

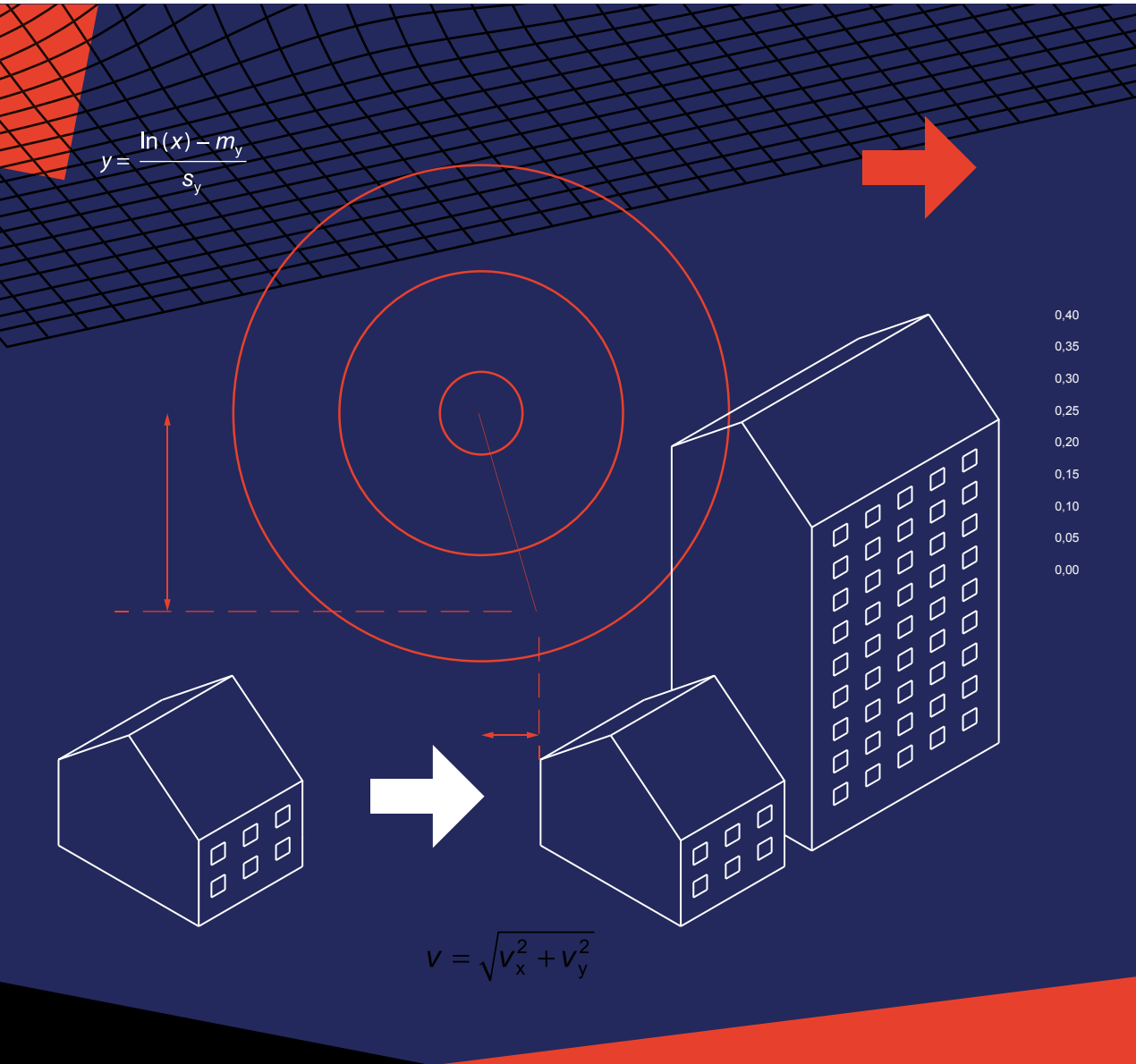


STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

VURDERING AF EKSISTERENDE KONSTRUKTIONERS BÆREEVNE

SBI-ANVISNING 251

1. UDGAVE 2015



Vurdering af eksisterende konstruktioners bæreevne

Erik Steen Pedersen

Titel	Vurdering af eksisterende konstruktioners bæreevne
Serietitel	SBI-anvisning 251
Format	E-bog
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2015
Forfatter	Erik Steen Pedersen
Redaktion	Niels Samsø Nielsen
Fagfælle- bedømmelse	Inger B. Kroon
Sprog	Dansk
Sidetæl	71
Litteratur- henvisninger	Side 61-63
Emneord	Byggeri, renovering, ombygning, sikkerhedsvurdering, dokumentation, kontrol, laster, eurocodes, konstruktioner, murværk, beton, stål
ISBN	978-87-563-1659-0
Layout	Finn Gattmann
Tegninger	Bo Amstrup Vestergaard
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	7
Indledning	8
Baggrund	8
Anvisningens brug	8
Sikkerhed – før og nu	9
1 Hvornår bør en konstruktions bæreevne revurderes?	12
2 Sikkerhedsindeksmetoden	15
2.1 Generelt	15
2.2 Bestemmelse af svigtsandsynligheden	15
2.3 Sandsynlighedsfordelinger	18
2.4 Sikkerhedsniveau	19
2.5 Kalibrering af partialkoefficienter	20
3 Revurdering af sikkerhed	22
3.1 Fremgangsmåde	22
3.2 Gennemgang af originalt projektmateriale	23
3.3 Besigtigelse og indledende analyse	23
3.4 Prøveudtagning	24
3.5 Opdateret analyse	25
3.6 Prøvebelastning	25
3.7 Brug af ekspertbistand	25
4 Etablering af karakteristiske værdier/sandsynlighedsfordelinger for modstandsegenskaber	26
4.1 Fastlæggelse af styrkeegenskaber	26
4.2 Karakteristisk styrke	27
4.3 Planlægning af prøveudtagning	30
4.4 Udtagning af prøver	31
4.5 Behandling af prøvningsresultater	32
5 Sandsynlighedsfordelinger for last	36
5.1 Kombination af variable laster	36
5.2 Fordelingsfunktioner ved kombinerede variable laster	38
6 Fordelinger for modelusikkerhed	41
6.1 Modelusikkerhed på beregnet bæreevne	41
6.2 Modelusikkerhed på beregnet lastvirkning	43
7 Analyse	44
7.1 Partialkoefficient-metoden	44
7.2 FORM-metoden	46

8 Prøvebelastning	52
8.1 Uden forhåndsviden	52
8.2 Forhåndsviden	54
9 Eksempel.....	55
Litteratur	61
Appendiks A. MatLab	64
Appendiks B. Kontrolværdier ved Bayesiansk statistik	69
Appendiks C. Kontrolværdier ved klassisk statistik.....	70

Forord

I en række tilfælde kan det være nødvendigt at revurdere en eksisterende konstruktions sikkerhed.

Bygningsreglementet og dertil knyttede konstruktionsstandarder gælder almindeligvis for nybyggeri. Denne anvisning beskriver, hvornår en vurdering af en eksisterende konstruktions sikkerhed må gennemføres og hvilke elementer, vurderingen kan bestå af.

Anvisningen er udarbejdet af seniorrådgiver Erik Steen Pedersen fra Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet. Professor John Dalsgaard Sørensen, Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet, har støttet de statistiske vurderinger.

Anvisningen er kommenteret af:

- Jørgen Munch-Andersen, Træinformation
- Per Kjærbye
- Jesper Heltoft Schaarup, COWI
- Carsten Steen Sørensen, COWI
- Gert Klavsén, COWI
- Michael Rosenlund Lodahl, COWI
- Firouzeh Shaterpour, Københavns Kommune
- Carsten Munk Plum, ES-Consult
- Poul D. Christiansen, Teknologisk Institut.

Arbejdet med anvisningen er finansieret af Landsbyggefonden og COWIfonden.

Anvisningen er fagfællebedømt af civilingeniør, ph.d. Inger B. Kroon.

Alle parter takkes for deres bidrag til anvisningen og for godt samarbejde.

Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet
Afdelingen for Byggeri og Sundhed
December 2014

Niels-Jørgen Aagaard
Forskningschef

Indledning

Baggrund

Der kan opstå et behov for at vurdere en eksisterende bygnings sikkerhed, hvis dennes konstruktioner eller belastningsforhold ændres. Tegn på manglende funktionsdygtighed, holdbarhed eller ændringer i de ydre forhold kan ligeledes føre til, at en revurdering af sikkerheden er nødvendig.

Dokumentation af byggematerialernes styrke foregik tidligere på et andet grundlag end det, der benyttes i dag. Desuden vil belastningsreglerne som oftest være ændrede i forhold til det grundlag, som den eksisterende bygning er opført efter. Derfor kan sikkerheden af en bygning opført efter tidligere regelsæt ikke umiddelbart dokumenteres i henhold til de nugældende regler. Bygningen kan være bæredygtig eller ikke-bæredygtig, men det kan kun dokumenteres ved at opsøge informationer om bygningens modstandsegenskaber og bearbejde disse med henblik på eftervisning efter de gældende sikkerhedskrav.

Hvis der foreligger en dokumentation fra et tidligere regelsæt, er første skridt at søge disse informationer omsat til et format svarende til det nugældende regelsæts måde at karakterisere styrkeegenskaber på. Om nødvendigt kan næste skridt være at søge information gennem 'prøveudtagning' i form af indsamling af styrker, udførelsesnøjagtighed, geometri m.m. for det konkrete bygværk. Anvisningen beskriver, hvordan disse informationer kan tilvejebringes samt angiver retningslinjer for, hvordan denne viden kan udnyttes ved den sikkerhedsmæssige vurdering.

Det forhold, at en bygning allerede er opført, fjerner en række usikkerheder omkring vurdering af bæreevnen, da det er muligt at udtage prøver og foretage opmåling af den aktuelle konstruktion. Dette giver en eksisterende konstruktion et fortrin frem for en konstruktion under projektering, hvor usikkerheden på modstandsegenskaber og geometri i sagens natur vil være større, da konstruktionen endnu ikke eksisterer.

Anvisningens brug

Denne anvisning anvendes i forbindelse med revurdering af eksisterende konstruktioners bæreevne.

Anvisningen vejleder i:

- Hvornår sikkerheden af en konstruktion bør revurderes
- Hvilke elementer en revurdering bør indeholde
- Hvordan historiske styrker omsættes til styrker efter nugældende regler
- Hvordan en hensigtsmæssig prøveudtagning kan foretages
- Hvordan prøvningsresultater kan udnyttes i en bæreevnevurdering svarende til de nugældende regler
- Udnyttelse af information om 'overlevelse' efter prøvebelastninger.

Hovedvægten er lagt på fastlæggelse af grundlaget for sikkerhedsvurdering på modstandssiden, typisk materialestyrker.

Andre forhold af betydning for eksisterende konstruktioners renoivering, ombygning eller ændrede anvendelse kan være:

- Udnyttelse af information om 'overlevelse' af ekstreme lasthændelser
- Levetidsforlængelse ud fra inspektion og reparation
- Tilstandsvurdering og skadesanalyse af konstruktionen
- Forstærkningsteknik.

Enkelte af disse emner berøres i afsnit 3.7, *Brug af ekspertbistand*, især muligheder for udnyttelse af information om overlevelse.

Fremgangsmåde for inspektion og tilstandsvurdering afhænger af hvilke data, der ønskes indsamlet; konstruktionsmaterialet samt omfanget af dataindsamlingen. Metoder kan spænde fra kemiske analyser over måling af revnevidder og visuel inspektion til fysiske test, fx ultralydsmåling, laserteknikker, og deformationsmåling samt mekaniske prøvningsmetoder, fx tryk- og trækprøvning eller udtrækningstest (Rücker, Hille & Rohmann, 2006).

Efter valg af data og testmetode må der søges oplysninger om planlægning, gennemførelse og dokumentation af sådanne metoder i speciallitteratur eller hos leverandører af det pågældende udstyr. Hypotigt anvendte gennemprøvede metoder til bygningsundersøgelser er gennemgået i SBI-anvisning 170, *Målemetoder til bygningsundersøgelser* (Brandt, 1990).

Sikkerhed – før og nu

Den tankegang, som har ligget til grund for udformningen af byggeri i Danmark, har ændret sig gennem tiden. Her skelnes mellem tre perioder:

1856-1908 – Detailkrav

I Københavns bygge love fra 1856, 1871 og 1889 (Bygningslov, 1856,