5
Layout	Finn Gattmann
Tegninger	Hans Møller, Sirid Bonderup, Søren Ginnerup (tabel 4)
Omslags- illustration	Mai-Britt Amsler
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV E-post sbi@sbi.aau.dk www.sbi.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven

Indhold

Forord	5
Indledning	8
Formål	8
Baggrund	9
Udvikling af statistisk dokumentation	10
Anvisningens brug	12
Sammenfatning	14
1 Dokumentation og organisation	15
1.1 Byggeprojekt	15
1.2 Bygværk	17
1.3 Dokumentationens opbygning og omfang	20
1.4 Konstruktioner omfattet af den statiske dokumentation	25
1.5 Organisering af projektering	31
2 Konstruktionsdokumentation	37
2.1 Indhold af konstruktionsdokumentation	37
2.2 Projektgrundlag konstruktioner	37
2.3 Statiske beregninger	49
2.4 Konstruktionstegninger og Modeller	59
2.5 Konstruktionsændringer	61
3 Projektdokumentation	63
3.1 Indhold af projektdokumentation	63
3.2 Statisk Projekteringsrapport	63
3.3 Statisk kontrolrapport	71
3.4 Statisk tilsynsrapport	71
4 Udformning af dokumentation	73
4.1 Håndtering og formidling	73
4.2 Disponering og læsbarhed	74
4.3 Styring og identifikation	76
4.4 IKT-værktøjer og digitale modeller	81
5 Kontrol og tilsyn	88
5.1 Formål med kontrol	88
5.2 Kontroltyper	89
5.3 Kontrolniveauer	92
5.4 Planlægning af kontrol	96
5.5 Gennemførelse af kontrol	98
5.6 Dokumentation og opfølgning af kontrol	103
5.7 Tilsyn og ændringer under udførelse	105

Litteratur	108
Summary	113
Appendiks A. Terminologi	114
Appendiks B. Myndighedsbehandling	125
Myndighedsbehandlingens formål og forløb	125
Modeller for myndighedsbehandling	127
Appendiks C. Opbygning af statistisk dokumentation	135
C1. Generel opbygning af statistisk dokumentation	136
C2. Eksempel på opbygning af statistisk dokumentation	138
Appendiks D. Eksempel på eftervisning af ydeevne for konstruktionsdel	141
A1. Projektgrundlag konstruktioner	141
A2.1. Statiske Beregninger-bygværk	142
Appendiks E. Eksempel på statistisk dokumentation for småhuse	157

Forord

Forord til 2. udgave

Siden 1. udgaven af SBI-anvisning 223, *Dokumentation af bærende konstruktioner*, udkom i 2009, er der høstet erfaringer med brugen af anvisningen, ligesom byggeriets regelgrundlag er revideret. Der har derfor vist sig behov for revision af anvisningen. Denne 2. udgave af SBI-anvisning 223 adskiller sig fra 1. udgaven ved blandt andet:

- Præcisering af den bygværksprojekterendes opgaver, tredjeparts-kontrol og kontrol af beregninger fra afsnitsprojekterende; herunder leverandørberegninger.
- Udbygget beskrivelse af dokumentation af midlertidige konstruktioner, eksisterende konstruktioners forhold ved renovering og ombygning samt dokumentation af IKT-beregninger og tilsyn.
- Opdatering i forhold til nyt Bygningsreglement 2015 (BR15) (Trafik- og Byggestyrelsen, 2015) og ændringer i referencer.

Anvisningen har siden 2010 udgjort en del af grundlaget for anerkendte statikeres virke i henhold til bygningsreglementets bestemmelser i Bilag 3, *Anerkendelsesordning for statikere* (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2010), og erfaringer herfra er indgået i revision af anvisningen.

Revisionen er foretaget af forfatterne bistået af civilingeniør Bernt Suikannen (COWI), som har revideret appendiks D, samt forsker, ph.d. Thomas Cornelius (SBI), som har revideret appendiks E.

Ved revisionen har følgende bistået med en generel kommentering:

- Gert Gronemann, Hansen, Carlsen & Frølund
- Flemming Petersen, COWI
- Bernt Suikannen, COWI
- Jesper Frøbert Jensen, Alectia
- Pirathab Manicharasa, Københavns Kommune
- Lars Krogh Christensen, MT Højgaard (tidligere Rambøll)
- Aase Marie Hou, Niras
- Lars A. Reimer, CRH Concrete.

En række personer har derudover bidraget med kommentarer til enkeltstående forhold. SBI takker for de mange konstruktive bidrag til forbedring af anvisningen.

Revisionen af anvisningen er støttet økonomisk af Trafik- og Byggestyrelsen og Ingeniørforeningen i Danmark (IDA) ved Anerkendelsesordningen for statikere.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeteknik og Proces

Niels Haldor Bertelsen
Konstitueret forskningschef

Forord til 1. udgave

Denne anvisning knytter sig til bilaget, *Dokumentation af bærende konstruktioner*, til Bygningsreglement 2008, BR08, (Erhvervs- og Byggestyrelsen, 2008). Anvisningen omhandler dokumentation af de dele af projektering og udførelse, som er knyttet til sikkerheden og anvendelsen af et bygværks bærende konstruktioner.

Anvisningen er udformet med henblik på bærende konstruktioner i bygværker, der er omfattet af bygningsreglementet; men vejledninger kan dog også bruges ved andre typer bygge- og anlægsprojekter, hvor der er et behov for at dokumentere sikkerheden og anvendelsen af de bærende konstruktioner. Anvisningen kan anvendes både ved nybyggeri og om- og tilbygninger.

Anvisningen er udarbejdet af Niels-Jørgen Aagaard, civilingeniør, ph.d. (SBI) og Bent Feddersen, civilingeniør, ph.d. (Rambøll), der er bistået af en referencegruppe bestående af:

- Aase Marie Hou, civilingeniør, COWI A/S
- Henrik Mørup, civilingeniør, NIRAS A/S
- Torben Erik Nielsen, civilingeniør, NCC Construction Danmark A/S
- Lars A. Reimer, civilingeniør, Spæncom A/S
- Per Enggaard Haahr, akademiingeniør, Mærsk Construction A/S (tidl. Københavns kommune)
- Jens Ohm Thallund, civilingeniør, Grontmij Carl Bro
- Bernt Suikkanen, civilingeniør, COWI A/S
- Henrik Storm Nielsen, akademiingeniør, Jørgen Wessberg A/S
- Carsten S. Sørensen, civilingeniør, COWI A/S
- Ejner Jerking, civilingeniør, Erhvervs- og Byggestyrelsen.

Referencegruppens medlemmer takkes for et kritisk, indsigtfuldt og konstruktivt bidrag til anvisningens udarbejdelse.

Akademiingeniør Erik Steen Pedersen har læst korrektur på anvisningen. Civilingeniør Bernt Suikkanen har udarbejdet appendiks D, og professor em., akademiingeniør, lic.techn. Bjarne Chr. Jensen har udarbejdet appendiks E.

Udarbejdelse af anvisningen er støttet økonomisk af:

- Foreningen af rådgivende ingeniører, FRI
- Dansk Konstruktions- og Betoninstitut, DKBI
- Dansk Byggeri, DB
- Erhvervs- og byggestyrelsen, EBST.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeri og Sundhed
Februar 2009

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

Indledning

Formål

Hensigten med anvisningen er at skabe et ensartet og konsistent grundlag for udformning og kontrol af den statiske dokumentation ved projektering af bygværkers bærende konstruktioner. Ensartethed fra projekt til projekt i opbygningen af den statiske dokumentation effektiviserer arbejdet med emnet og giver en lettere tilgang til dokumentationen. Det kan være en fordel ved for eksempel:

- Udarbejdelse og kontrol af projektgrundlag og statiske beregninger.
- Indarbejdelse og kontrol af beregningsbidrag fra flere parter.
- Sagsbehandling hos myndigheder.
- Omprojektering under byggeriets udførelse.
- Inspektion og vedligehold af de bærende konstruktioner.
- Projektering af senere ombygninger, tilbygninger og renoveringer.

Udover at anvisningen kan bruges ved udarbejdelse og kontrol af den statiske dokumentation, kan den også anvendes ved fordeling af ydelser knyttet til den statiske dokumentation samt som støtte for læsere af den statiske dokumentation.

Det er sigtet, at anvisningen kan anvendes som hjælp for:

- Bygherrer til at stille krav til opbygning, omfang og kontrol af projekterendes statiske dokumentation.
- Projekterende som grundlag for opbygning, omfang, kvalitet og kontrol af den statiske dokumentation.
- Udførende som grundlag for udformning af produktdokumentation for statiske forhold.
- Bygesagsbehandlere hos myndigheder til at stille relevante og ensartede krav til den statiske dokumentation.
- Studerende og andre som en lærebog om statiske beregningers opbygning og indhold.

Anvisningen skal således forstås som en hjælp til at opnå sikre og dokumenterede konstruktioner, og den kan på grund af byggeprojekters forskelligheder sjældent anvendes som en fuldstændig og udtømmende tjekliste.

Baggrund

I de senere år er der sket konstruktionssvigt i bygninger, som har rejst en generel debat om sikkerheden mod konstruktionssvigt i byggeriet. I den forbindelse er kvaliteten af den statiske dokumentation i byggeprojekter blevet kritiseret, og der har vist sig et behov for at skabe en fælles opfattelse af, hvad en statisk dokumentation skal indeholde, samt hvordan kvaliteten af den statiske dokumentation styres under planlægning, projektering og udførelse af et bygværk.

Byggeriets organisering har i en række år gennemgået væsentlige forandringer, og der er opstået langt flere modeller for et byggeprojekts organisering end tidligere har været kendt. Som følge heraf er forventningerne til hvem, der gør hvad, blevet mere sammensatte, da detailprojekteringen ofte er fordelt på mange parter; herunder producenter og udførende.

Desuden har anvendelsen af IKT-systemer (Informations- og Kommunikationsteknologi) til støtte for statiske beregninger åbnet for en betydelig større kompleksitet i konstruktionerne og vanskeliggjort kontrol af beregningers rigtighed. Det skyldes, at IKT-systemernes resultatform og udskrifter er defineret af programudbydere, der ofte ikke har tilstrækkeligt kendskab til bygningsprojektering og byggeregler og heller ikke kender byggeprocessens faser; herunder myndighedernes krav til dokumentation m.m.

I byggeindustrien, hos enkeltvirksomheder og i byggeriet som helhed er der kvalitetsstyringssystemer og ordninger, fx statikeraner-kendelsesordningen under Ingeniørforeningen i Danmark (IDA), som sigter på at styrke kvaliteten af projektering og dokumentation af bærende konstruktioner. Men disse systemer og ordninger er forskellige i struktur og indhold, og forventningerne til deres grundlag kan være noget ujævnt blandt byggeriets parter.

Samlet leder disse forandringer til behovet for en anvisning i, hvordan dokumentationen af konstruktioners statiske virkemåde og ydeevne organiseres og gennemføres. Dette behov for et fælles sprog og en fastlagt standard på området er udmøntet i en konkret skabelon for udarbejdelsen af statisk dokumentation.

Denne anvisning er hovedsageligt baseret på danske erfaringer med dokumentation af bærende konstruktioner. Der er generelt relativt sparsom forskningsbaseret viden om udformning og kvalitet af byggeteknisk dokumentation, men undersøgelser indikerer dog, at dårlig kvalitet af dokumentation er en væsentlig årsag til ringe produktivitet i byggeriet, fx ved at lede til forsinkelser, omarbejde og svigt, som senere leder til skader; se (Tilley et al., 1999). I takt med industrialisering af byggeriet er der opstået interesse for at forstå de processer, hvorigennem byggeleverancer dokumenteres, se fx (Roy et al., 2005).

En gennemgang af den statiske dokumentation for 250 byggesager i perioden 2008-2010 har endvidere vist, at selv om der i en vis udstrækning forelå dokumentation for hovedparten af de undersøgte byggerier, er der langt til, at alle byggeriers bærende konstruktioner er veldokumenterede (de Place Hansen & Aagaard, 2013). Denne reviderede anvisning bidrager til at afstemme forventninger til kravopfyldelse, lette dokumentationen og videreudvikle byggeriets produktivitet.

Udvikling af statisk dokumentation

I 1700-, 1800- og 1900-tallet fik man i takt med naturvidenskabens og teknikens udvikling en stadig bedre forståelse for konstruktioners virkemåde og bedre statiske modeller for bestemmelse af konstruktioners bæreevne. Dermed udvikledes også muligheden for på systematisk vis at planlægge og designe et bygværk med en ønsket sikkerhed for en planlagt anvendelse. I dag er der mange velafprøvede muligheder og metoder for at dokumentere ydeevnen for et bygværk før udførelse.

Udviklingen af byggeriets dokumentation af sikkerhedsmæssige forhold har været domineret af bygningsmyndigheders krav til dokumentation som grundlag for tilladelser til et byggeri. Kun i mindre omfang har byggeriets parter af egen drift dokumenteret konstruktiv ydeevne på områder, hvor byggeregler ikke var eller er dækkende.

I 1961 indførte Boligministeriet Danmarks første bygningsreglement, *Bygningsreglement for købstæderne og landet* (Boligministeriet, 1961). Indtil da var danske byggeregler og dokumentationskrav formuleret og håndhævet lokalt i de enkelte kommuner. København og Frederiksberg havde stadig i en periode særlige vilkår. Dette første bygningsreglement var meget detaljeret i kravene til konstruktioner og indeholdt mange beskrivelser af detal løsninger. Trenden i de efterfølgende bygningsreglementer i 1966, 1972, 1977, 1982, 1985, 1995, 1998, 2008, 2010 og senest 2015 er en fortsat udvikling mod færre detaljerede krav og flere funktionskrav, og i takt hermed er det danske normsystem på konstruktionsområdet udviklet med tilsvarende flere detaljer.

Det hedder i bygningsreglementet fra 1961, at '(...) hele bygninger eller større lokaler, hvori mange mennesker samles' skal '(...) - udover at være undergivet reglementets øvrige bestemmelser – opføres i overensstemmelse med de krav, som bygningsmyndigheden i hvert enkelt tilfælde stiller ud fra sikkerhedsmæssige, brandmæssige og sundhedsmæssige hensyn (...)'. Videre siges det for denne type byggerier, at 'Bygningsmyndigheden kan forlange enhver oplysning, der er nødvendig til en alsidig bedømmelse af et sådant byggeprojekt'.