

VEJLEDNING

FOR FASTSÆTTELSE AF

VINDBELASTNINGER

BILAG TIL

DANSK INGENIØRFORENINGS NORMER FOR
BYGNINGSKONSTRUKTIONER
1. BELASTNINGSFORSKRIFTER



VEJLEDNING

FOR FASTSÆTTELSE AF

VINDBELASTNINGER

BILAG TIL

DANSK INGENIØRFORENING'S NORMER FOR
BYGNINGSKONSTRUKTIONER
1. BELASTNINGSFORSKRIFTER



EFTERTRYK FORBUDT

TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN

INDHOLD

Forord	side 6
Symbolliste	9
1. Indledning	11
2. Vindhastighed	13
2.1 Normale hastighedsprofiler	13
2.2 Beskyttede områder	13
2.3 Reducerede vindhastigheder	14
3. Hastighedstryk	15
4. Formfaktorer	17
Indledning	17
4.1 Tangentiell vindbelastning	17
4.2 Stænger	17
4.3 Plade- og gitterkonstruktioner	18
4.3.1 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion stående på jorden	18
4.3.2 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion, der er løftet over jorden	18
4.3.3 Flere plade- eller gitterkonstruktioner, der er løftet over jorden	20
4.3.4 Gittermaster og gittertårne	20
4.4 Broer	21
4.4.1 Broer med to hoveddragere	21
4.4.2 Broer med rektangulært tværsnit	22
4.5 Skorstene og tårne	23
4.5.1 Skorsten eller tårn med rektangulært tværsnit	23
4.5.2 Skorsten eller tårn med cirkulært tværsnit	23
4.6 Frie tage	23
4.6.1 Sadel tage	24
4.6.2 Trug tage	25
4.6.3 Pult tage og vandrette tage	26
4.7 Huse	27
4.7.1 Ydervægge	28

4.7.2	Indvendigt tryk..	28
4.7.3	Undersiden af tagudhæng..	28
4.7.4	Sadeltage	29
4.7.5	Pulttage	29
4.7.6	Cylindriske tage, pilforhold over $\frac{1}{8}$	29
4.7.7	Cylindriske tage, pilforhold under $\frac{1}{8}$	31
4.7.8	Shedtage	33
4.8	Forenkede specifikationer for vindbelastninger på hustage..	33
5.	Dynamiske virkninger af vinden	36
5.1	Rytmask hvirvelafløsning	36
5.2	Autovibrationer	37
5.3	Vindstød	37

Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse vedtog i sit møde den 13. juni 1940 at nedsætte forskellige udvalg med den opgave at foretage en revision og supplering af de af Dansk Ingeniørforening i tidens løb udgivne normer vedrørende bygningskonstruktioner og at samle disse i et enkelt sæt »Normer for bygningskonstruktioner« med følgende hovedinddeling:

- 1) Belastningsforskrifter (DS 410)
- 2) Beton- og jernbetonkonstruktioner (DS 411)
- 3) Stålkonstruktioner (DS 412)
- 4) Trækonstruktioner (DS 413)
- 5) Murværk (DS 414)
- 6) Fundering (DS 415)
- 7) Hulstensdæk (DS 416)

Nærværende vejledning er bilag til Belastningsforskrifterne (DS 410), jvf. dog overgangsbestemmelserne i forordet.

FORORD

Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse nedsatte i marts 1956 et udvalg til revision af normer for belastningsforskrifter.

Udvalgets sammensætning var:

Fhv. bygningsinspektør, civilingeniør *Folmer A. E. Andersen*

Civilingeniør *J. Jessing*

Professor, dr. techn. *B. J. Rambøll* (formand)

Tømrermester *Sv. Storm*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *A. Taumose*

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *A. Taumose* afgik i 1963 ved døden.

Udvalget henvendte sig i 1957 til civilingeniør, dr. phil. & techn. *Martin Jensen*, der har gennemført en længere forsøgsrække, bearbejdet resultaterne og på grundlag af disse udarbejdet nærværende »Vejledning for fastsættelse af vindbelastninger«.

Som sekretær har medvirket civilingeniør *Niels Franck*.

Efter indstilling fra udvalget nedsatte Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse i oktober 1962 et repræsentativt normudvalg for normer for vindbelastninger.

Udvalgets sammensætning blev følgende:

Amtsvejnspektørforeningen:

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *M. Falk Nielsen*

Boligministeriet:

Civilingeniør *Søren Rasmussen*

Dansk Bygningsinspektørforening:

Civilingeniør *Folmer A. E. Andersen*

Bygningsstatisk Selskab:

Civilingeniør *H. O. Sonne Andersen*

Dansk Ingeniørforening:

Civilingeniør *Folmer A. E. Andersen*, civilingeniør, dr. phil. & techn.

Martin Jensen, professor, dr. techn. *B. J. Rambøll* (formand), civilingeniør

J. Jessing, tømrermester *Sv. Storm*, afdelingsingeniør, cand. polyt.

A. Taumose

Dansk Standardiseringsråd:

Civilingeniør *Leif Nørgaard*

Dansk Ingeniørforenings Bygningsingeniørgruppe:

Professor, dr. techn. *Axel Efsen*

Danske Statsbaner:

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *N. W. Venge*

Danmarks tekniske Højskole:

Professor, dr. techn. *Axel Efsen*

Foreningen af rådgivende Ingeniører:

Civilingeniør *M. Folmer Andersen*

Ministeriet for Grønland:

Sektionsingeniør, cand. polyt. *V. Harley Andersen*

Københavns Magistrat:

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *Ernst Jensen*

Stads- og Havneingeniørforeningen:

Kommuneingeniør, cand. polyt. *Chr. Høgh*

Vejdirektoratet:

Civilingeniør *Aage Andersen*

Vandbygningsvæsenet:

Civilingeniør *Jørgen F. Petersen*

Civilingeniør *Niels Franck* har fungeret som sekretær.

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *Ernst Jensen* afgik i 1964 ved døden.

Københavns magistrat har ikke siden udpeget nogen ny repræsentant.

I december måned 1964 afløstes civilingeniør *J. Jessing* af forskningsleder, cand. polit. *P. Bredsdorff*.

Efter behandling i arbejdsudvalget fremsendtes forslaget i juni 1962 til Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse, som fremlagde det til offentlig kritik.

Afsnittet »Dynamiske virkninger af vinden« er udarbejdet på basis af et forslag fra professor *A. G. Davenport*, University of Western Ontario.

På grundlag af kritikken omarbejdede det repræsentative udvalg forslaget, og efter denne fornyede behandling fremsendtes et endeligt forslag til Dansk Ingeniørforenings hovedbestyrelse, som den 22. april 1965 meddelte godkendelse af nærværende vejledning.

Denne vejledning træder i kraft 15. november 1966.

Økonomisk bistand

Til de for udarbejdelse af vejledningen nødvendige laboratorieforsøg har udvalget modtaget økonomisk bistand fra: Statens Byggeforskningsinstitut, Det Teknisk-Videnskabelige Forskningsråd og Marshallbevillingerne.

Endvidere har Statens Teknisk-Videnskabelige Fond betalt driften af 3 stationer for vindmålinger fra 1962 til 1965.

Overgangsbestemmelser

Nærværende vejledning fremkommer på et tidspunkt, hvor det tilsvarende normstof endnu ikke er indført i Normer for bygningskonstruktioner 1, Belastningsforskrifter – DS 410. Indtil den næste udgave af Belastningsforskrifterne udkommer, må man, ved fastsættelse af vindbelastninger, benytte vejledningen alene. Projekter, som er påbegyndt før nærværende vejlednings ikrafttræden, kan fuldføres efter ovennævnte Belastningsforskrifter – DS 410 – (1962) på følgende betingelser:

1. Projekteringen, herunder evt. indsendelse til godkendelse, skal være afsluttet senest 6 måneder efter nærværende vejlednings ikrafttræden. Hvor særlige forhold gør sig gældende, f.eks. ved omfattende projekter, kan der dog forhandles om yderligere udsættelse.
2. Et projekt skal gennemføres efter ét normsæt. En sammenblanding af de tidligere normer og den nye vejledning er ikke tilladt.

SYMBOLLISTE

- A* Areal.
A Areal inden for konturen af en plade- eller gitterkonstruktion.
A Areal af en ydervæg.
A_e Effektivt areal af en plade- eller gitterkonstruktion.
a Delareal af en ydervæg.
B Bredde af bro.
b Afstand mellem to hoveddragere.
b Bredde af et tag.
b Bredde af afsnit i shedtag.
C Formfaktor for den totale vindkraft på en konstruktion eller konstruktionsdel. På en flage er det således faktoren for den samlede virkning af vindbelastningen på de to sider af flagen.
C_e Formfaktoren for den totale vindkraft på en plade- eller gitterkonstruktion; det tilsvarende areal er *A_e*.
c Formfaktoren for vindbelastningen vinkelret på en overflade i et punkt eller over et areal af denne overflade. *c* er altid positiv, idet vindkraftens retning i hvert tilfælde er angivet ved betegnelserne tryk eller sug.
c_i Faktoren for et indvendigt over- eller undertryk.
c_t Faktoren for vindbelastningens komponent tangentielt til en overflade.
d Diameter af cirkulær cylinder.
E Ekscentricitet af vandret vindbelastning på bro.
F Vindbelastning.
f_v Partialkoefficient for vindbelastning.
G Relativ støden energi.
H Højde af bro incl. trafikbelastning.
h Dragerhøjde.
h Højde af hus eller konstruktion.
j Reduktionsfaktor.
k Størrelse af ujævnhed i overflade.
L Størrelsesfaktor.
l Længde.
l Længde af et tag.
M Masse.
m Massivitet af plade- eller gitterkonstruktion. $m = \frac{A_e}{A}$.

n	Svingningsfrekvens.
P	Peak faktor.
p	Pilhøjde.
q	Vindens hastighedstryk.
\bar{q}	Middel hastighedstryk over 10 minutter.
R	Ruhedsfaktor.
Re	Reynolds' tal.
r	Forholdet mellem længste og korteste side af en rektangulær plade- eller gitterkonstruktion.
S	Strouhal's tal. Faktor for rytmisk hvirvelafløsning.
s	Årlig hyppighed af maksimal vindhastighed.
s	Forholdet mellem en konstruktions vandrette udstrækning og dens højde.
T_b	Stimulans fra baggrundsturbulens.
T_r	Stimulans fra resonansturbulens.
u	Eksponeringsfaktor.
v	Vindhastighed.
\bar{v}	Middel vindhastighed over 10 minutter.
x	Udstrækning i vindretningen.
y	Vandret udstrækning af en konstruktion vinkelret på vinden.
z	Højde over terræn.
α	Taghældning. α er tangens til vinklen mellem tagfladen og vandret plan. α er altid positiv.
δ	Logaritmisk dekrement af dæmpet svingning.
ρ	Luftens masse per volumenenhed.
φ	Stødfaktor.

1. INDLEDNING

1.1

Vindbelastningen er produktet af en formfaktor, et areal og vindens hastighedstryk samt eventuelt en stødfaktor: $F = c A q$ eller $F = c A \bar{q} \varphi$.

1.2

Vindbelastningen kan i almindelighed regnes virkende vinkelret på den pågældende flade, enten som tryk, d.v.s. rettet indad mod fladen, eller som sug, d.v.s. rettet bort fra fladen.

Ved flader med stor ruhed kan den tangentielle vindbelastning få betydning.

1.3

Vindbelastningen er en dynamisk og bevægelig belastning.

Vindhastighederne i en plan vinkelret på vindens retning behøver ikke at antage den i afsnit 2. angivne maksimalværdi samtidigt overalt i planen. Områder af en konstruktion, hvor vindbelastningen virker til ugunst, skal belastes med fuld vindbelastning; samtidigt kan normalt områder, hvor vindbelastningen virker til gunst, regnes belastet med $\frac{2}{3}$ af fuld vindbelastning.

1.3.1

Konstruktioner, der blandt andet på grund af lille eller moderat dæmpning er følsomme over for dynamiske belastninger, skal beregnes for en dynamisk virkende vindbelastning.

1.3.2

Konstruktioner, der blandt andet på grund af stor dæmpning ikke er følsomme over for dynamiske belastninger, kan beregnes for en statisk virkende vindbelastning.

1.4

Partialkoefficienten f_v for vindbelastningen kan tildeles følgende værdier: $f_v = 1,5$ når vindbelastningen er eneste belastning ud over egenvægt og hvilende belastning.

$f_v = 1,0$ når vindbelastningen virker sammen med anden bevægelig belastning, som kan antage maksimalværdier uafhængigt af vindbelastningen.

$f_v = 1,5 - 1,0$ når vindbelastningen virker sammen med anden bevægelig belastning, som må antages at optræde med store værdier i større eller mindre afhængighed af stor vindhastighed.

Den nominelle vindbelastning er $f_v c A q$ eller $f_v c A \bar{q} \varphi$.

1.5

Ved beregning med tilladelige spændinger efter Normer for Beton- og jernbetonkonstruktioner af juni 1949 (DS 411) eller efter Normer for Stålkonstruktioner af 1941 eller efter Normer for Trækonstruktioner af marts 1954 (DS 413) kan de i det følgende angivne vindbelastninger umiddelbart anvendes.

2. VINDHASTIGHED

Vindhastigheden vokser med højden over terrænet efter en logaritmisk formel.

De i afsnit 2. angivne maksimale vindhastigheder forekommer med en årlig hyppighed af størrelsesorden 0,02. Maksimale vindhastigheder v_s med årlig hyppighed s kan beregnes af $v_s = v (0,76 - 0,14 \log_{10}s)$, hvor v er de i afsnit 2. angivne.

2.1 Normale hastighedsprofiler

2.1.1

Hvis et bygværk ifølge 1.3.1 skal beregnes for vindens stødvirkning som angivet i afsnit 5.3, anvendes vindens middelhastighed \bar{v} over 10 minutter. For Danmark eksklusive Grønland kan middelhastigheden i åbent terræn sættes til:

$\bar{v} = 12 (\log_{10}z + 1,3)$, \bar{v} er middelhastigheden i m/s, og z er højden over terrænet i m.

På steder i Jylland, der ligger mindre end 10 km fra Vesterhavet, skal der for pålandsvinde regnes med 1,1 gange så store vindhastigheder.

Diagrammer over \bar{v} og det tilsvarende hastighedstryk \bar{q} findes på side 39 og 40.

2.1.2

Hvis et bygværk ifølge 1.3.2 kan beregnes for vindbelastningen virkende som en statisk belastning, kan for Danmark eksklusive Grønland i åbent terræn anvendes:

$v = 12 (\log_{10}z + 2)$, v er vindhastigheden i m/s, og z er højden over terrænet i m.

På steder i Jylland, der ligger mindre end 10 km fra Vesterhavet, skal for pålandsvinde regnes med 1,1 gange så store vindhastigheder.

Diagram over de til v svarende hastighedstryk findes på side 16.

2.2 Beskyttede områder

Ved beregning af bygværker, som skal opføres på et sted, der er beskyttet mod vinden, kan anvendes mindre vindhastighed end angivet i 2.1. Det er

dog en forudsætning, at beskyttelsen kan påregnes eksisterende lige så længe som bygværket.

Hvis der f.eks. i den pågældende vindretning er over x km bymæssig bebyggelse (eventuelt parcelhuse) eller skov, kan bygværker, der er under z m høje beregnes for vindhastigheder, der er 0,8 gange de i 2.1 angivne.

x km	z m
0,5	20
2,0	35
5,0	50

Der kan interpoleres mellem disse værdier.

2.3 Reducerede vindhastigheder

2.3.1

I tilfælde af kortvarig funktionstid, som interimskonstruktioner og situationer under montage, kan anvendes mindre vindhastigheder end angivet i 2.1 og 2.2.

2.3.2

I tilfælde, hvor vindbelastningen kombineres med andre belastninger, der ifølge sagens natur ikke vil være tilstede ved store vindhastigheder, kan anvendes mindre vindhastigheder end angivet i 2.1 og 2.2.

Det gælder f.eks. beregningen i driftstilstanden af sådanne kraner og hejseværker, som kan påregnes ikke at være i drift ved store vindhastigheder.

2.3.3

Ved kombination af vindbelastning og en anden belastning, hvis forekomst er yderst sjælden, kan anvendes mindre vindhastigheder end angivet i 2.1 og 2.2.

Det gælder f.eks. kombinationen af vindbelastning og belastning fra jordskælv, eller kombination af vindbelastning og belastning fra eksplosioner.

3. HASTIGHEDSTRYK

Vindens kraftpåvirkning er proportional med den kinetiske energi

$q = \frac{1}{2} \rho v^2$, hvor ρ er luftens masse per volumenenhed, og v er vindhastigheden. Indsættes $\rho = \frac{1}{8} \frac{\text{kp}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ og v i m/s, får q dimensionen kp/m^2 , q kaldes hastighedstrykket,

$$q = \frac{1}{16} v^2 ; v \text{ m/s, } q \text{ kp/m}^2.$$

Ved beregning af vindbelastningen efter:

4.3.1 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion stående på jorden
anvendes normalt hastighedstrykket i højde med toppen af konstruktionen.

Ved beregning af vindbelastningen efter:

4.3.2 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion, der er løftet over jorden

4.3.3 Flere plade- eller gitterkonstruktioner, der er løftet over jorden

4.4 Broer

anvendes middelværdien over pågældende højdezone af hastighedstrykket.

Ved beregning af vindbelastningen efter:

4.3.4 Gittermaster og gittertårne

4.5 Skorstene og tårne

anvendes hastighedstrykket i de respektive højder.

Ved beregning af vindbelastningen efter:

4.6 Frie tage

4.7 Huse

anvendes hastighedstrykket i højde med tagets øverste frembringer.

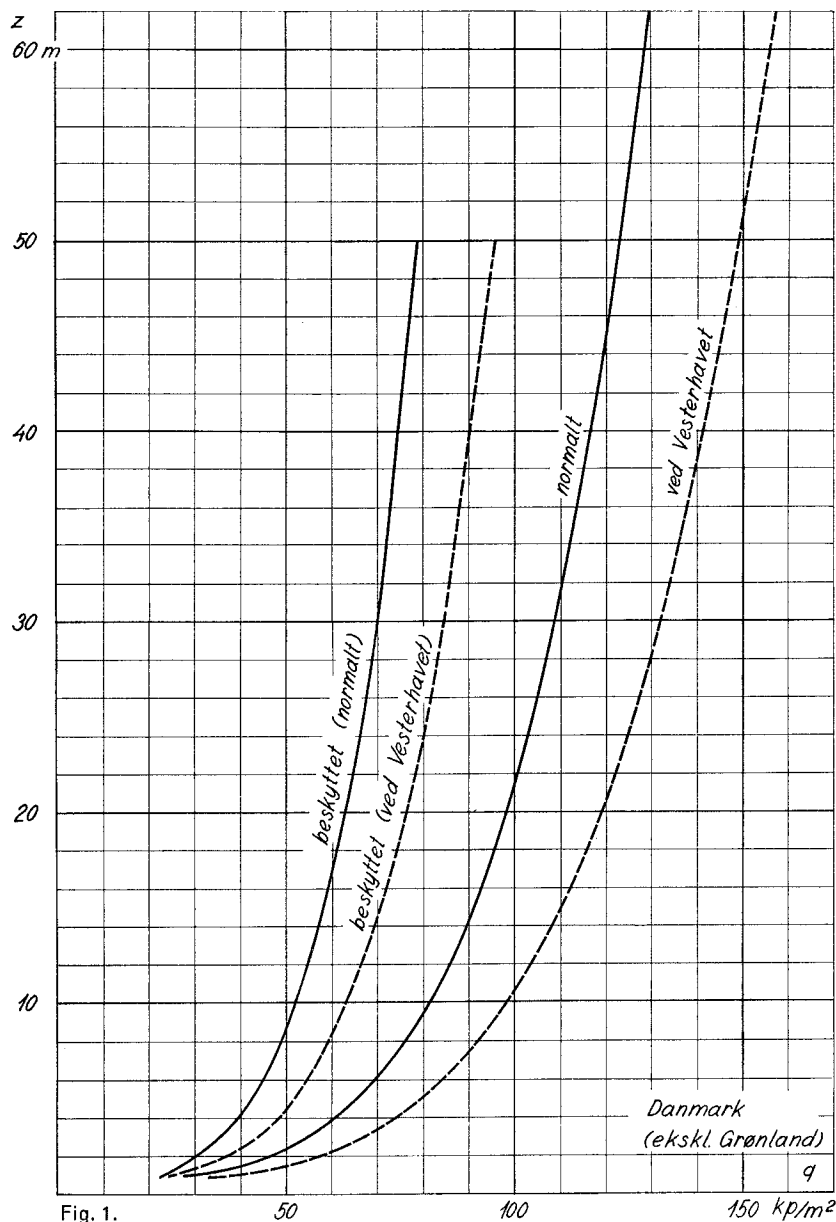


Fig. 1. 50 100 150 kp/m²

Statisk beregning.
Hastighedstrykkets variation med højden.
Abscisse: hastighedstrykket q i kp/m². Ordinater: højde over terrænet z i m.

4. FORMFAKTORER

Indledning

Formfaktorerne kan i almindelighed ikke bestemmes ved teoretiske betragtninger. De fleste er målt i modelforsøg.

Ved anvendelse af formfaktorer, der stammer fra modelforsøg, må det overvejes, om modelforsøget i fornødent omfang er relevant til den foreliggende situation.

De i det følgende eksempelvis angivne formfaktorer kan anvendes ved beregningen af vindbelastningen, såfremt en nøjagtigere beregning ikke foretrækkes.

For bygværker, der afviger fra de givne eksempler, må der i almindelighed udføres forsøg til bestemmelse af formfaktorerne.

4.1 Tangentiell vindbelastning

Vindbelastningens tangentielle komponent afhænger af overfladens ruhed. Den er normalt uden betydning. Faktoren c_t er eksempelvis, når vinden blæser parallelt med overfladen:

jævn betonoverflade $c_t = 0,002$,

bølgeplader (asbestcement) $c_t = 0,02$,

overflade med 25 cm fremstående ribber $c_t = 0,04$,

i de to sidste eksempler for vinden vinkelret på bølgerne eller ribberne.

4.2 Stænger

Vindbelastningen på prismatiske eller cylindriske stænger med stor længde i forhold til tværdimensionerne kan, for vinden blæsende vinkelret på stangens længderetning, beregnes af de nedenfor angivne formfaktorer C , der svarer til vindkraftens komponent i vindretningen. Det tilsvarende areal er stangens projektionsareal på en plan vinkelret på vindretningen.

Vindbelastningen på stænger med cirkulært tværsnit afhænger af Reynolds' tal Re og af overfladens ruhedsforhold $\frac{k}{d}$, hvor k er ujævnhedernes størrelse, og d er stangens diameter.

$Re = \frac{vd}{1,5} 10^5$, hvor v er vindhastigheden i m/s, og d er diameteren i m.

For $Re < 5 \cdot 10^5$ og $\frac{k}{d} < 5 \cdot 10^{-3}$, $C = 1,2$.

For $5 \cdot 10^{-3} < \frac{k}{d}$ er C større, f.eks. kan der for tove regnes med $C = 1,4$.

For $5 \cdot 10^5 < Re$, $C = 2,0 + 0,38 \log_{10} \frac{k}{d}$, dog $0,6 < C$.

Vindbelastningen på stænger med kantet tværsnit som valsede profilstål, rektangel og lignende svarer nogenlunde til $C = 2$. Hvis vindretningen ikke er symmetrilinie for tværsnittet, kommer der desuden en vindkraft på tværs af vindretningen.

4.3 Plade- og gitterkonstruktioner

Vindbelastningen på en plade- eller gitterkonstruktion, hvis elementer har kantet tværsnit afhænger af massiviteten $m = \frac{A_e}{A}$, A_e er det effektive areal, og A arealet inden for konturen. Formfaktoren C_e svarer til det effektive areal.

I nogen højde over jordoverfladen kan vinden blæse skråt opad eller nedad. Virkningen af sådanne drejninger af vinden i lodret plan kan tages i regning ved at lade den for vandret vind beregnede vindkraft virke med hældning fra 0,2 under vandret til 0,2 over vandret.

4.3.1 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion stående på jorden

Når vindretningen er vinkelret på en enkelt plan konstruktion, og dennes underkant står på jorden, kan anvendes de i figur 2 angivne formfaktorer. Det tilsvarende hastighedstryk beregnes i højde med toppen af konstruktionen. Figuren svarer til konstruktioner med rektangulær kontur; s er forholdet mellem konstruktionens vandrette udstrækning og dens højde.

4.3.2 Enkelt plade- eller gitterkonstruktion, der er løftet over jorden

Når vindretningen er vinkelret på en enkelt plan konstruktion, og der er fri passage for vinden mellem konstruktionen og terrænet, kan anvendes de i figur 3 angivne formfaktorer. Figuren svarer til konstruktioner med rektangulær kontur og forholdet r mellem længste og korteste side.

For værdier af r mellem 5 og 20 kan der interpoleres på logaritmen af r .

Når vindretningen er omkring 45° fra en massiv plades normal, kan vindkraften for små værdier af r blive større end for vinkelret angreb. Denne forøgelse er 10% for $r = 3$ voksende til 50% for $r = 1$.

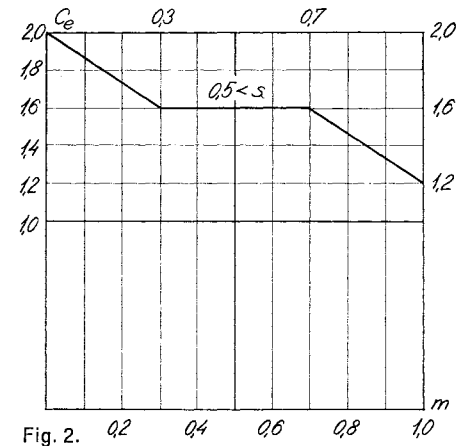


Fig. 2. 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

Enkelt plade- eller gitterkonstruktion stående på jorden.

Abscisse: massiviteten $m = \frac{A_e}{A}$. Ordinat: formfaktoren C_e .

s er forholdet mellem konstruktionens vandrette udstrækning og dens højde.

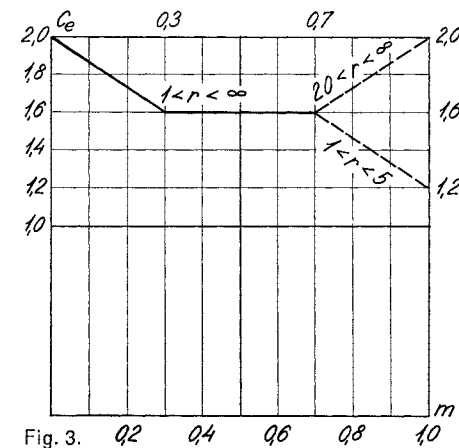


Fig. 3. 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0

Enkelt plade- eller gitterkonstruktion, der er løftet over jorden.

Abscisse: massiviteten $m = \frac{A_e}{A}$. Ordinat: formfaktoren C_e .

r er forholdet mellem konstruktionens længste og korteste side.

4.3.3 Flere plade- eller gitterkonstruktioner, der er løftet over jorden

Vindbelastningen på to parallelle og ens plane plade- eller gitterkonstruktioner kan for vind vinkelret på konstruktionsplanen beregnes på følgende måde:

Den luv konstruktion beregnes som angivet i 4.3.2.

Vindbelastningen på den læ konstruktion afhænger af, hvor eksponeret den er for vinden, dette udtrykkes ved faktoren u . Idet h er konstruktionshøjden, og b er afstanden mellem de to konstruktioner, kan u for

$0,2 < \frac{h}{b} < 1,0$ beregnes af

$$\begin{aligned} m < 0,6 & \quad u = 1,15 - 1,67m \sqrt[4]{\frac{h}{b}} \\ 0,6 < m & \quad u = 1,15 - \sqrt[4]{\frac{h}{b}} \end{aligned}$$

idet dog værdier af u større end 1,0 erstattes med 1,0.

Idet C_e er formfaktoren for den luv konstruktion, bliver vindbelastningen F på den læ konstruktion $F = C_e u q A_e$.

Vindbelastningen på flere parallelle og ens plane konstruktioner kan for vind vinkelret på konstruktionsplanen beregnes ved at den luv konstruktion belastes som angivet i 4.3.2. Hver af konstruktionerne til læ belastes, som angivet ovenfor for den læ af to konstruktioner.

4.3.4 Gittermaster og gittertårne

Ved beregningen af vindbelastningen på gittermaster og gittertårne anvendes hastighedstrykket i de respektive højder.

For gittermaster og gittertårne med kvadratisk tværsnit bestående af stænger med kantet tværsnit kan, for vinden blæsende vinkelret på en sideflade, vindbelastningen beregnes som angivet i 4.3.3. Vindbelastningen på de to dragere, som er parallelle med vindretningen, er forsvindende.

For vinden blæsende under 45° med sidefladerne, bliver vindbelastningen 1,2 gange større end vindbelastningen for vind vinkelret på en sideflade.

Vindbelastningen på gittermaster og gittertårne med trekantet tværsnit og opbygget af rundstål kan beregnes ved at tildele flangerne formfaktoren C_{fl} , gitterstængerne C_{gi} og eventuelle knudeplader C_k som angivet nedenfor. Til disse formfaktorer svarer arealerne i et udfoldet billede af konstruktionen.

$$C_{fl} = 1,2 \quad Re < 5 \cdot 10^5$$

$$C_{fl} = 0,7 \quad 5 \cdot 10^5 < Re$$

$$C_{gi} = 0,6 \quad Re < 5 \cdot 10^5$$

$$C_{gi} = 0,35 \quad 5 \cdot 10^5 < Re$$

$$C_k = 0,5.$$

$$Re = \frac{v d}{1,5} 10^5, \text{ hvor } v \text{ er vindhastigheden i m/s, og } d \text{ er diameteren i m.}$$

Vindbelastningen varierer kun lidt for vinden drejende i vandret plan.

4.4 Broer

For jernbanebroer regnes 3,8 m højde af den bevægelige belastning, for vejbroer 2,5 m, for cykel- og gangstibroer 1,7 m.

4.4.1 Broer med to hoveddragere

Vindbelastningen på overbygningen af en bro, hvis elementer er af kantet form, og som har to ens hoveddragere, kan, når vinden blæser vinkelret på broens længderetning, beregnes som angivet nedenfor.

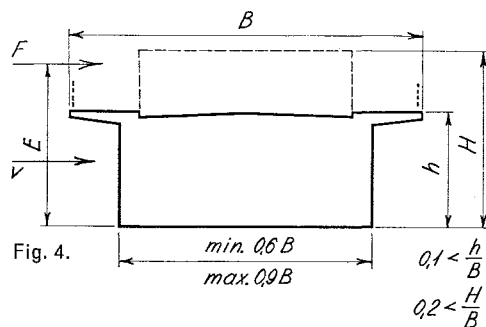
Den luv drager beregnes som angivet i 4.3.2.

Vindbelastningen på brobanekonstruktionen, bevægelig belastning og læ hoveddrager afhænger af, hvor eksponeret de er for vinden; der tages hensyn til dette ved at tage faktoren u med i beregningen af vindbelastningen.

Brobanekonstruktionen tildeles formfaktoren $C = 2,0$. For det areal, der ligger bag den luv hoveddragere konturareal, sættes $u = 1 - m$, for det øvrige areal $u = 1$.

Den bevægelige belastning tildeles formfaktoren $C = 1,8$. Hvis den bevægelige belastningsflade er lavere end luv drager, sættes $u = 1 - m$. Hvis den bevægelige belastningsflade når højere op end luv drager, regnes for det areal, som er over luv drager $u = 1$, for det øvrige areal $u = 1 - m$, når $m < 0,5$ og $u = 0,5$, når $0,5 < m$.

Den læ drager tildeles samme formfaktor som den luv drager. Eksponeringsfaktoren u for den læ drager beregnes som angivet i 4.3.3, idet dog $u = 0$ for den del af læ drager, som er ud for brobanekonstruktionen; hvis den bevægelige belastning er anbragt tæt ved den læ drager, kan anvendes $u = 0$ for den tilsvarende del af drageren.



4.4.2. Broer med rektangulært tværsnit

De i afsnit 4.4.2 anførte formfaktorer gælder for broer med tværsnit som vist i figur 4. Målforholdene skal overholde de i figuren angivne grænser. Drejninger af vinden i lodret plan er taget i betragtning, og formfaktorerne svarer til de maksimale virkninger for vinden blæsende fra 10° over vandret til 10° under vandret.

For vinden blæsende på tværs af en bro med tværsnit som i figur 4, kan dens belastning, henført til et midtpunkt af tværsnittet, sammenfattes i en vandret og en lodret komponent samt et moment. Den lodrette komponent vil normalt være lille sammenlignet med broens egenvægt og hvilende belastning, og den er ikke angivet i 4.4.2. Momentet hidrører især fra fordelingen af de lodrette vindbelastninger; i det følgende er det taget i regning ved, at den vandrette komponent anbringes ekscentrisk.

I tilfælde af tom brobane kan vindbelastningens vandrette komponent beregnes af: $C = \frac{h}{B} + 1,4$, dog $C < 2,2$, det tilsvarende areal er h gange længden; hertil lægges vindbelastningen på rækværkerne beregnet som angivet i 4.3.3. Den således beregnede vindbelastning F regnes angribende i højden E over broens underside, der anvendes den farligste værdi af E inden for:

$$0,5h < E < h \left(5,5 - 5,0 \frac{h}{B} \right).$$

I tilfælde af belastet bro kan vindbelastningens vandrette komponent beregnes af: $C = 0,4 \frac{H}{B} + 1,4$, dog $C < 2,2$, det tilsvarende areal er H gange længden. Den således beregnede vindbelastning F regnes angribende i højden E over broens underside, der anvendes den farligste værdi af E inden for: $0 < E < 0,6H$.

4.5 Skorstene og tårne

Ved beregning af vindbelastningen på skorstene og tårne må normalt anvendes hastighedstrykket i de respektive højder.

4.5.1. Skorsten eller tårn med rektangulært tværsnit

For vind vinkelret på en sideflade kan anvendes de følgende formfaktorer, y er tværsnittets side vinkelret på vinden, og x er siden parallel med vinden.

$$\frac{x}{y} < 1, \quad C = 2,0$$

$$1 < \frac{x}{y} < 5, \quad C = 2,2 - 0,2 \frac{x}{y}$$

$$5 < \frac{x}{y} \quad C = 1,2.$$

I nærheden af toppen er vindbelastningerne mindre. På en distance af $3y$ målt ned fra den fri ende kan de angivne formfaktorer multipliceres med reduktionsfaktoren $j = 0,6$.

For et kvadratisk tværsnit kan belastningerne for vind under 45° regnes lige så store som for vind vinkelret på en sideflade.

4.5.2 Skorsten eller tårn med cirkulært tværsnit

Der kan anvendes de i 4.2 angivne formfaktorer.

I nærheden af toppen er vindbelastningerne mindre. På en distance af $3d$ målt ned fra den fri ende kan de angivne formfaktorer multipliceres med reduktionsfaktoren $j = 0,8$.

4.6 Frie tage

De i afsnit 4.6 anførte formfaktorer gælder i tilfælde, hvor der er fri passage mellem terræn og et tag for vind med retning på tværs af taget.

Tagets længderetning er retningen af tagets vandrette frembringere.

De i afsnit 4.6 anførte formfaktorer forudsætter, at den fri højde under taget er over halvdelen af tagets bredde målt vandret.

Taghældningen α er tangens til vinklen mellem tagfladen og vandret plan og er altid positiv.

De i afsnit 4.6 anførte formfaktorer svarer til hastighedstrykket i højde med tagets øverste frembringer.

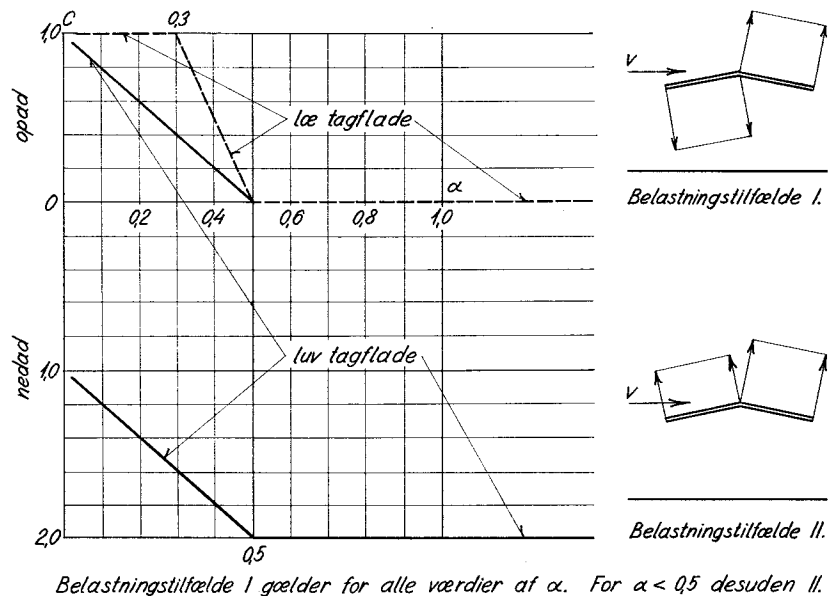


Fig. 5. Frie sadeltage.

Formfaktorerne C svarer til den totale vindbelastning, d.v.s. den samlede virkning på tagets over- og underside. Belastningen virker vinkelret på tagfladen, betegnelsen »opad« eller »nedad« angiver blot retningen af kraftens lodrette komponent.

4.6.1 Sadeltage

For vinden blæsende vinkelret på tagets længderetning kan følgende formfaktorer anvendes (se figur 5):

$$\alpha < 0,3$$

$$\text{læv tagflade opad } C = 1,0 - 2\alpha \text{ eller nedad } C = 1,0 + 2\alpha$$

$$\text{læ tagflade opad } C = 1,0.$$

$$0,3 < \alpha < 0,5$$

$$\text{læv tagflade opad } C = 1,0 - 2\alpha \text{ eller nedad } C = 1,0 + 2\alpha$$

$$\text{læ tagflade opad } C = 2,5 - 5\alpha.$$

$$0,5 < \alpha$$

$$\text{læv tagflade nedad } C = 2,0$$

$$\text{læ tagflade } C = 0.$$

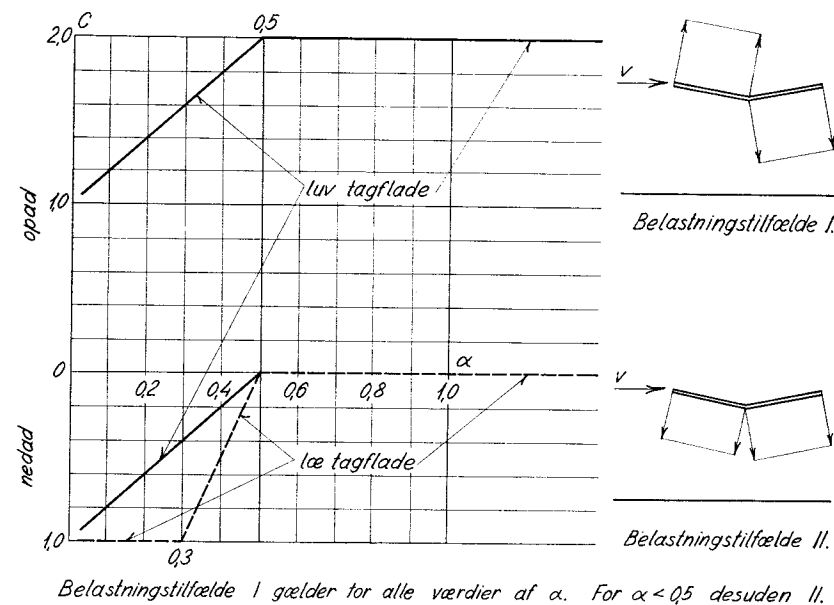


Fig. 6. Frie trugtage.

4.6.2 Trugtage

For vinden blæsende vinkelret på tagets længderetning kan følgende formfaktorer anvendes (se figur 6):

$$\alpha < 0,3$$

$$\text{læv tagflade nedad } C = 1,0 - 2\alpha \text{ eller opad } C = 1,0 + 2\alpha$$

$$\text{læ tagflade nedad } C = 1,0.$$

$$0,3 < \alpha < 0,5$$

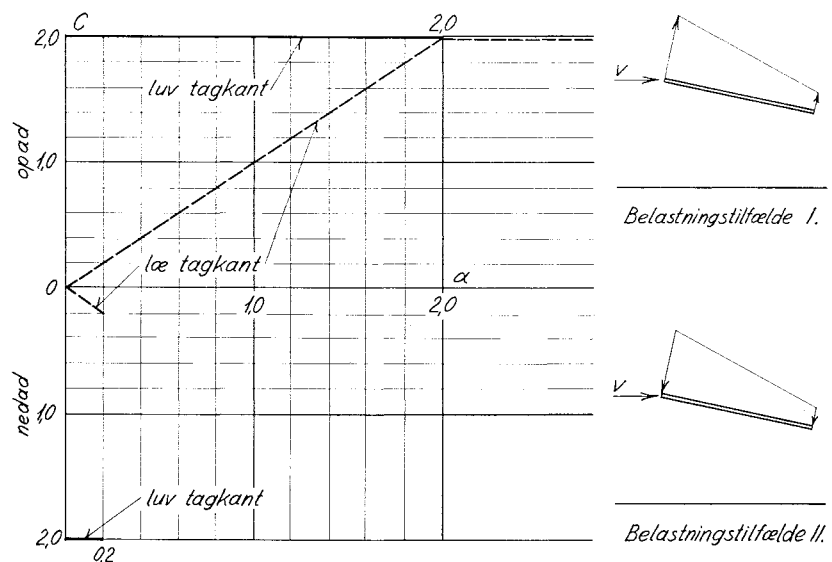
$$\text{læv tagflade nedad } C = 1,0 - 2\alpha \text{ eller opad } C = 1,0 + 2\alpha$$

$$\text{læ tagflade nedad } C = 2,5 - 5\alpha.$$

$$0,5 < \alpha$$

$$\text{læv tagflade opad } C = 2,0.$$

$$\text{læ tagflade } C = 0.$$



Belastningstilfælde I gælder for alle værdier af α . For $\alpha < 0,2$ desuden II.
Fig. 7.

Frie pulttage og vandrette tage.

4.6.3 Pulttage og vandrette tage

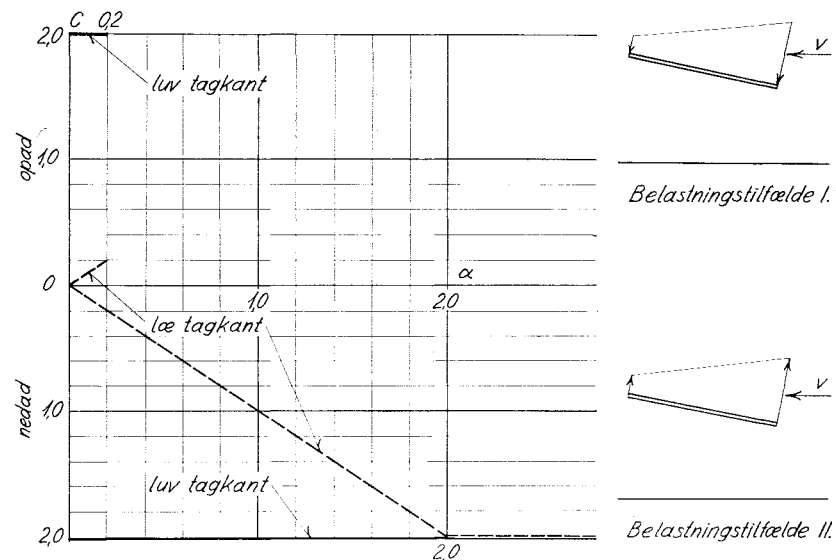
Vindbelastningen på de frie pulttage regnes varierende lineært fra C_u i luv kant til C_{α} i læ kant.

For vinden blæsende vinkelret på tagets længderetning kan følgende formfaktorer anvendes, når den høje tagkant er i luv (se figur 7):

$$\begin{array}{ll} 0 \leq \alpha < 0,2 \text{ opad eller nedad} & C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = \alpha \\ 0,2 < \alpha < 2,0 \text{ opad} & C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = \alpha \\ 2,0 < \alpha & \text{opad} \quad C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = 2,0 \end{array}$$

For vinden blæsende vinkelret på tagets længderetning kan følgende formfaktorer anvendes, når den lave tagkant er i luv (se figur 8):

$$\begin{array}{ll} 0 \leq \alpha < 0,2 \text{ nedad eller opad} & C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = \alpha \\ 0,2 < \alpha < 2,0 \text{ nedad} & C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = \alpha \\ 2,0 < \alpha & \text{nedad} \quad C_u = 2,0 \quad C_{\alpha} = 2,0 \end{array}$$



Belastningstilfælde I gælder for alle værdier af α . For $\alpha < 0,2$ desuden II.
Fig. 8.

Frie pulttage og vandrette tage.

4.7 Huse

De i afsnit 4.7 anførte formfaktorer gælder for huse med rektangulær grundplan, lodrette vægge og med en højde under 3 gange største vandrette udstrækning. De kan anvendes på huse, som står på søjler, hvis den fri højde under huset er mindre end en trediedel af højden fra terræn til toppen af taget.

Husets højde h er, såfremt andet ikke er anført, afstanden fra terræn til toppen af taget, idet der bortses fra mindre opragende ting som ventilationshætter, kasser om elevatorspil eller ekspansionsbeholdere, skorstene med videre.

l er tagets længde målt parallelt med kippen, b er vandret projektion af tagets bredde målt vinkelret på kippen. Hvis taget er vandret, er l og b længste henholdsvis korteste udstrækning.

Taghældningen α er tangens til vinklen mellem tagfladen og vandret plan. α er altid positiv.

Alle i afsnit 4.7 anførte formfaktorer svarer til hastighedsstrykket i højde med toppen af taget.

4.7.1. Ydervægge

Ved undersøgelse af stabiliteten af et hus for vindbelastning, kan for vind vinkelret på en facade eller en gavl regnes med følgende formfaktorer:

tryk på luv væg $c = 0,7$,

sug på læ væg $c = 0,5$,

hertil kommer vindbelastningerne på taget som angivet i 4.7.4 . . . 4.7.8.

En del af en luv væg med arealet a kan få desto større belastninger på sin yderside, jo mindre a er i forhold til hele væggen areal A .

Et delareal af en luv væg er på ydersiden påvirket af et tryk som kan beregnes af

$$c = 1,0 - 0,3 \frac{a}{A}.$$

Vindbelastningen på ydersiden af en væg, der er parallel med vinden, kan beregnes af følgende formfaktorer:

arealer med afstand fra væggen luv kant mindre end den mindste af størrelserne $\frac{h}{2}$ eller $\frac{b}{2}$, $c = 1,2$ sug, øvrige dele af væggen $c = 0,6$ sug.

Vindbelastningen på ydersiden af den læ væg kan beregnes af, $c = 0,5$ sug.

4.7.2 Indvendigt tryk

Belastningen på indersiden af ydervæggen eller på undersiden af taget er den samme som over- eller undertrykket c_i i huset.

Hvis huset er fortrinsvis utæt eller helt åbent i den luv side, er der overtryk, som kan sættes svarende til $c_i = 0,7$. Hvis huset er fortrinsvis utæt eller helt åbent i en af de to sider, som er parallelle med vinden, kan anvendes $c_i = 0,8$ undertryk. Hvis huset er fortrinsvis utæt eller helt åbent i den læ side kan anvendes $c_i = 0,5$ undertryk. Hvis huset er jævnt utæt i alle 4 sider kan anvendes $c_i = 0,3$ undertryk.

4.7.3 Undersiden af tagudhæng

Tagudhæng over en luv ydervæg, tryk på undersiden $c = 0,7$,

- - - læ - - - sug - - - $c = 0,5$,

- - - ydervæg parallel med vinden, sug på undersiden

$c = 0,6$.

For vinden blæsende skråt på husets længderetning, tryk på undersiden af tagudhængen over de to luv ydervægge $c = 0,7$.

4.7.4 Sadeltage

Formfaktorerne svarer til vindbelastningen på tagets overside.

For sadeltage med valm kan anvendes samme formfaktorer som for det tilsvarende sadeltag uden valm.

For vinden blæsende vinkelret på kippen kan anvendes de i figur 9 angivne formfaktorer.

For vinden blæsende skråt på husets længderetning kan anvendes de i figur 10 angivne formfaktorer. I bræmmen ved det luv hjørne skal der, når taghældningen er under 0,4, udover sug $c = 1,8$ anbringes et bevægeligt felt af størrelsen $0,1b \cdot 0,2b$ med et ekstra sug $c = 1,8$.

For vinden blæsende parallelt med kippen kan anvendes de i figur 11 angivne formfaktorer.

Alternativt til 4.7.4 kan anvendes de i afsnit 4.8 angivne formfaktorer.

4.7.5 Pulttage

Formfaktorerne svarer til vindbelastningen på tagets overside.

For vinden blæsende vinkelret på tagets vandrette frembringere kan anvendes de i figur 12 og 13 angivne formfaktorer.

For vinden blæsende skråt på husets længderetning kan anvendes de i figur 14 og 15 angivne formfaktorer. I bræmmen ved det lave hjørne i luv skal der, når taghældningen er under 0,4 ud over et sug $c = 1,8$ anbringes et bevægeligt felt af størrelsen $0,1b \cdot 0,2b$ med et ekstra sug $c = 1,8$. I bræmmen ved det høje hjørne i luv skal der ud over det angivne sug $c = 1,8$ anbringes et bevægeligt felt af størrelsen $0,1b \cdot 0,2b$ med et ekstra sug $c = 1,8$.

For vinden blæsende parallelt med tagets vandrette frembringere kan anvendes de i figur 16 angivne formfaktorer.

Alternativt til 4.7.5 kan anvendes de i afsnit 4.8 angivne formfaktorer.

4.7.6 Cylindriske tage, pilforhold over $1/6$

Formfaktorerne svarer til vindbelastningen på tagets overside.

For vinden blæsende vinkelret på frembringerne kan anvendes følgende formfaktorer:

arealer mod luv hvor $0,8 < \alpha$, tryk $c = 0,7$,

arealer hvor $\alpha < 0,8$, sug $c = 1,4$,

arealer mod læ hvor $0,8 < \alpha$, sug $c = 0,5$.

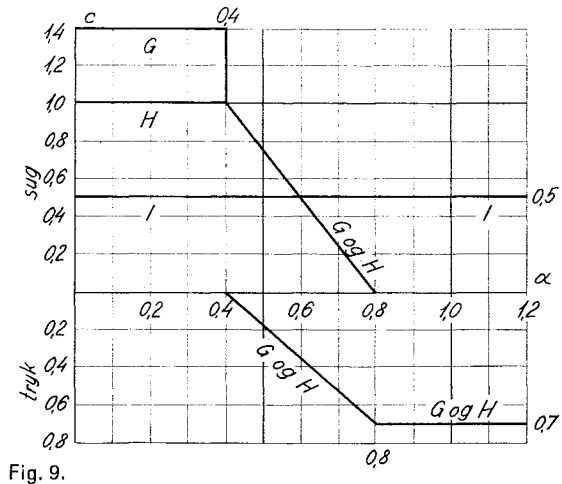


Fig. 9.

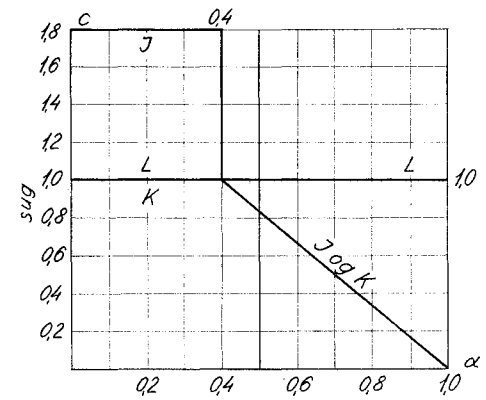


Fig. 10.

$\alpha < 0.4$: ekstra i J bevægelig
 $0.1b \cdot 0.2b$, sug $c = 1.8$.

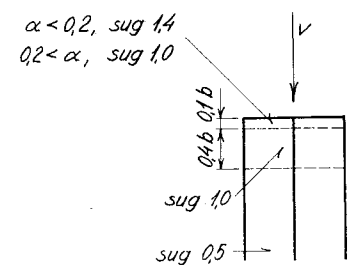


Fig. 11.

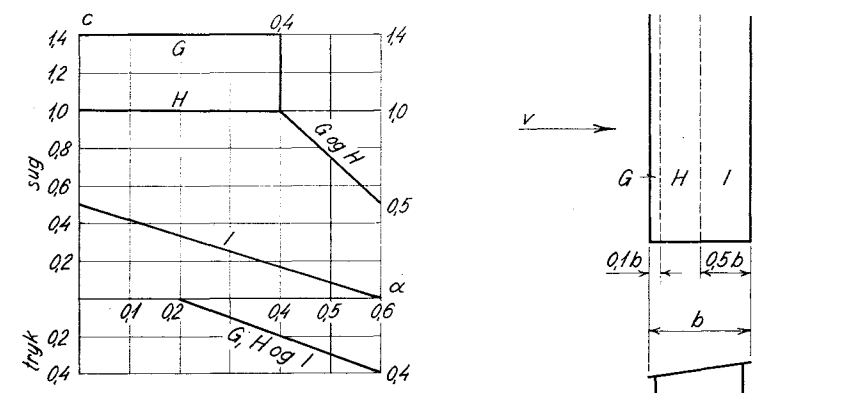


Fig. 12.

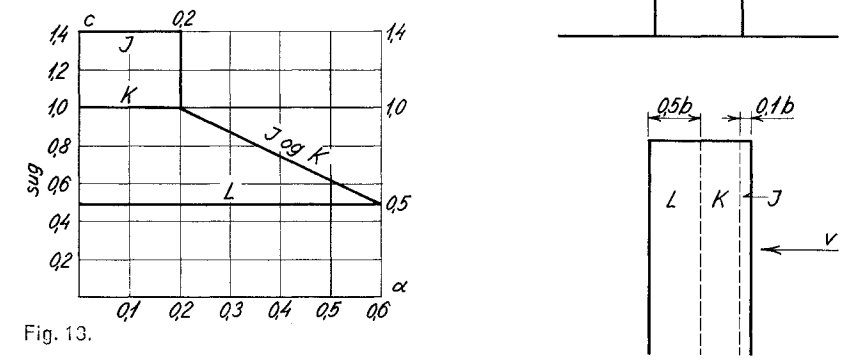


Fig. 13.

For vinden blæsende skråt på husets længderetning kendes vindbelastningen ikke. Det må anbefales at belaste en bræmme langs gavlen af bredde $0,1b$ med et sug $c = 1,8$, og desuden i bræmmen anbringe et bevægeligt felt af størrelsen $0,1b \cdot 0,2b$ med et ekstra sug på $c = 1,8$.

For vinden blæsende parallelt med frembringerne kan anvendes de under sadeltage angivne formfaktorer.

4.7.7 Cylindriske tage, pilforhold under $1/3$

Der kan anvendes de for sadeltage angivne formfaktorer, idet $\alpha = 2 \frac{p}{b}$, hvor p er tagets pilhøjde, og b er tagets bredde vinkelret på tagets frembringerne.

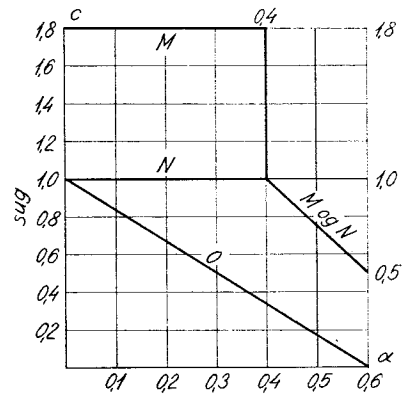


Fig. 14.

$\alpha < 0.4$: ekstra i M bevægelig
 $0.1b \cdot 0.2b$, sug $c = 1.8$.

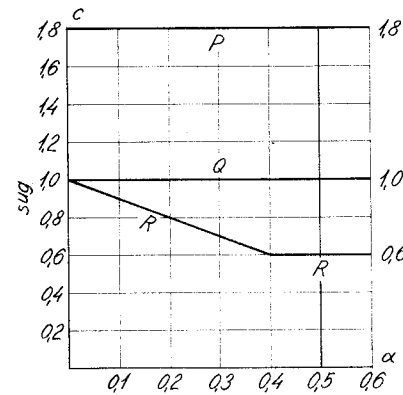
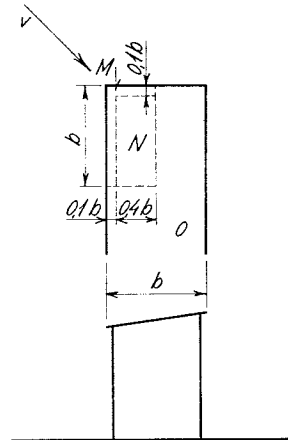


Fig. 15.

Ekstra i P bevægelig
 $0.1b \cdot 0.2b$, sug $c = 1.8$.

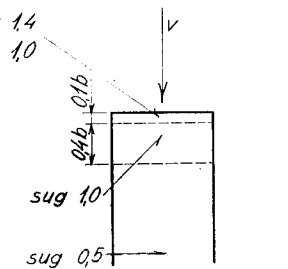


Fig. 16.

$\alpha < 0.2$, sug 1.4
 $0.2 < \alpha$, sug 1.0

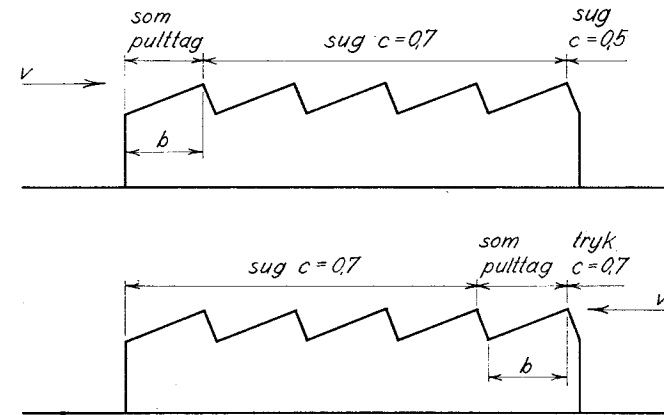


Fig. 17.

Shedtage.

4.7.8 Shedtage

Vindbelastningen på shedtage er kun ufuldstændigt kendt.

For vinden blæsende vinkelret på kipperne kan ved beregning af vindbelastningen på tagets overside anvendes de i figur 17 angivne formfaktorer.

For vinden blæsende skråt på husets længderetning kendes vindbelastningen ikke. Der er sandsynligvis store sugninger på en bræmme langs den luv gavl og på en bræmme langs den luv facade.

For vinden blæsende parallelt med kipperne kan anvendes de under puldtage angivne formfaktorer.

4.8 Forenklede specifikationer for vindbelastninger på hustage

Sadeltage (se figur 18).

Formfaktorerne svarer til vindbelastningen på tagets overside.

Vind på tværs af huset eller på skrå.

- $0 \leq \alpha \leq 0,5$ G, sug $c = 1,5$,
- H, sug $c = 1,0$,
- I, sug $c = 1,0$,
- J, sug $c = 2,0$.

Den for J angivne c -værdi svarer til middelbelastningen over hele arealet.
Lokalt kan der i J forekomme sug svarende til $c = 4,0$ inden for arealer af størrelsen $0,1b \cdot 0,1b$.

$0,5 < \alpha < 1,0$ G, H og J , enten sug $c = 0,7$
 eller tryk $c = 0,7$,
 I , sug $c = 1,0$.
 $1 \leq \alpha$ G, H og J , tryk $c = 0,7$
 I , sug $c = 0,5$.

Vind på langs af huset.

For alle værdier af α K , sug $c = 1,5$,
 L , sug $c = 1,0$.

Pulttage (se figur 19).

Formfaktorerne svarer til vindbelastningen på tagets overside.

$0 \leq \alpha \leq 0,5$ G , sug $c = 1,5$,
 H , sug $c = 1,0$,
 J , sug $c = 2,0$.

Den for J angivne c -værdi svarer til middelbelastningen over hele arealet.
Lokalt kan der i J forekomme sug svarende til $c = 4,0$ inden for arealer af størrelsen $0,1b \cdot 0,1b$.

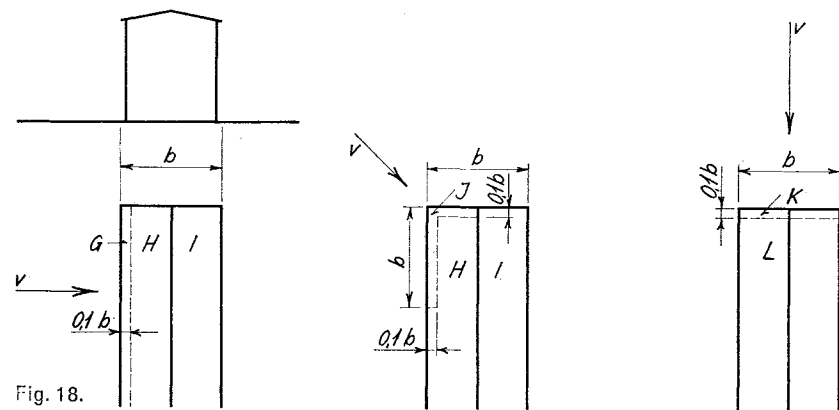


Fig. 18.

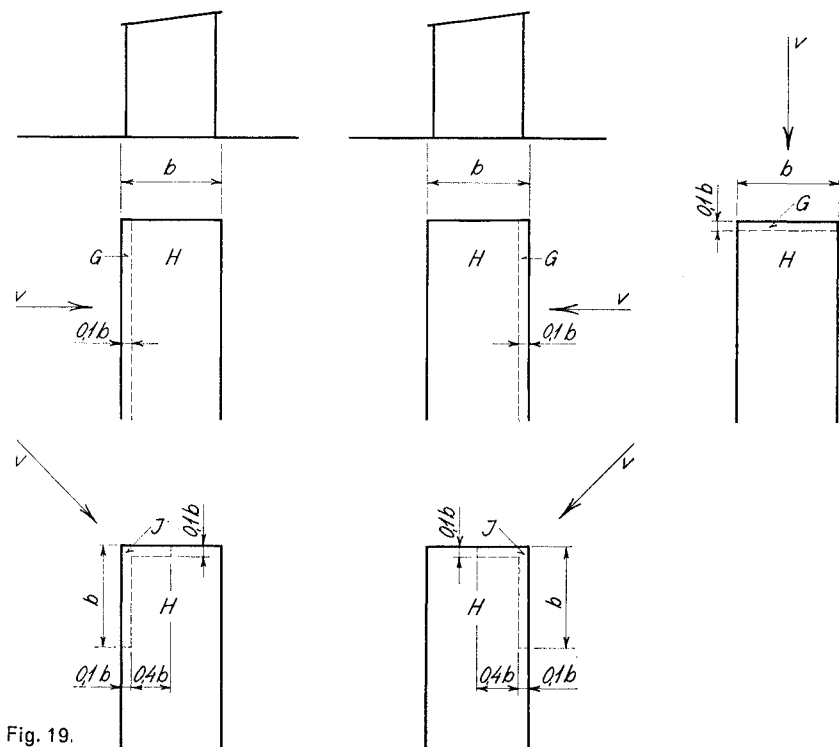


Fig. 19.

5. DYNAMISKE VIRKNINGER AF VINDEN

5.1 Rytmask hvirvelafløsning

Når vinden blæser på tværs af et slankt, prismatisk eller cylindrisk legeme, vil der rytmisk afløses hvirvler skiftevis fra den ene og den anden side af legemet. Som følge heraf bliver legemet påvirket af en kraft vinkelret på længderetningen og vinkelret på vinden. Kraften virker skiftevis til den ene og den anden side, i takt med hvirvelafløsningen, med en frekvens n , der kan beregnes af:

$$n = S \frac{v}{y},$$

S er en dimensionsløs konstant afhængig af tværsnitsformen, v er vindhastigheden, og y er legemets tværdimension vinkelret på vindretningen.

For cirkulær cylinder:

$$S = 0,18 \quad \text{for } Re < 2 \cdot 10^5$$

$$S = 0,25 \quad \text{for } 2 \cdot 10^5 < Re,$$

$$Re = \frac{v d}{1,5} 10^5, \text{ hvor } v \text{ er vindhastigheden i m/s, og } d \text{ er diameteren i m.}$$

For prismer med kantet tværsnit som profilstål, rektangel og lignende:

$$S = 0,15.$$

Hvis konstruktionen kan foretage svingninger på tværs af vinden, vil disse udvikle sig, når hvirvelafløsningen kommer i resonans med egensvingningen. De heraf følgende maksimale påvirkninger kan omtrentlig ækvivaleres med påvirkningerne fra en statisk belastning i svingningsretningen med størrelsen

$$F = \frac{3}{\delta_m} C_y l y q_r.$$

Her er δ_m = det logaritmiske dekrement for konstruktionens svingning. $\delta_m = 0,05$ for stålkonstruktioner og for monolitiske, forspændte betonkonstruktioner.

$0,05 < \delta_m < 0,12$ for forspændte betonkonstruktioner, der er mere eller mindre monolitiske.

$\delta_m = 0,12$ for jernbetonkonstruktioner.

$C_y = 0,2$ for cirkulære cylindre.

$C_y = 0,5$ for prismer med kantet tværsnit.

l = længden,

q_r = hastighedstrykket ved den vindhastighed, hvor hvirvelafløsningen er i resonans med konstruktionens egensvingning.

5.2 Autovibrationer

Konstruktioner, som f.eks. hængebroer, hvor tværsnittet har stor udstrækning i vindretningen sammenlignet med udstrækningen på tværs af vinden, vil være disponerede for at komme i svingninger i vinden. En betingelse for dannelse af disse autovibrationer er, at konstruktionen kan svinge med en amplitude, der ikke er lille sammenlignet med tværsnittets dimension på tværs af vinden. Autovibrationerne foregår med konstruktionens egenfrekvens.

Sådanne konstruktioner bør normalt undersøges i et dynamisk modelforsøg.

5.3 Vindstød

På grund af vindens turbulens virker vindbelastningen dynamisk. De deraf følgende maksimale påvirkninger kan ækvivaleres med påvirkningerne fra en statisk belastning af størrelsen $F = c A \bar{q} \varphi$, hvor \bar{q} er middelhastighedstrykket, se figur 21; φ er en stødfaktor:

$$\varphi = 1 + PR \sqrt{T_b + T_r}, \text{ her er}$$

P = peak faktor, beror på frekvensen n_0 af konstruktionens grundsvingning, figur 22.

R = ruhedsfaktoren, beror på terræn og konstruktionens højde, figur 23.

Hvis der i den pågældende retning er x km bymæssig bebyggelse (eventuelt parcelhuse) eller skov, skal anvendes den kurve i figur 23, der er betegnet »bebygget terræn« op til z m højde over terræn.

x km	z m
0	0
0,5	70
2,0	220

Der kan interpoleres mellem disse værdier.

T_b = stimulans fra baggrundsturbulens, beror på konstruktionens højde, figur 24.

$T_r = 2\pi \frac{LG}{\delta} =$ stimulans fra turbulens, der er i resonans med konstruktionen.

$L =$ størrelsesfaktor, beror på den reducerede frekvens $\frac{n_0 h}{v}$ og forholdet $\frac{y}{h}$ mellem konstruktionens udstrækning tværs på vinden y og dens højde h , figur 25.

G = den relative stødenergi, beror på turbulensens bølgetal ved resonans

$$\frac{n_0}{\bar{v}}, \text{ figur 26.}$$

$\delta = \delta_m + \delta_a =$ summen af den mekaniske dæmpnings dekrement δ_m og den aerodynamiske δ_a .

δ_m se afsnit 5.1.

For høje huse, tårne, skorstene o.l. kan δ_a beregnes af:

$$\delta_a = \frac{2F_s}{n_0 M \bar{v}}, \text{ her er}$$

$F_s =$ den statiske vindbelastning ved toppen af konstruktionen per enhed i højde; ved beregning af F_s anvendes \bar{q} .

$M =$ konstruktionens gennemsnitlige masse i nærheden af toppen per enhed i højde.

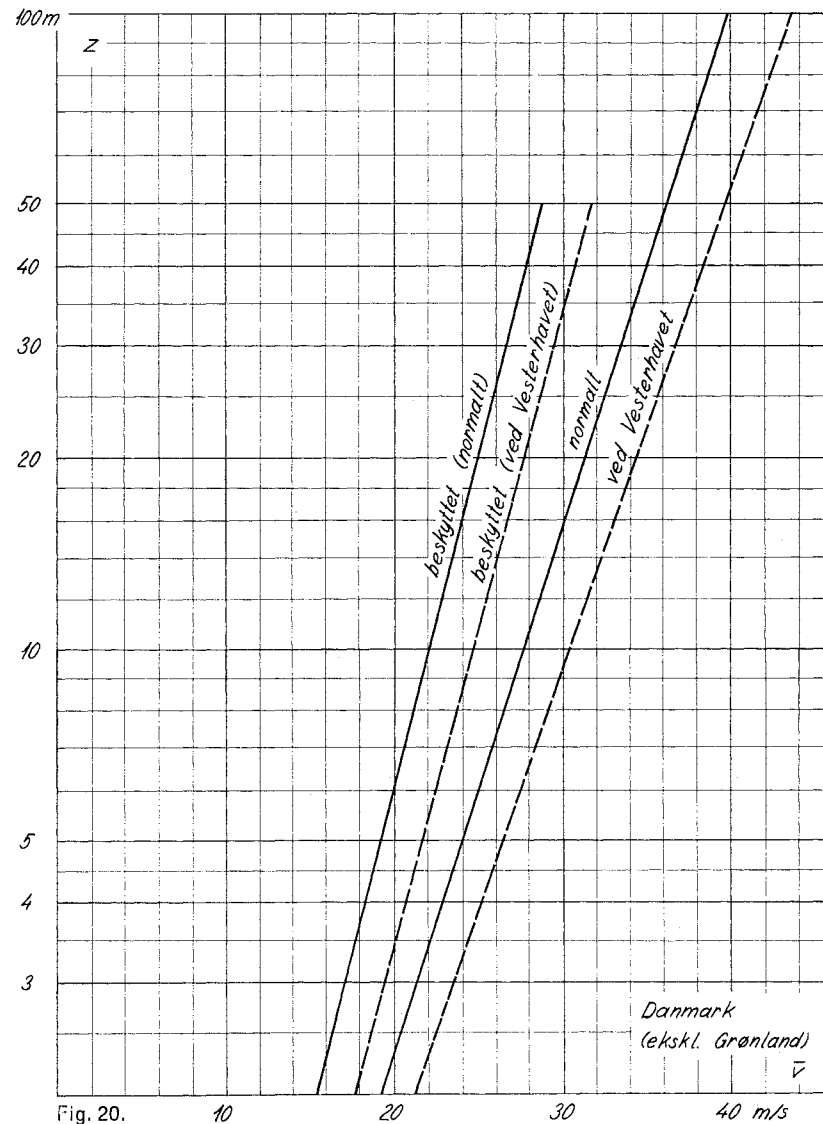


Fig. 20.

Dynamisk beregning.

Vindens middelhastighed \bar{v} .

Abscisse: middelhastighed i m/s. Ordinaten: højde over terrænet z i m.

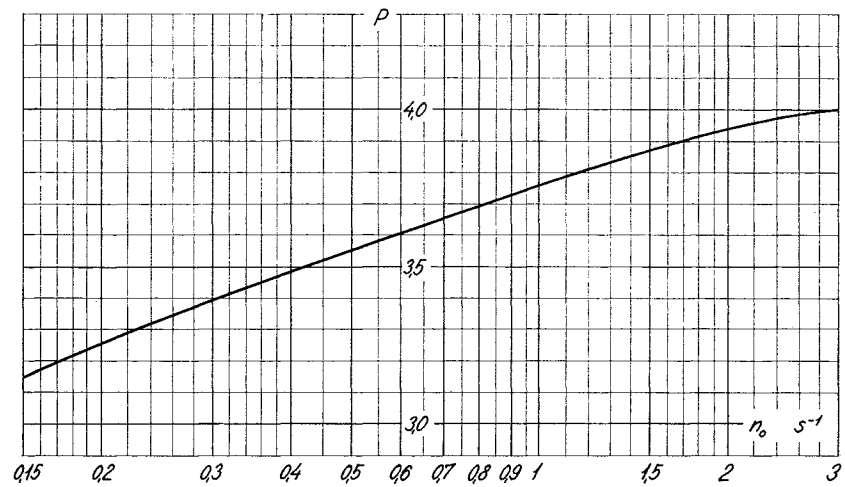
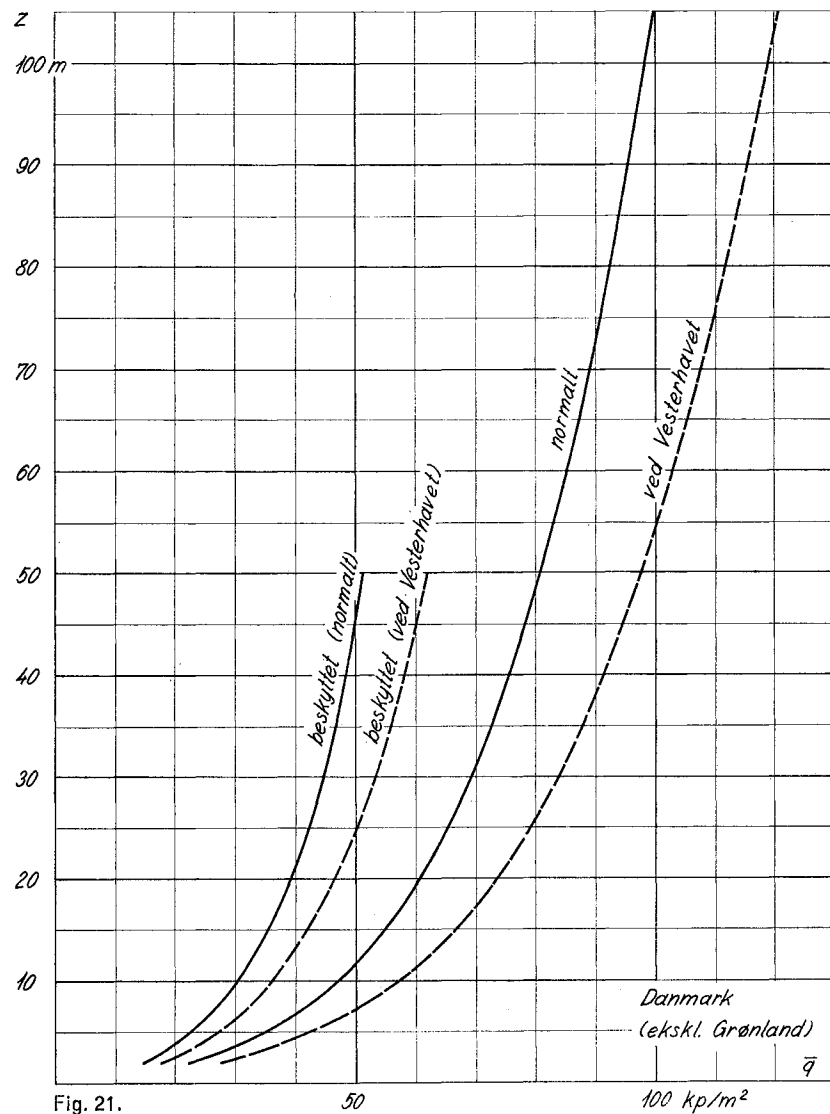


Fig. 22. Abscisse: frekvensen af konstruktionens grundsvingning $n_0 \text{ s}^{-1}$. Ordinaten: peak faktor P .

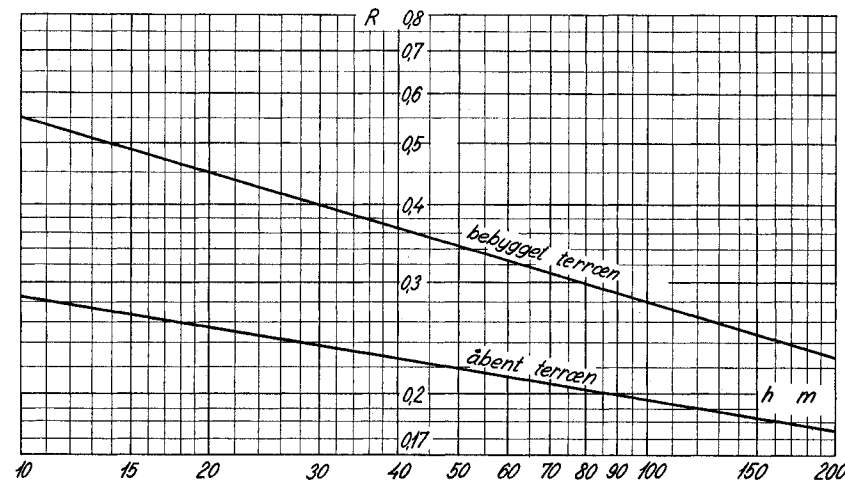


Fig. 23. Abscisse: konstruktionens højde over terræn h m. Ordinaten: ruhedsfaktoren R .

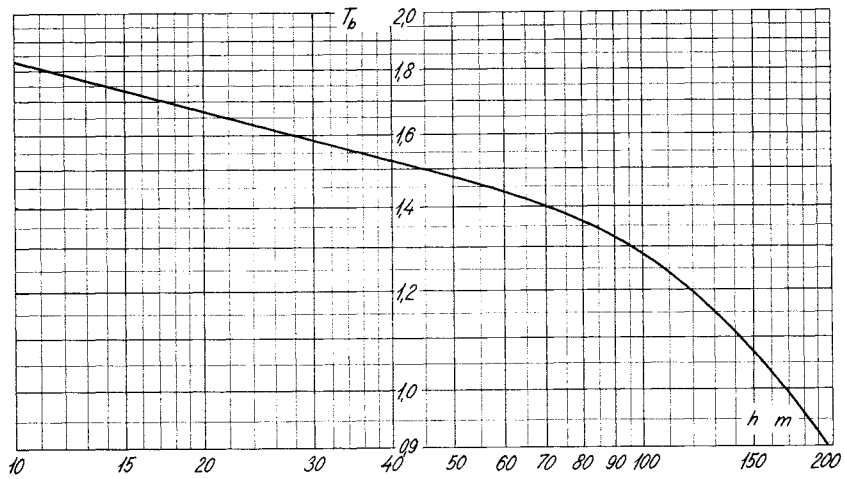


Fig. 24.

Abscisse: konstruktionens højde over terræn h m. Ordinát: stimulans fra baggrunds-turbulens T_b .

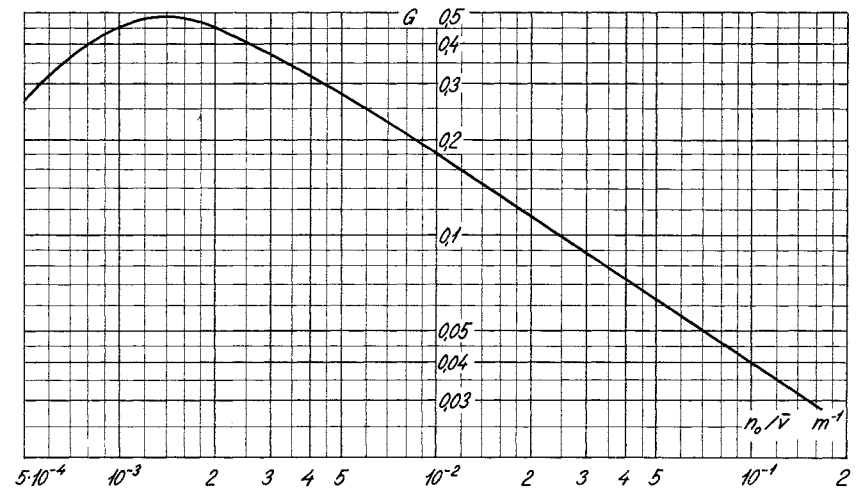


Fig. 26.

Abscisse: turbulensens bølgetal ved resonans $\frac{n_0}{v}$ m⁻¹. Ordinát: relative stødenergi G .

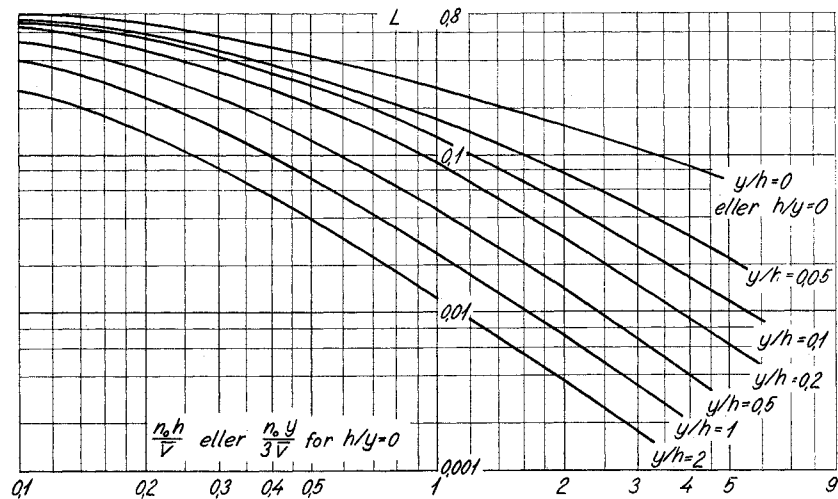


Fig. 25.

Abscisse: den reducerede frekvens $\frac{n_0 h}{v}$ eller $\frac{n_0 y}{3v}$ for $\frac{h}{y} = 0$.
Ordinát: størrelsesfaktor L .