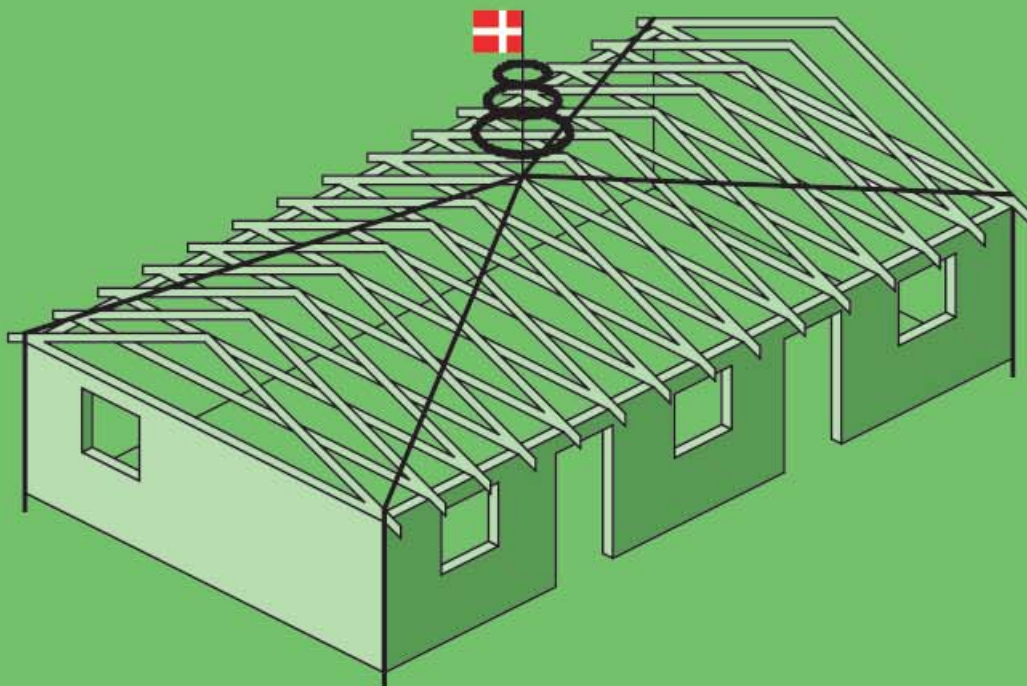


Udgivet juli 1995

Småhuses stabilitet



SBI-ANVISNING 186 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1995



Udgivet juli 1995

Småhuses stabilitet

MOGENS BUHELT

HENRY HØFFDING KNUTSSON



SBi-anvisninger er forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse, drift og vedligeholdelse af bygninger og bebyggelser.

SBi-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBi-abonnement. Instituttets årsberetning, publikationskatalog og publiceringsdiskette er gratis og kan rekvireres fra SBi.

SBi-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBi og hør nærmere.

E-bog ISBN 978-87-563-1343-8

ISBN 87-563-0894-9.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 160,00 inkl. 25 pct. moms.

2. oplag, juli 1996. Hermed trykt i 3800 eksemplarer.

Redaktion: Pia Dyregaard.

Tekstbehandling: Inge Thoudahl Lundqvist og Gunilla Salstrup.

Tegninger: Annette Juul Muusfeldt og Henning Holmsted.

Fotos: Mogens Buhelt.

Omslag: Henning Holmsted.

Tryk: Bonde's & Dyva Grafisk A/S, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut,

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBi-anvisning 186: Småhuses stabilitet. 1995.

Indhold

Forord	7
Indledning	9
Stabilitet	9
Projektering og kontrol	9
Funktionskrav	9
Anvisningens status	11
Anvisningens indhold	13
Anvisningens målgruppe	13
Anvisningens gyldighedsområde	14
Vindlast	15
Beliggenhedsklasser	15
Afstivning af tagflade	18
Formål og udførelsesmetoder	18
Pladebeklædning	18
Hulbånd	18
Lodret forankring af tag	27
Udformning af ankre	27
Placering af ankre	27
Vekselsbjælke	28
Indstøbning af anker	28
Typeklassificering og dimensionering af ankre	29
Seks forskellige typer ankre	30
Rundstålsankre	31
Montering af ankre	31
Overførsel af vandrette kræfter fra loftskive til fundament	36
Vandret last på loftskiven	36
Afstivende vægge	38

Udvælgelse af afstivende vægge	38
Fordeling af den vandrette last på de afstivende vægge	40
Eksempel på dimensionering af det afstivende vægssystem	42
Dimensionering ved hjælp af et skema	43
Yderligere bidrag til optagelse af den vandrette last	47
Bilag A. Terrænklasser og ruhedsparametre	49
Husets beliggenhed	49
Husets højde	52
Husets form	52
Bilag B. Afstivende vægges forskydningsbæreevne	55
Forbindelse mellem loftskive og afstivende vægge	56
Vægge af porebetonelementer	58
Forankringsklasser for vægge af porebetonelementer	58
Letklinkerbetonvægge	63
Forankringsklasser for letklinkerbetonvægge	63
Træ- eller stål skeletvægge med pladebeklædning	73
Forskydningsbæreevner for 4 vægtyper	75
Bilag C. Dimensioneringsskema for afstivende letbetonvægge	79
Bilag D. Kvalitetssikringsskemaer	80
Bilag E. Midlertidig afstivning	84
Afstivningsmetoder	84
Det juridiske grundlag	84
Lastfastsættelse	84
Foreliggende vejledninger	85
Summary	86
Litteratur	89

Forord

Småhuse opført indtil 1960'erne blev udformet efter gældende byggeskik i traditionelle materialer på en sådan måde, at de næsten automatisk var stabile over for de væltende vindkræfter. Byggeskikken har siden ændret sig - navnlig i de seneste 20 år - blandt andet ved en større anvendelse af lettere materialer. Dette har medført, at husenes stabilitet ikke længere »kommer af sig selv«, men at den skal sikres under husenes projektering. Med stabilitet forstås her et hus' evne til at optage 'vandret last, det vil i praksis sige vindlast.

Ved projektering af individuelle småhuse og mindre rækkehusbebyggelser medvirker der i mange tilfælde ikke nogen rådgivende ingeniør. Projekteringen udføres af byggefirmaer på basis af komponentleverandørernes vejledninger. Dette er muligvis tilfredsstillende for de fleste projekteringsområder, og stabilitetsforhold er også behandlet i mange af disse vejledninger, men i mange tilfælde er alligevel hverken de projektansvarlige eller håndværkerne opmærksomme på kravene til husenes stabilitet, og samlingerne bliver derfor udført uden hensyntagen hertil.

Ved større byggerier, fx for andelsboligforeninger, vil der hyppigere medvirke rådgivende ingeniører. I disse byggerier vil projektmaterialet ofte være mere detaljeret til gavn for blandt andet stabilitetsforholdene. Der er beklageligvis dog også skræmmende eksempler på utilfredsstillende stabilitetsforhold i sådanne byggerier. *Byggeskadefonden*, som blandt andet har til opgave at efterse offentligt støttet byggeri, har ved de såkaldte 5-års-eftersyn således konstateret, at stabiliteten i alt for mange tilfælde ikke er sikret på en forsvarlig måde.

Boligministeriet har derfor skrevet til de kommunale bygningsmyndigheder i hele landet og pointeret, at kommunalbestyrelsen som bygningsmyndighed bør påse, at der foreligger et projekteringsmateriale, som dokumenterer, at de statiske forhold er i overensstemmelse med bestemmelserne i Bygningsreglement for småhuse, BR-S 85, kapitel 4. Her henvises til, at dokumentationsgrundlaget kan være SBI-anvisning 147: »Konstruktioner i småhuse«. Kapitlet om forankringer og afstivninger i denne anvisning er imidlertid på nogle områder ikke tilstrækkeligt detaljeret. Boligministeriet har derfor taget initiativ og givet økonomisk støtte til udarbejdelsen af nærværende anvisning - som erstatning for dette kapitel. Resten af SBI-anvisning 147 er stadig gældende (under revision).

Ligeledes har *Forsikringsselskaberne* vist interesse for og givet økonomisk støtte til arbejdet.

Udarbejdelsen af anvisningen er blevet fulgt af en følgegruppe med følgende sammensætning:

Erik Busch, *H+H-Industri A/S*

Jesper Ditlev, *Træbranchens Oplysningsråd*

Søren F. Eriksen, *Landbrugets Rådgivningscenter*

Peter Halkjær, *Andreasen & Bøeck-Nielsen ApS*

Torben Hansen, *Danogips*

Attila Hegyközy, *Byggeskadefonden*

Torben Henriksen, *BetonIndustriens Helvægsgruppe*

Lars Hjuler, *Landbrugets Rådgivningscenter*

Jørn Ipsen, *BMF Bygningsbeslag ApS*

Hans H. Iversen, *H+H-Industri A/S*

Brian Jensen, *Olsen & Jensen, Rådgivende Ingeniører ApS*

Per O. Kjærbye, *Institut for Anvendt Bygge- og Miljøteknik*

Jan Nielsen, *Chr. Kubel & Oluf Jørgensen A/S*

Poul Thejls Nielsen, *Bygge- og Boligstyrelsen*

Birgitte Nord, *Skafor, Dansk Forening for Skadesforsikring*

Ib Magleby Sørensen, *Rambøll, Hannemann & Højlund A/S*

Ole Zeuthen, *Baltica*

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Afdelingen for Materialer og Konstruktioner, juli 1995

Georg Christensen, forskningschef

Indledning

Stabilitet

Et stabilt hus er et hus, der dels med rimelig sikkerhed kan videreføre de vandrette og opadrettede vindlaster, dels kan optage de nedadrette laster, der stammer fra husets egenvægt og anvendelse.

I langt de fleste tilfælde bliver husene konstrueret sådan, at de uden videre kan bære de nedadrettede laster. Derimod sker det for ofte, at der under projekteringen af et hus ikke bliver gjort tilstrækkelige overvejelser om, hvordan de vandrette laster påvirker huset, og hvordan disse laster skal føres ned gennem huset til fundamenterne.

Projektering og kontrol

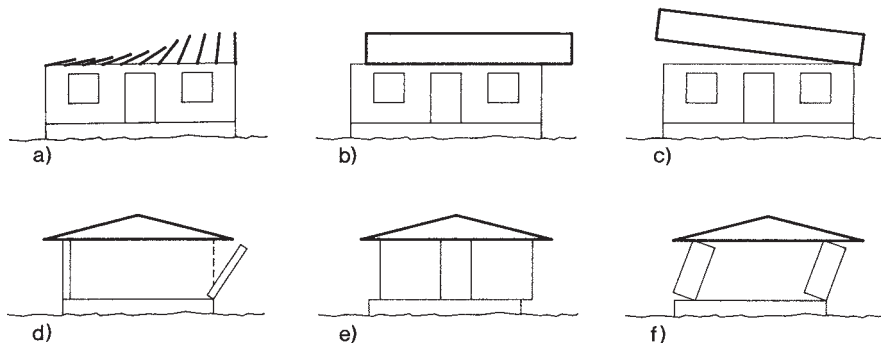
Før et hus skal bygges, skal der altid udarbejdes et projekt, som blandt andet skal redegøre for de afstivende og stabiliserende konstruktioner. Disse konstruktioner skal opfylde nedenstående funktionskrav.

Tilsynet skal kontrollere og dokumentere, at huset, herunder de afstivende og stabiliserende konstruktioner, udføres efter projektet. Hvis udførelsen afviger fra det oprindelige projekt, skal det dokumenteres, at også det ændrede projekt opfylder kravene.

Funktionskrav

For at sikre husets stabilitet skal den samlede påvirkning fra vindlasterne, på tagfladerne og på husets ydervægge, kunne føres videre til de bygningsdele, der bærer eller understøtter dem. Hver enkelt bygningsdel skal være stabil, og de vandrette og opadrettede kræfter skal kunne overføres mellem de forskellige bygningsdele.

Tagkonstruktionen består af spærene samt forskellige beklædninger og vindkryds, der er monteret på dem. Den nederste del af tagkonstruktionen, der består af spærfødderne og de beklædninger, der er monteret på spærfødderne (loftbeklædning i den underliggende etage og eventuelt gulv i den overliggende etage) samt eventuelle vindkryds, benævnes *loftkonstruktionen*. I 1½ -etages huse fungerer loftkonstruktionen også som etageadskillelse.



Figur 1. Husets stabilitet sikres ved, at de enkelte bygningsdele fastholdes. Tagspærene skal være afstivet mod væltning (a) og forankrede over for vandrette (b) og lodrette (c) kræfter. Væggene skal foroven være understøttede af loftskiven (d), der dernæst skal være i stand til at overføre vandrette laster til de afstivende vægge. Desuden skal væggene i nogle tilfælde være forankrede over for glidning (e) og væltning eller løft (f).

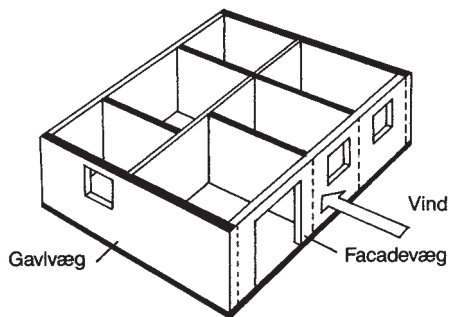
Tagkonstruktionen skal være stabil, sammenhængende og stiv. Dels må spærene ikke lægge sig ned som dominobrikker, når det stormer, se figur 1a, dels skal tagkonstruktionen fungere som en vandret skive, der støtter væggene foroven og overfører og fordeler de vandrette kræfter til de afstivende vægge. Denne vandrette skivefunktion etableres normalt i loftkonstruktionen, som da benævnes *loftskiven*, se figur 4.

Tagkonstruktionen skal være fastgjort til de afstivende vægge, så der kan overføres vandrette kræfter til dem og for at taget ikke forskydes, se figur 1b. For vind på tværs af huset er det gavlene og de tværgående indervægge, der er de *afstivende*, se figur 2. For vind på langs ad huset er det facaderne og de langsgående indervægge, der er de *afstivende*, se figur 3.

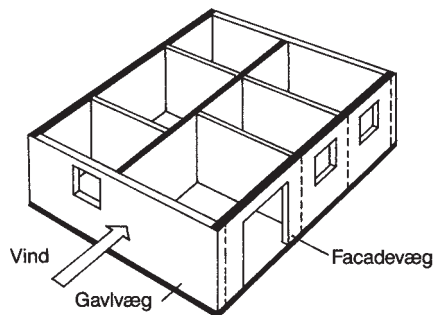
Tagkonstruktionen skal i de fleste tilfælde være forankret over for opadrettede vindkræfter, så taget ikke blæser af, se figur 1c.

Ydervæggene bliver påvirket direkte af vindlasterne og regnes for at være understøttede foroven af loftskiven, så de ikke vælter, se figur 1d. Loftskiven skal føre kræfterne videre til de afstivende vægge. Også indervæggene skal være understøttet foroven, så de ikke vælter, hvis der fx er forskelligt tryk i de rum, de adskiller. Forbindelserne mellem vægge og loftkonstruktion skal derfor udformes således, at der kan overføres vandrette kræfter på tværs af væggene.

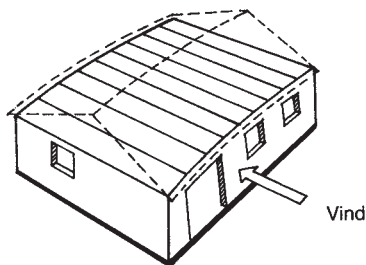
Afstivende vægge skal i nogle tilfælde forankres i fundamentet, dels så de ikke kan glide på fundamentet, se figur 1e, dels så de ikke kan tippe, se figur 1f. Det er naturligvis især afstivende vægge af lette materialer, der kan have behov for forankring.



Figur 2. Når vinden blæser på tværs af huset, skal loftskiven understøtte facaderne foroven, mens gavlene og indervæggene i husets tværretning skal føre vindlasterne videre fra loftskiven ned til fundamentet.



Figur 3. Når vinden blæser på langs ad huset, skal loftskiven understøtte gavlene foroven, mens facaderne og indervæggene i husets længderetning skal føre vindlasterne videre fra loftskiven ned til fundamentet.



Figur 4. Loftskiven skal have tilstrækkelig styrke og stivhed til at kunne fordele vindlasten til de afstivende vægge.

Husets stabilitet sikres således ved at sørge for, at tag, loftkonstruktion og vægge dels har tilstrækkelig indre styrke og stabilitet, dels er fastholdt indbyrdes, så de vandrette kræfter kan føres til de afstivende vægge og herfra videre til fundamentet.

Anvisningens status

De generelle funktionskrav, der er nævnt i det foregående, skal *altid* opfyldes. De anvisninger og regler, der gives i det følgende, må derimod *ikke opfattes som krav*. Det er forslag til måder at opfylde funktionskravene på. Man kan i nogle tilfælde nå frem til enklere og billigere konstruktioner, ved at en ingeniør foretager en dimensionering af konstruktionerne i det aktuelle hus. Også i byggeva-



Figur 5. Den lodrette forankring af dette tag var ikke tilstrækkelig, så under en kraftig storm lettede taget en smule, men det faldt på plads igen. Gardinet og tagedløbet bevidner hændelsen.



Figur 6. Den lodrette forankring af dette tag var heller ikke tilstrækkelig. Her løftede taget sig så meget, at det ikke faldt ned på sin sædvanlige plads igen.

relevandørers og brancheforeningers kataloger og anvisninger kan man ofte finde alternative forslag til opfyldelse af kravene.

Når der i det følgende står: »Denne konstruktion kan udføres sådan eller sådan«, betyder det altså ikke, at der kun er to måder at udføre konstruktionen på. Men det betyder, at der i denne anvisning kun er angivet to af de mulige måder.

Hvis der står: »Denne konstruktion skal udføres sådan«, betyder det altså ikke, at konstruktionen nødvendigvis *skal* udføres sådan. Men det betyder, at denne anvisnings konstruktionsløsninger forudsætter, at detaljerne udføres sådan.

Anvisningens indhold

Anvisningen indeholder som nævnt en række eksempler på opfyldelse af de tidligere nævnte funktionskrav. Eksemplerne er i mange tilfælde suppleret med dimensioneringstabeller, som fx kan angive, hvor mange søm der er nødvendige i en given samling under givne betingelser.

Endvidere indeholder anvisningen nogle checklister, benævnt kvalitetssikringsskemaer. Disse skemaer er udformet og formuleret med henblik på kontrol af udførelsen, men de kan også anvendes som huskeliste under projekteringen.

Anvisningen erstatter kapitlet »Forankringer og afstivninger« i SBI-anvisning 147: »Konstruktioner i småhuse«, med undtagelse af afsnittet »Fastgørelse af tagdækning ved gavludhæng«, side 66-67. Dette afsnit har stadig gyldighed, men emnet hører næppe under småhusets stabilitet, hvorfor det ikke er taget med i nærværende anvisning. Resten af SBI-anvisning 147 har ligeledes stadig gyldighed.

Anvisningens målgruppe

Anvisningen henvender sig til dem, der er ansvarlige for projektering af småhuse. Den forudsætter byggeteknisk viden og en vis teknisk indsigt, men ikke nødvendigvis en ingeniøruddannelse.

Endvidere henvender den sig til de tilsynsførende og til bygningshåndværkerne, som ofte må bygge husene på grundlag af et »skrabet« projekt. Det er ikke tanken, at håndværkerne selv skal udforme de stabiliserende konstruktioner, men de bør være i stand til at vurdere, om projektet tager tilstrækkeligt hensyn til stabiliteten, så de i benægtende fald kan rekvirere yderligere oplysninger hos de projekterende.

I forlængelse heraf er det SBI's håb, at anvisningen vil finde anvendelse som lærebog på de byggetekniske skoler.

Anvisningens gyldighedsområde

Anvisningen forudsætter følgende:

- | | |
|------------------|---|
| Hustyper: | 1- og 1½-plans lægehuse med sadeltag, både fritliggende huse og rækkehuse. |
| Huskrogbredde: | Højst 9 m, målt fra yderside facade til yderside facade. |
| Væghøjde: | 2,5 m, målt fra fundamentets overside til tagkonstruktionens underside. |
| Tagkonstruktion: | Træspær med vandret underside (altså ikke saksespær), spærafstand 1 m, tagvinkel fra 15° til 45°. |
| Tagudhæng: | Højst 0,6 m målt vandret fra ydersiden af facaden. |

Vindlast

Vindlasten på et hus afhænger af husets beliggenhed, højde og form. Se mere herom i bilag A.

Den vindlast, der er benyttet til udarbejdelsen af dimensionerings- og last-tabellerne i denne anvisning, er bestemt med udgangspunkt i Dansk Ingeniørforenings norm for last på konstruktioner, DS 410. For at bestemme vindlasten, opereres der i normen med tre terrænklasser: 0,01 = Hedeslette, 0,05 = Landbrugsland, 0,03 = Bymæssig bebyggelse.

Det er dog ikke alene den terrænklasse, som husets umiddelbare omgivelser tilhører, der er afgørende for vindlasten på et givent hus. Når for eksempel en småhusbebyggelse grænser op til landbrugsland, vil - ifølge DS 410 - områdets generelle vindhastighed i de højder, der er relevante for småhuse, først være reduceret og svare til bymæssig bebyggelse 500-600 m inde i bebyggelsen. Nyere undersøgelser af vindlasten på småhuse har imidlertid vist, at der langt tidligere vil være sket en betydelig reduktion af vindlasten for de huse, som ligger i læ af andre huse.

Beliggenhedsklasser

For at kunne tage hensyn til disse forhold og for at arbejde med nogle betegnelser, der er lettere at huske end terrænklassernes talværdier, indføres i denne anvisning følgende beliggenhedsklasser:

Hede: »Glat« terræn, fx vandarealer og hedesletter uden læhegn.

Land: Landbrugsland med læhegn, gårde med haver mv.

Læ: Bymæssig bebyggelse i byens udkant.

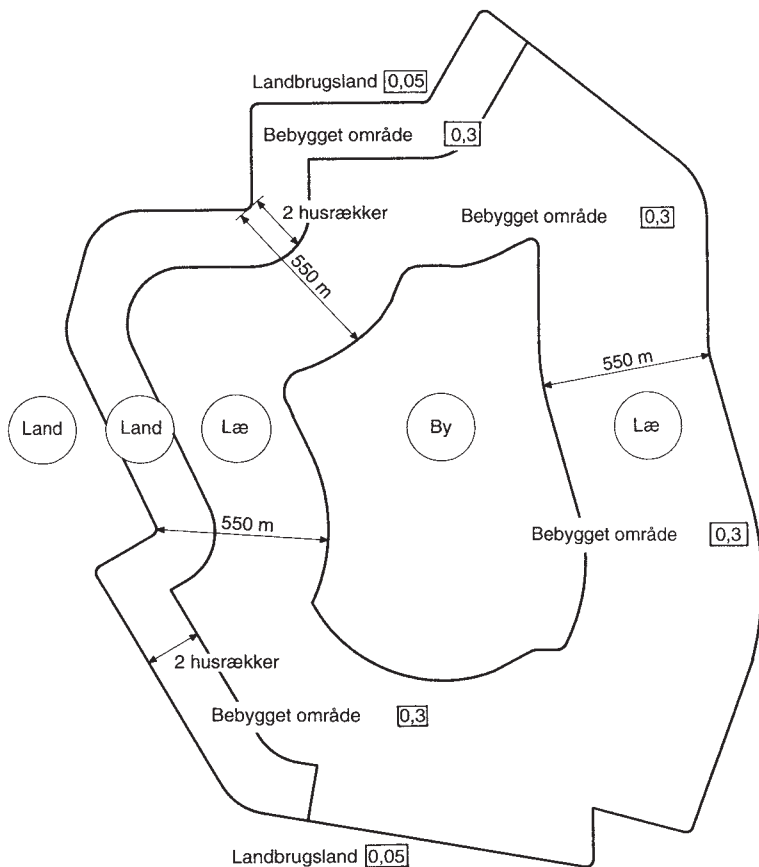
By: Bymæssig bebyggelse eller skov.

Beliggenhedsklassen »Læ« kan anvendes, når følgende betingelser er opfyldt:

- bebyggelsestætheden er mindst 12 pct.
- huset ligger i tredje husrække fra kanten af bebyggelsen, eller længere inde.

Bebyggelsestætheden for et område defineres som summen af husenes grundarealer (ekskl. garager og udhuse) i forhold til områdets totale areal.

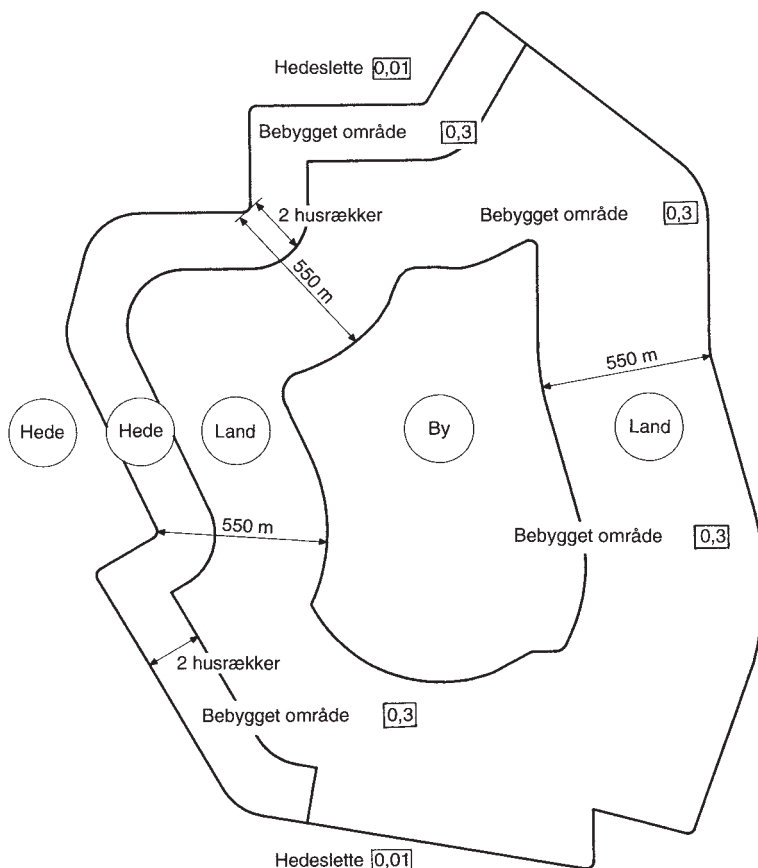
Der kan ses bort fra betingelsen om tredje husrække, hvis grænsen mod land-



Figur 7. Eksempel på et byområdes opdeling i beliggenhedsklasser, når byområdet er omgivet af landbrugsland. Se i øvrigt figurforklaringen i teksten.

brugsland vender mod syd, sydøst, øst eller nordøst, idet den normgivende vindlast er baseret på vind kommende fra vest og nordvest. Vinden fra alle andre retninger giver betydelig mindre last.

Figurene 7 og 8 viser, hvordan reglerne i DS 410 kan fortolkes med indførelsen af ovennævnte modifikationer. Talværdierne i rektangler markerer terræn-



Figur 8. Eksempel på et byområdes opdeling i beliggenhedsklasser, når det omgivende terræn må karakteriseres som hedeslette eller eventuelt vand. Se i øvrigt figurforklaringen i teksten.

klasser i henhold til DS 410, mens betegnelserne i cirkler markerer beliggenhedsklasser i henhold til nærværende anvisning. Bemærk, at der kun kan regnes med reduceret vindlast i det ydre byområde (Læ i figur 7, Land i figur 8), hvis bebyggelsestætheden er mindst 12 pct. Ellers skal der regnes med Land, henholdsvis Hede, i dette område.

Afstivning af tagflade

Formål og udførelsesmetoder

Som nævnt i tilknytning til figur 1a skal spærene altid afstives for ikke at vælte. Denne afstivning kan udføres enten med pladebeklædning eller med hulbånd. Pladebeklædning må foretrækkes, da man herved får en gunstig kraftfordeling, mens man med hulbånd får nogle store kræfter koncentreret i nogle få knudepunkter. Også med henblik på den midlertidige afstivning i byggeperioden er pladebeklædning at foretrække.

I det følgende anvises, hvordan man afstiver både med pladebeklædning og med hulbånd.

Pladebeklædning

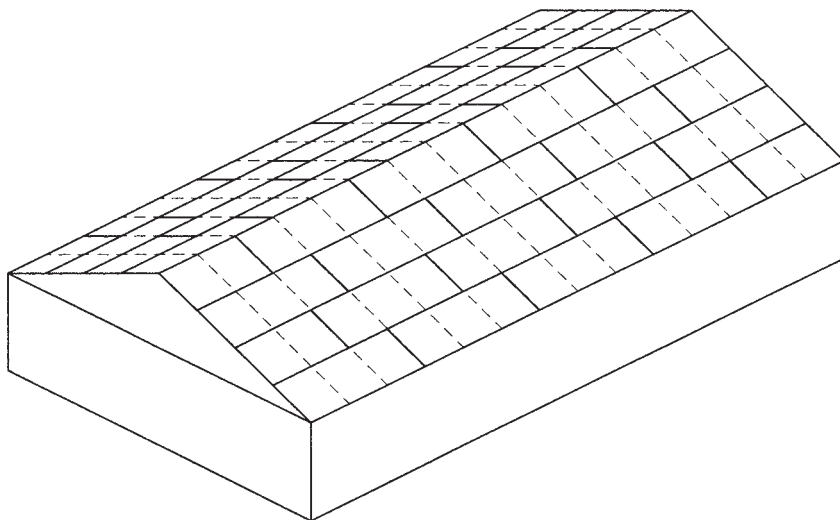
Når der anvendes pladebeklædning som undertag, kan pladebeklædningen i nogle tilfælde også fungere som vindafstivning af spærene. Pladerne kan fx være 9 mm asfaltbehandlet, vandfast krydsfiner, 9 mm fugtbestandig gipsplade eller 6 mm oliehardt hård træfiberplade. Pladebeklædning, der danner underlag for tagpap, kan ligeledes fungere som vindafstivning af spærene. Krydsfiner eller træfiberplade skal være klassificeret som K-plade (dvs. underlagt en godkendt kontrolordning), og pladerne skal monteres sådan, at der opnås en effektiv skivevirkning. Hvis pladerne monteres efter følgende beskrivelse, kan dette antages at være opfyldt:

Samlingerne mellem pladerne benævnes vandrette samlinger (parallelle med facaderemmen) og skrå samlinger (parallelle med spærhovederne). De skrå samlinger skal placeres på spær og skal forskydes for hver pladerække, så pladerne kommer til at ligge i forbandt, se figur 9.

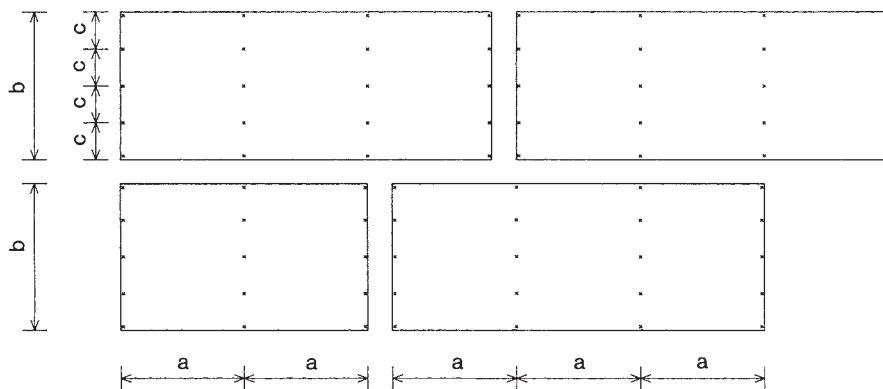
Pladerne kan monteres med søm eller skruer som vist på figur 10. Søm skal mindst være $2,2 \times 45$ mm, og skruer mindst $3,5 \times 30$ mm. Søm- og skrueafstanden c må højst være 300 mm. I øvrigt skal pladeleverandørens anvisninger, fx vedrørende pladetyper, dimensioner og montering, følges.

Hulbånd

Hvis der bruges en pladebeklædning, som ikke opfylder de beskrevne krav, eller der slet ingen pladebeklædning er, afstives med diagonaler (skråbånd eller vindkryds) af hulbånd.



Figur 9. Pladebeklædning som stabiliserende undertag. Bemærk, at de skrå samlinger er forskudt for hinanden.



Figur 10. Sømplacering i plader der anvendes som undertag. a = spærafstanden = 1,0 m; b = pladebredden = 1,2 m; c = sømafastheden.

Diagonalerne skal placeres på spærenes oversider, og der skal altid placeres diagonaler i begge tagflader.

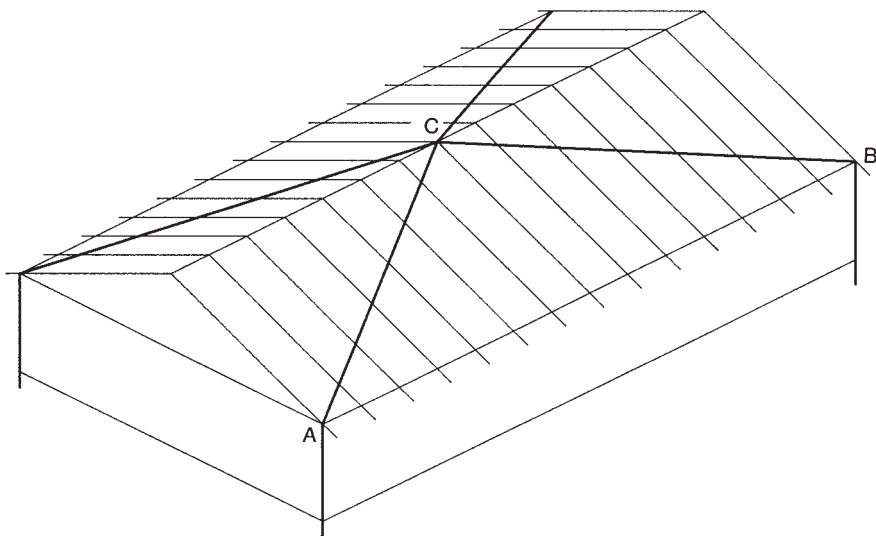
Hulbånd er bånd, fremstillet af varmforzinket stålplade og forsynet med tæt-siddende huller. Nogle skelner mellem hulbånd med bredden 20-25 mm og vind-trækbånd med bredden 40-80 mm. I denne anvisning benyttes betegnelsen hulbånd for begge typer. Til afstivning og forankring i boliger bør benyttes hulbånd med tværsnit på mindst 25×2 mm.

Kræfter i diagonaler

Når diagonalerne er i funktion under storm eller orkan, overføres der kræfter fra hvert spær til diagonalen. Diagonalen opsamler disse kræfter, så trækkræften i diagonalen bliver større og større, jo længere man kommer fra punkt C ned mod punkterne A og B, se figurerne 11-15. Ved A og B skal alle de opsamlede kræfter så afleveres til gavlspæret i ét punkt, mens kraftoverførslen ved kippunktet C er mere beskeden. A og B er altså kritiske punkter, hvor det skal sikres, at kraften - både under opspænding og i storm - kan føres ned fra spærhovedets overside til spærhodens underside. Endvidere skal der placeres lodrette ankre fra hvert af punkterne A og B til fundamentet.

Normal placering af diagonaler

Diagonalerne kan placeres som vist på figur 11, altså fra spærfoden ved hushjørnerne, punkterne A og B, til tagkippen ved husmidten, punkt C. Ved tagkippen



Figur 11. Normal placering af hulbåndsdiagonaler i tagflade.

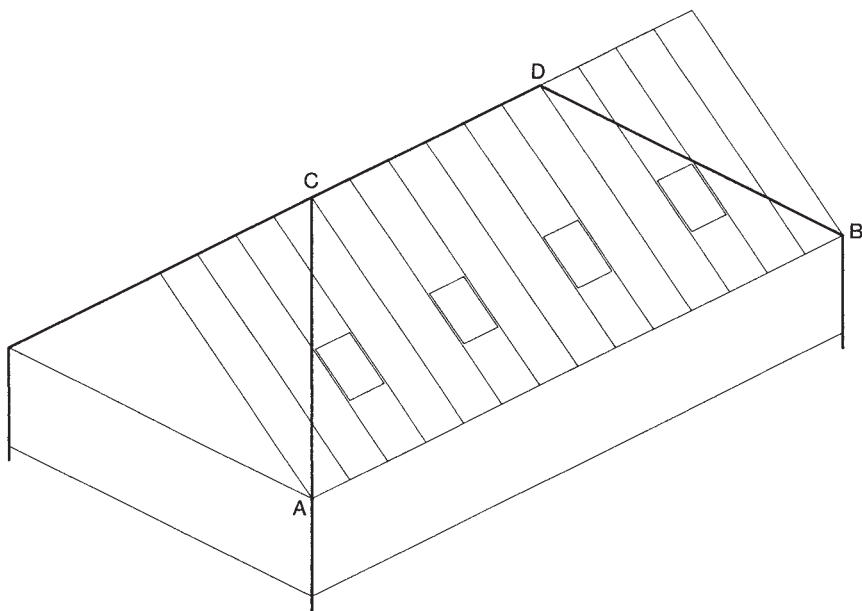
skal alle fire diagonaler samles på samme spær, så diagonalerne kan strammes op, uden at spærerne trækkes skæve. Derudover skal der placeres lodrette ankre fra punkterne A og B til fundamentet.

Alternative placeringer af diagonaler

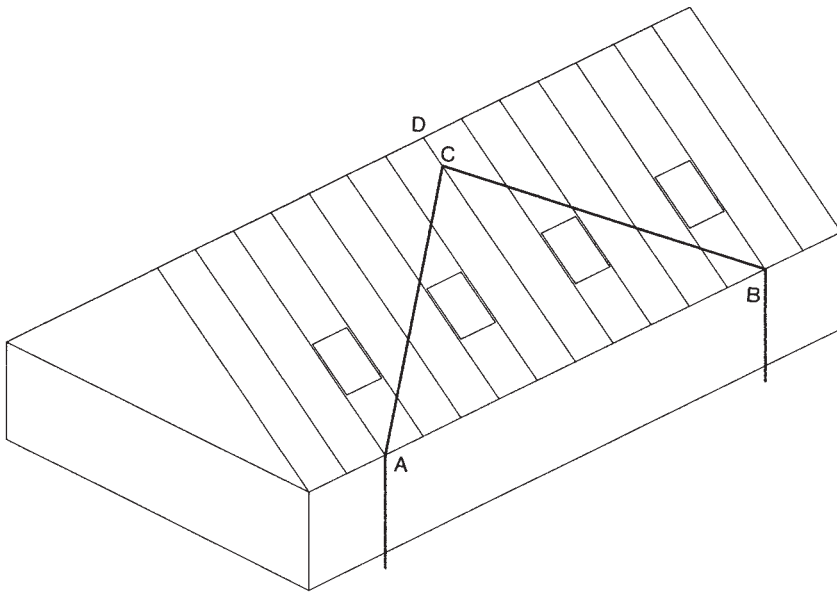
Hvis diagonalerne ikke kan placeres som vist på figur 11, er der andre muligheder, som vist på figurerne 12-15.

På figur 12 samles diagonalerne ikke på samme spær ved tagkippen. Derfor skal der trækkes vandrette hulbånd af samme dimension som de skrå mellem punkterne C og D på begge tagflader, så de skrå hulbånd kan opstrammes. Også her skal der placeres lodrette ankre til fundamentet ved punkterne A og B.

På figur 13 når diagonalerne ikke helt op til kippunktet D, men mødes i punkt C. Hvis C ligger i nærheden af D, giver det ikke noget problem med afstivningen, idet spærerne kan udkrages fra C til D. Derimod skal diagonalerne nå ned til samlingen mellem spær og ydervæg ved punkterne A og B, så den store opsamlede kraft i diagonalen kan afleveres i et punkt, hvor kraftkomponenter i alle retninger kan optages. Der skal således, foruden i husets hjørner, også placeres lodrette ankre til fundamentet fra punkterne A og B.



Figur 12. Alternativ placering af hulbåndsdiagonaler i tagflade.



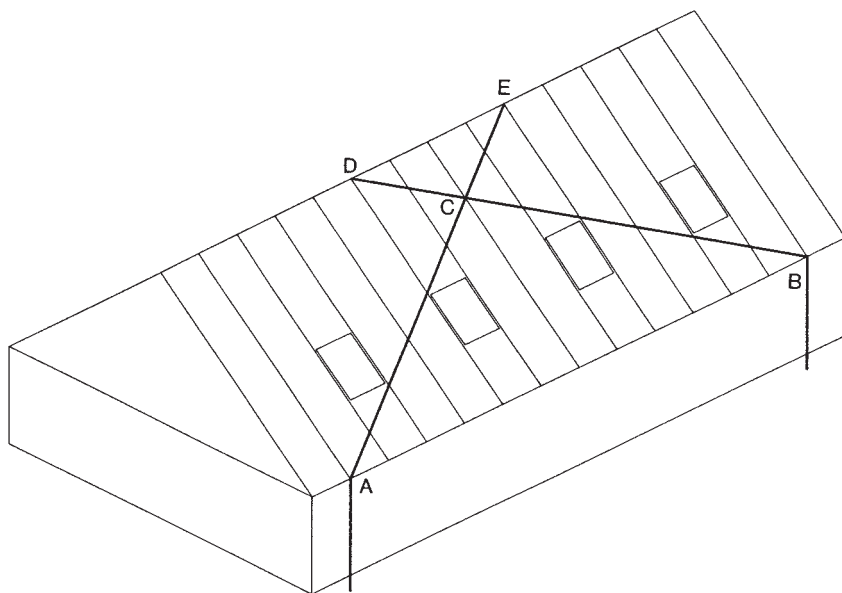
Figur 13. Alternativ placering af hulbåndsdagonaler i tagflade.

En lignende situation er vist i figur 14. Her ligger punkt C dog så langt fra kippen, at det vurderes, at også den øverste del af spærerne skal afstives. Der monteres da først diagonaler fra A til C og fra B til C, og diagonalerne bukkes om spærerne i disse punkter, opstrammes og justeres. Lodrette ankre placeres fra punkterne A og B til fundamentet. Senere monteres diagonalstykkerne C-D og C-E, som under storm kan føre de vandrette kræfter fra den øverste del af taget ned til punkt C. C-D og C-E behøver i øvrigt ikke at forløbe i samme retning som B-C og A-C, men det er vigtigt, at alle diagonaler mødes så tæt på hinanden som muligt ved punkt C.

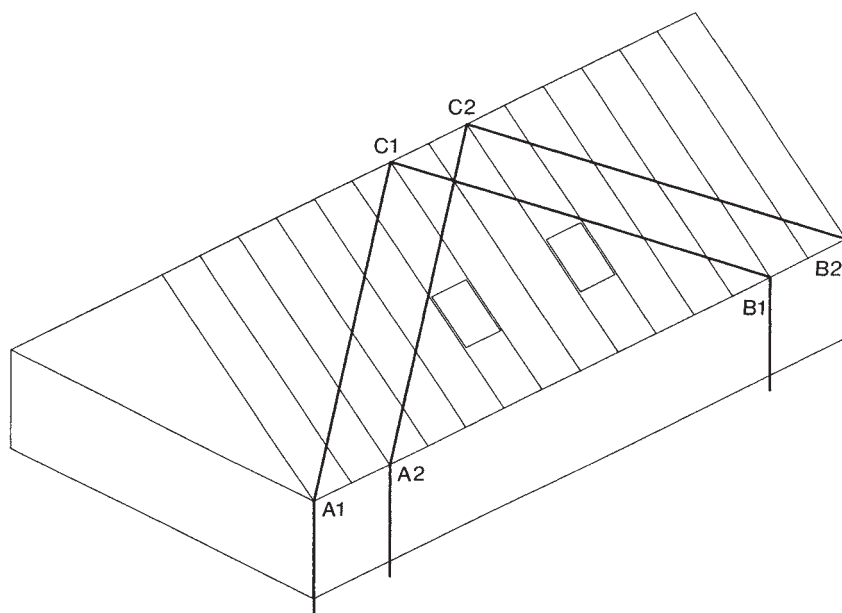
Hvor der er anført 40 x 2 mm hulbånd kan det være en god løsning i stedet at montere 2 stk. 25 x 2 mm, og fordele det angivne sømantal på disse to. Figur 15 viser et eksempel på placeringen af diagonalerne og de tilhørende lodrette ankre.

Placering af diagonaler i rækkehuse

For rækkehuses vedkommende skal der monteres diagonaler i de to endehuse på én af måderne, der er vist på figurerne 11-15. Det er ikke tilstrækkeligt at gøre det i et enkelt af rækkens huse, da de enkelte huses tagkonstruktioner er adskilt fra hinanden af lyd- og brandmæssige årsager.



Figur 14. Alternativ placering af hulbåndsdiagonaler i tagflade.



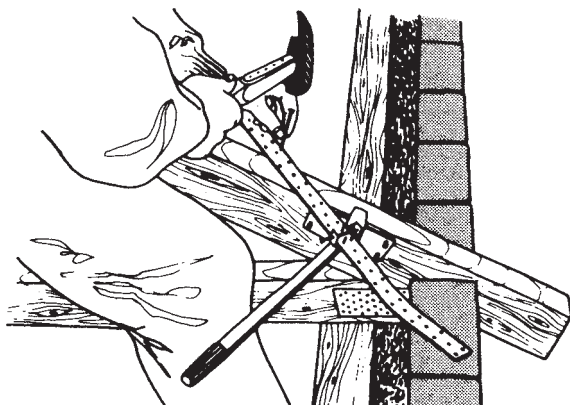
Figur 15. Dublering af hulbåndsdiagonaler i tagflade. Bemærk det lodrette anker ved hver diagonals nederste ende.

Lægter som diagonaler

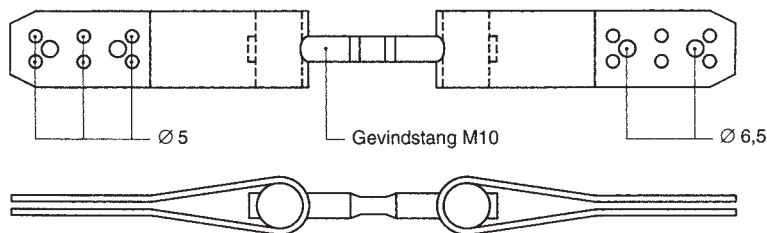
Lægter på spærenes undersider ses ofte anvendt som diagonaler i stedet for hulbånd. Men den kraft, der skal overføres fra diagonalens nederste ende til gavlspæret, er normalt så stor, at en direkte sømning af lægten til det smalle spær ikke er tilstrækkelig. Hvis man ønsker at anvende lægter (eller brædder) som diagonaler, kan man udføre forbindelserne ved diagonalernes ender med knudeplader af krydsfiner. Denne løsning er dog ikke nærmere beskrevet i denne anvisning.

Montering af hulbånd

Hulbåndene skal være stramme. Ellers kan der optræde så store deformationer, inden de begynder at virke, at der opstår revner, fx i tagdækningen eller i gavltrekanterne. Hulbåndene skal derfor altid monteres ved hjælp af en båndstrammer, se figur 16, og bukes om et spær i hver ende, så det kan fastsømmes til siden af spæret. Endvidere anbefales det at indsætte båndspændere, se figur 17,



Figur 16. Montering af hulbåndsdagonaler ved hjælp af båndstrammer.



Figur 17. Båndspænder til justering og efterspænding af hulbåndsdagonal.

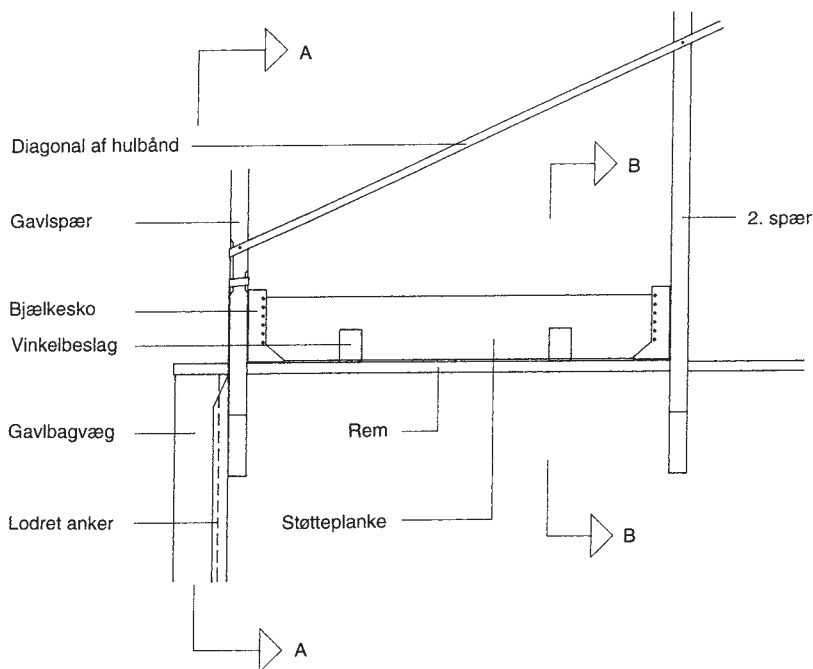
i hulbåndene for at muliggøre finjustering og efterspænding. Dette forudsætter naturligvis, at hulbåndene - indtil justeringen er udført - kun er fastgjort i enderne og ikke sømmet fast på hvert af de spær, de passerer.

Konstruktionsudformning ved diagonalens nederste ende

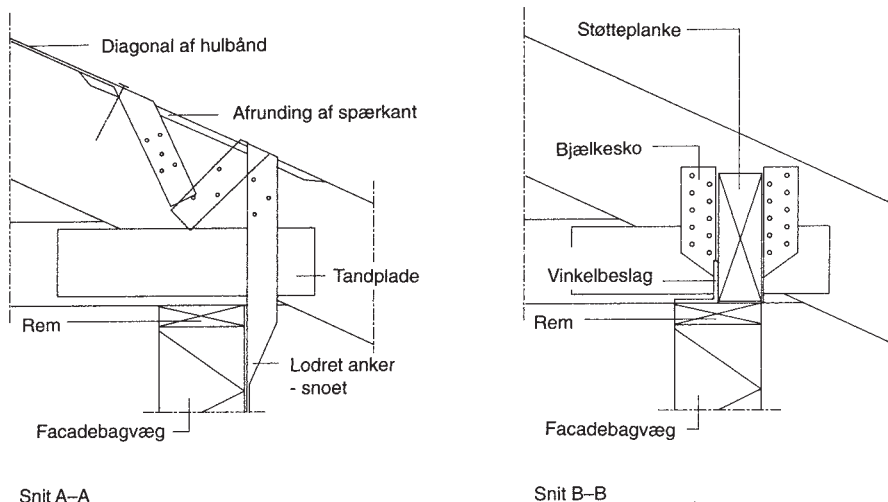
Der optræder som nævnt en stor trækraft i diagonalernes nederste ender ved punkterne A og B, og der skal derfor udføres en kraftig sømforbindelse til spæret. Endvidere skal dette spær forankres lodret og have sidestøtte, så det ikke vælter.

Spærets sidestøtte kan fx etableres med en støtteplanke, som samtidig kan bidrage til lukning af tagrummet og til afslutning for loftisoleringen, se figurerne 18 og 19. Støtteplanken i det aktuelle fag forbindes til spærene med bjælkesko og til remmen med vinkelbeslag og kamsøm.

Mindste hulbåndsdimensioner og sømantal for diagonaler til enkelthuse og rækkehuse er vist i tabel 1.



Figur 18. Hulbåndsdiagonalen bukket omkring gavlsparret for at give plads til det nødvendige antal søm. Gavlsparret forankres lodret og støttes, fx med en støtteplanke.



Figur 19. Detaljer ved spær fod, set langs facadevæggen.

Tabel 1. Mindste hulbåndsdimensioner og sømantal for afstivning med hulbånd i tagfladen. Betegnelsen »gavlspær« refererer her til det spær, hvortil hulbåndets nederste ende er fastgjort (punkterne A og B i figurerne 11-15).

Beliggenheds- klasse	Tagvinkel	Hulbånds- dimension, mm	Antal kamsøm 40/40	
			i gavlspær	i øvrige spær
By	15°	25 × 2	2	1
	25°	25 × 2	3	1
	35°	25 × 2	4	2
	45°	25 × 2	6	2
Læ, Land	15°	25 × 2	3	1
	25°	25 × 2	4	2
	35°	25 × 2	6	2
	45°	40 × 2	9	3
Hede	15°	25 × 2	3	1
	25°	25 × 2	5	2
	35°	25 × 2	8	3
	45°	2 stk. 25 × 2	11	4

Lodret forankring af tag

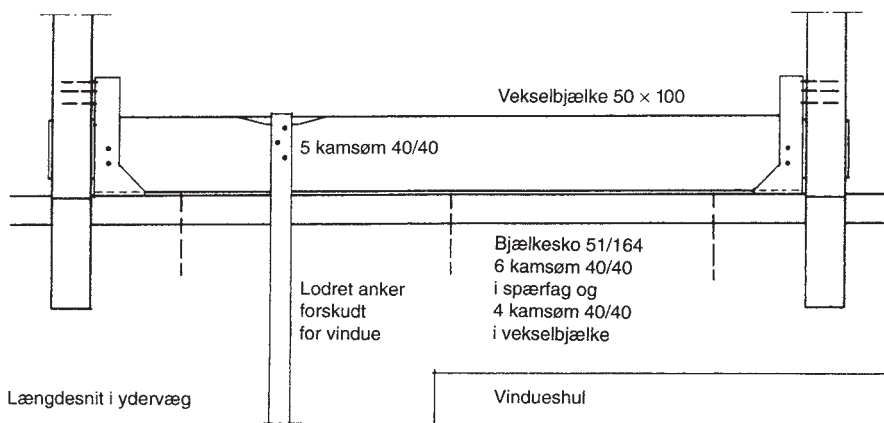
Udformning af ankre

De lodrette forankringer af taget udføres normalt som trækforbindelser mellem betonfundamentet og nogle af spærrene. Forbindelserne kan udføres med hulbånd som vist på figurerne 18-21.

Alternativt kan de lodrette forankringer udføres med 12 eller 16 mm varmforzinket rundstål, som indstøbes i betonfundamentet. Forbindelsen mellem rundstål og spær kan etableres ved, at rundstålet føres gennem et lodret hul i støtteplanke eller vekseljælke og afsluttes med underlagsplade og møtrik på støtteplankens eller vekseljælakens overside.

Placering af ankre

Ankrene placeres i facaderne på den varme side af isoleringen, det vil sige lige uden på bagvæggen. I de områder, hvor forankring er nødvendig, må der højst være 3 m mellem de spær, der er forankret. Med andre ord skal mindst hvert tredje spær forankres, hvis spærafstanden er 1 m. Suget på de mellemliggende



Figur 20. Tagforankring via vekseljælke.

spær regnes for at være overført til de forankrede spær via lægter og tagdækning. Det er derfor en absolut forudsætning, at lægtestødene er forsats, så højst en tredjedel af lægterne stødes på samme spær, og at lægterne mindst er af styrkeklasse K 18.

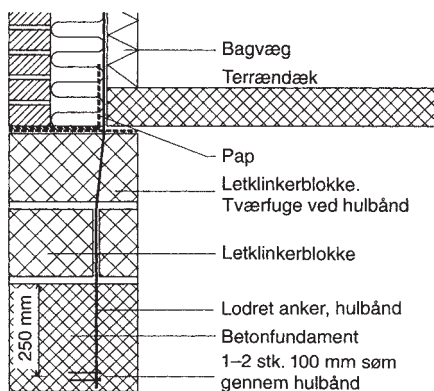
Vekselbjælke

Normalt monteres et anker direkte på et spær som vist på figurerne 18 og 19, men denne ankerplacering vil ofte komme i konflikt med vindues- og dørplaceringer. Ankeret kan da flyttes, ved at der indlægges en vekselbjælke, som vist på figur 20. Hvis ankeret er placeret på den midterste tredjedel af vekselbjælken, kan begge spærene regnes for at være forankrede, og i dette tilfælde kan kravet om forankring af et spær pr. 3 m opfyldes med en afstand mellem de lodrette ankre på ca. 3,5-4 m, se figur 22 b.

Indstøbning af anker

Et anker skal ofte kunne overføre et ganske stort træk til fundamentet, og det er derfor vigtigt, at det indstøbes effektivt nede i betonfundamentet, det vil sige mindst 250 mm ned i betonen, se figur 21, og ikke blot i de letklinkerbetonblokke, der ofte placeres som kuldebroisolering mellem betonfundamentet og ydervæggene.

Hvis væggene er træ- eller stålskeletvægge, kan man som regel spare den midterste del af ankeret ved at forankre taget til toppen af en vægstolpe og forankre vægstolpens nederste del til betonfundamentet.

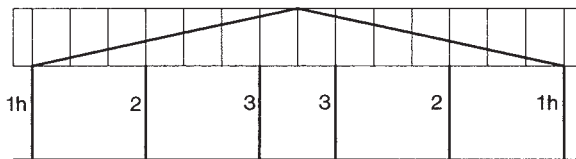


Figur 21. De lodrette ankre skal indstøbes mindst 250 mm ned i betonen. Et rundstålsanker kan eventuelt forsynes med gevind og møtrik i den nederste ende for at forbedre forankringen til betonen.

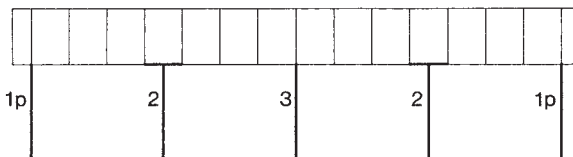
Typeklassificering og dimensionering af ankre

Huse med forskellig beliggenhed, forskellig taghældning osv. har naturligvis forskellige forankringsbehov. Den tilsvarende differentiering i forankringsprojektet kan gennemføres ved at have et fast placeringsmønster for ankrene, og at dimensionere de enkelte ankre forskelligt.

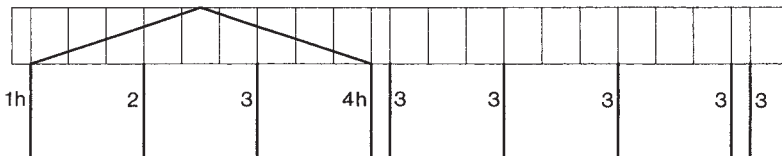
Der placeres altid et anker i hvert af husets hjørner, og der placeres ankre i facaden med en indbyrdes afstand på højst 3-4 m, afhængigt af, om spærene forankres direkte eller via vekselbjælker, se figur 22.



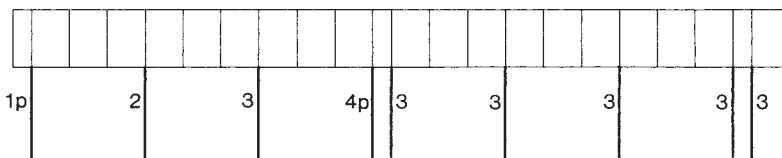
a. Enkelthus med hulbånd i tagflade



b. Enkelthus med plader i tagflade og vekselbjælker



c. Rækkehus med hulbånd i tagflade



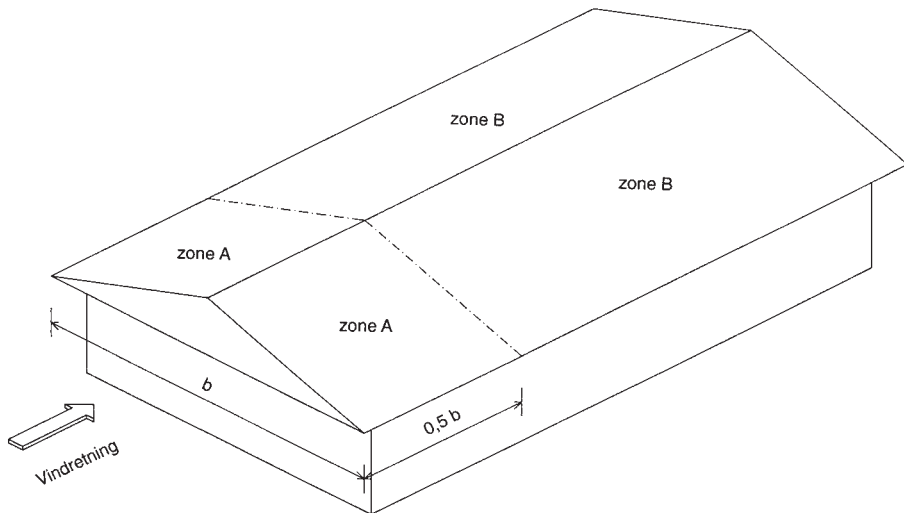
d. Rækkehus med plader i tagflade

Figur 22. Principskitse for placering og typeklassificering af lodrette ankre i facaderne. Den vandrette afstand mellem spærene er 1 m. Se også tabel 2.

Seks forskellige typer ankre

Ankrene klassificeres i seks forskellige typer efter deres placering, som vist på figur 22. De enkelte typer kan karakteriseres på følgende måde:

- Hjørneankre er typerne 1 h og 1 p. Da tagets gavludhæng er forudsat at være langt mindre end halvdelen af afstanden mellem de lodrette ankre, modtager hjørneankrene sugkræfter fra et mindre område end de øvrige ankre. Til gengæld kan der på de yderste ca. 5 m af taget, fra en gavl og ind mod midten af huset, zone A, se figur 23, optræde større sug end på resten af taget, zone B, se figur 23. Hvis spærafstivningen udføres med hulbåndsdiagonaler, se figurene 22a og 22c, giver kraften i diagonalerne endvidere et bidrag til kraften i hjørneankreret, som omtalt i afsnittet »Kræfter i diagonaler« side 20. Typen er da 1 h. Også hvis spærafstivningen udføres med pladebeklædning, se figurene 22b og 22d, kommer der et - ganske vist mindre - bidrag til kraften i hjørneankret, som da er type 1 p.
- Ankre, der er placeret ca. 3 m fra gavlen, det vil sige i zone A, hvor suget på taget er særlig stort, er type 2.
- Ankre, der er placeret mere end 3 m fra en gavl, det vil sige i zone B, hvor suget på taget er mindre, er type 3.



Figur 23. Når det blæser på langs ad et hus, optræder der større sug på den luv ende af tagfladen end på resten af tagfladen. Området med det store sug benævnes her »zone A«, mens resten af tagfladen benævnes »zone B«. Ifølge DS 410 er udstrækningen af zone A halvdelen af tagets bredde.

- Ankre, der er placeret ved lejlighedsskel i enderækkehuse, er placeret i zone B, men modtager et kraftbidrag fra spærafstivningen. Denne afstivning kan udføres med hulbåndsdiagonaler eller plader, og de tilhørende typer er 4 h og 4 p.

Nødvendige dimensioner af hulbåndsankre og nødvendige sømantal i forbindelsen til spær eller vekselsbjælke for de forskellige typer fremgår af tabellerne 2 og 3.

Rundstålsankre

Rundstålsankre kan dimensioneres på grundlag af tabel 3. Hvis det nødvendige sømantal i et hulbåndsanker er 10 eller derunder, kan ankeret udføres med et 12 mm varmforsinket rundstål i stedet for hulbåndet. Hvis det nødvendige sømantal er over 10, skal der benyttes 16 mm varmforsinket rundstål.

Montering af ankre

Praktiske erfaringer har vist, at et hulbåndsanker godt kan indstøbes i sin fulde længde, idet den del, der rager op over fundamentet, kan rulles sammen, mens væggene opføres. Når taget er lagt op og midlertidigt afstivet, rulles ankeret ud og forbindes til spæret.

Man kan også nøjes med at lade et mindre stykke, fx 400-500 mm, stikke op over fundamentets letklinkerblokke. Når spærerne er monteret, forlænges ankrene ved et overlappingsstød med 5 mm varmforsinkede maskinskruer. Antallet af skruer skal mindst være 1,5 gange det nødvendige sømantal i samlingen til spæret, se tabel 3. Eventuelt kan hulbåndet samles ved hjælp af en båndspænder, se figur 17.

Hvis man anvender ankre af rundstål, er det formentlig nødvendigt at montere ankeret i to tempi. Rundstålstykkerne kan da samles med en gevindmuffe.

Tabel 2. Dimensioneringstabel for lodrette hulbåndsankre i facaderne fra fundament til spær, jf. figur 22. En strek (-) betyder, at anker ikke er nødvendigt i den pågældende situation. 2 - 25 × 2 betyder 2 stk. 25 × 2 mm.

Beliggenheds-klasse	Tagets-vægt-klasse *)	Tag-vinkel	Dimension for lodret hulbåndsanker, mm					
			Type 1h	Type 1p	Type 2	Type 3	Type 4h	Type 4p
By	15	15°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2
		25°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	25 × 2	-
		35°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	25 × 2	25 × 2
		45°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	25 × 2	25 × 2
	40	15°	-	-	-	-	-	-
		25°	25 × 2	-	-	-	-	-
		35°	25 × 2	25 × 2	-	-	-	-
		45°	25 × 2	25 × 2	-	-	25 × 2	-
	50	15°	-	-	-	-	-	-
		25°	-	-	-	-	-	-
		35°	25 × 2	-	-	-	-	-
		45°	25 × 2	-	-	-	-	-
	Læ	15°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2
		25°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2
		35°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2
		45°	40 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2	25 × 2
	40	15°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	-	-
		25°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	-	-
		35°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	25 × 2	-
		45°	25 × 2	25 × 2	25 × 2	-	25 × 2	-
	50	15°	25 × 2	-	-	-	-	-
		25°	25 × 2	25 × 2	-	-	-	-
		35°	25 × 2	25 × 2	-	-	-	-
		45°	25 × 2	25 × 2	-	-	25 × 2	-

Tabellen fortsættes næste side.

Tabel 2, fortsat. Dimensioneringstabel for lodrette hulbåndsankre i facaderne fra fundament til spær, jf. figur 22. En streg (-) betyder, at anker ikke er nødvendigt i den pågældende situation. 2 - 25×2 betyder 2 stk. 25×2 mm.

Beliggenheds-klasse	Tagets-vægt-klasse *)	Tag-vinkel	Dimension for lodret hulbåndsanker, mm					
			Type 1h	Type 1p	Type 2	Type 3	Type 4h	Type 4p
Land	15	15°	25×2	25×2	40×2	25×2	25×2	25×2
		25°	25×2	25×2	40×2	25×2	25×2	25×2
		35°	40×2	25×2	2 - 25×2	25×2	25×2	25×2
		45°	40×2	40×2	2 - 25×2	25×2	25×2	25×2
	40	15°	25×2	25×2	25×2	25×2	25×2	25×2
		25°	25×2	25×2	25×2	-	25×2	-
		35°	25×2	25×2	25×2	-	25×2	25×2
		45°	40×2	25×2	25×2	-	25×2	25×2
	50	15°	25×2	25×2	25×2	25×2	25×2	25×2
		25°	25×2	25×2	25×2	-	-	-
		35°	25×2	25×2	25×2	-	25×2	-
		45°	25×2	25×2	25×2	-	25×2	-
Hede	15	15°	40×2	40×2	60×2	40×2	25×2	25×2
		25°	40×2	40×2	60×2	25×2	25×2	25×2
		35°	2 - 25×2	40×2	2 - 40×2	25×2	25×2	25×2
		45°	2 - 25×2	40×2	2 - 40×2	25×2	40×2	25×2
	40	15°	25×2	25×2	40×2	25×2	25×2	25×2
		25°	25×2	25×2	2 - 25×2	25×2	25×2	25×2
		35°	40×2	25×2	2 - 25×2	25×2	25×2	25×2
		45°	2 - 25×2	40×2	2 - 25×2	25×2	25×2	25×2
	50	15°	25×2	25×2	40×2	25×2	25×2	25×2
		25°	25×2	25×2	40×2	-	25×2	25×2
		35°	40×2	25×2	40×2	-	25×2	25×2
		45°	40×2	25×2	40×2	-	25×2	25×2

*) Inddeler tage i tre klasser efter tagdækningens vægt pr. m^2 tagflade. I stabilitetsmæssig henseende virker tagdækningens vægt til gunst, så klassebetegnelserne refererer til klassernes nedre vægtgrænser.

15: Tagdækninger med en vægt på mellem 15 og 40 kg/m^2 (inkl. underlag), fx tagpap på brædder eller plader, bølgeeternit eller eternitskifer på lægter.

40: Tagdækninger med en vægt på mellem 40 og 50 kg/m^2 (inkl. underlag), fx vingetegl på lægter med undertag.

50: Tagdækninger med en vægt på mindst 50 kg/m^2 (inkl. underlag), fx falstagsten på lægter.

Tabel 3. Dimensioneringstabel for sømforbindelsen lodrette hulbåndsankre/spær. Tabellen angiver antallet af kamsøm 40/40. En streg (-) betyder, at anker ikke er nødvendigt i den pågældende situation.

Beliggenheds-klasse	Tagets-vægt-klasse *)	Tag-vinkel	Antal kamsøm i ankerets forbindelse til tag					
			Type 1h	Type 1p	Type 2	Type 3	Type 4h	Type 4p
By	15	15°	3	3	4	3	2	2
		25°	4	4	5	-	2	-
		35°	4	4	5	-	3	2
		45°	6	4	6	-	4	2
	40	15°	-	-	-	-	-	-
		25°	2	-	-	-	-	-
		35°	3	2	-	-	-	-
		45°	4	2	-	-	2	-
	50	15°	-	-	-	-	-	-
		25°	-	-	-	-	-	-
		35°	2	-	-	-	-	-
		45°	3	-	-	-	-	-
Læ	15	15°	4	4	6	4	3	3
		25°	4	4	6	2	3	2
		35°	6	4	7	2	4	2
		45°	8	5	7	2	5	3
	40	15°	2	2	2	-	-	-
		25°	3	3	3	-	-	-
		35°	4	3	3	-	2	-
		45°	5	3	2	-	4	-
	50	15°	2	-	-	-	-	-
		25°	2	2	-	-	-	-
		35°	3	2	-	-	-	-
		45°	4	2	-	-	3	-

Tabellen fortsættes næste side.

Tabel 3, fortsat. Dimensioneringstabel for sømforbindelsen lodrette hulbåndsankre/spær. Tabellen angiver antallet af kamsøm 40/40. En streg (-) betyder, at anker ikke er nødvendigt i den pågældende situation.

Beliggenheds-klasse	Tagets-vægt-klasse *)	Tag-vinkel	Antal kamsøm i ankerets forbindelse til tag					
			Type 1h	Type 1p	Type 2	Type 3	Type 4h	Type 4p
Land	15	15°	6	5	10	7	4	4
		25°	7	6	11	4	4	3
		35°	8	7	12	4	4	3
		45°	11	8	12	4	6	4
	40	15°	4	4	6	4	3	2
		25°	4	4	6	-	2	-
		35°	6	4	7	-	3	2
		45°	8	5	7	-	4	2
	50	15°	4	3	4	2	2	2
		25°	4	4	5	-	-	-
		35°	5	4	5	-	2	-
		45°	7	4	4	-	4	-
	Hede	15	8	8	15	11	5	5
			10	9	16	7	4	4
			12	10	17	7	6	4
			15	11	18	7	9	5
		40	6	6	11	7	4	4
			7	7	12	3	3	3
			9	7	12	3	4	3
			12	8	12	3	7	4
	50	15°	5	5	9	5	4	3
		25°	6	6	10	-	3	2
		35°	8	6	10	-	4	2
		45°	11	7	10	-	6	3

*) Inddeler tage i tre klasser efter tagdækningens vægt pr. m² tagflade. I stabilitetsmæssig henseende virker tagdækningens vægt til gunst, så klassebetegnelserne refererer til klas-sernes nedre vægtgrænser.

15: Tagdækninger med en vægt på mellem 15 og 40 kg/m² (inkl. underlag), fx tagpap på hrædder eller plader, bølgeeternit eller eternitskifer på lægter.

40: Tagdækninger med en vægt på mellem 40 og 50 kg/m² (inkl. underlag), fx vingetegl på lægter med undertag.

50: Tagdækninger med en vægt på mindst 50 kg/m² (inkl. underlag), fx falstagsten på lægter.

Overførsel af vandrette kræfter fra loftskive til fundament

Vindlasten på tagkonstruktionen og på den øverste del af væggene, som jo støtter sig til taget, skal føres ned til husets fundament.

En konstruktiv standardløsning, som er uafhængig af husets indretning, og som automatisk sikrer, at vinden kan føres ned i alle tilfælde, vil enten blive uforholdsmæssig dyr, fordi den ikke udnytter de vægge, der faktisk er til stede, eller også vil den stille nogle stivhedsmæssige krav til udformning og placering af vægge, døre og vinduer, som formentlig ofte vil være vanskelige at acceptere i praksis.

I det følgende redegøres for en løsning, der baserer sig på, at den vandrette last via loftskiven overføres til de afstivende vægge, som fører lasten videre til fundamentet. Der er altså tale om den traditionelle metode, hvor de forhåndenværende konstruktionsdele udnyttes i videst muligt omfang. Men det er nødvendigt at undersøge, i hvilken udstrækning de forhåndenværende konstruktionsdele og samlinger kan klare opgaven, og hvor det er nødvendigt at udføre forankringer og forstærkninger.

Metoden består af følgende trin:

- Bestemmelse af den samlede vandrette last på loftskiven.
- Udvalgelse af de afstivende vægge.
- Fastsættelse af fordelingen af den vandrette last på de afstivende vægge.
- Dimensionering af loftskiven med pladebeklædning eller hulbånd. Emnet behandles kun perifert i denne anvisning.
- Udformning og dimensionering af de afstivende vægges forbindelse til loftskiven. Se nærmere herom i bilag B: »Afstivende vægges forskydningsbæreevne«.
- Udformning og dimensionering af de afstivende vægges forbindelser til fundamentet. Emnet behandles kun perifert i denne anvisning. Vedrørende glidningssikring må oplysning søges hos leverandøren.

Vandret last på loftskiven

For loftskiven og dens forbindelser til væggene er det på den sikre side at antage, at hele den vandrette vindlast på taget og halvdelen af vindlasten på ydervæggene skal føres ned i de afstivende vægge via loftskiven.

I praksis vil en del af lasten dog blive overført direkte fra ydervæggene til de afstivende vægge, uden om loftskiven. Det er derfor rimeligt at regne med en reduceret vandret last på loftskiven, fx svarende til den vandrette vindlast på taget alene, dog mindst svarende til halvdelen af vindlasten på ydervæggene. Denne reducerede vandrette last er givet i tabel 4.

Tabel 4. Vandret last på loftskiven. Huskroppens bredde er afstanden mellem facadernes ydersider. Kolonnerne med betegnelsen »Facade« angiver last pr. løbende m af facaden ved vind på tværs. Kolonnerne med betegnelsen »Gavl« angiver last pr løbende m af gavlen ved vind på langs.

Beliggenhedsklasse	Tagvinkel	Bredde (huskrop)							
		6 m		7 m		8 m		9 m	
		Facade kN/m	Gavl kN/m	Facade kN/m	Gavl kN/m	Facade kN/m	Gavl kN/m	Facade kN/m	Gavl kN/m
By	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	25°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
	30°	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
	35°	1,0	0,8	1,1	0,9	1,3	1,1	1,5	1,2
	40°	1,4	1,0	1,6	1,1	1,9	1,3	2,2	1,5
	45°	2,0	1,2	2,3	1,4	2,7	1,6	3,1	1,8
Læ	20°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0
	25°	0,8	0,9	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
	30°	1,1	1,0	1,2	1,2	1,4	1,3	1,6	1,5
	35°	1,5	1,2	1,7	1,4	2,0	1,6	2,3	1,8
	40°	2,1	1,5	2,4	1,7	2,8	2,0	3,2	2,2
	45°	2,9	1,8	3,4	2,1	3,9	2,4	4,5	2,7
Land	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	25°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
	30°	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4	1,3	1,6	1,5
	35°	1,5	1,2	1,7	1,4	2,0	1,6	2,3	1,8
	40°	2,1	1,5	2,4	1,7	2,8	2,0	3,2	2,2
	45°	2,9	1,8	3,4	2,1	3,9	2,4	4,5	2,7
Hede	20°	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	25°	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6
	30°	1,5	1,5	1,6	1,5	1,8	1,7	2,0	1,9
	35°	1,9	1,6	2,3	1,8	2,6	2,1	2,9	2,3
	40°	2,7	1,9	3,1	2,2	3,6	2,5	4,0	2,8
	45°	3,8	2,3	4,4	2,6	5,0	3,0	5,6	3,4

Afstivende vægge

Der regnes kun med to lastretninger (vindretninger), nemlig på tværs af huset og på langs ad huset. Svarende til de to vindretninger regnes med to sæt af afstivende vægge, nemlig tværvægge og længdevægge. Tværvægge er gavlbagvægge og skillevægge, der er parallelle med gavlene, mens længdevægge er facadebagvægge og skillevægge, der er parallelle med facaderne.

Normalt bør kun vægelter, der er mindst 1,5 m lange, medregnes som afstivende. I denne sammenhæng regnes en døråbning som en afbrydelse af væggen: en 2,9 m lang væg med en 0,9 m bred døråbning i midten består altså af to vægelter à 1 m og kan derfor ikke medregnes som afstivende. Vægelter mellem vinduer kan opfattes som ca. 1,5 m høje vægge, der er fast monteret på en gennemgående brystning, og de kan derfor være kortere, ned til 0,9 m.

For letbetonvægge er der en øvre grænse for væglængden: afstivende vægge må ikke regnes længere end 2 gange højden, det vil normalt sige 5 m. Denne regel skyldes risikoen for, at der opstår en lodret revne i væggen. En væg, der er længere end 5 m, kan forsynes med en lodret dilatationsfuge. Herved opdeles den i to veldefinerede afstivende vægge, som begge kan medregnes som afstivende, og som begge kan forankres lodret i enderne. Hvis væggen ikke forsynes med en dilatationsfuge, kan man ikke vide, hvor en eventuel revne kommer. Man må da regne med en uforankret væg på 5 m samt med en forankret eller uforankret restvæg, se figur 24.

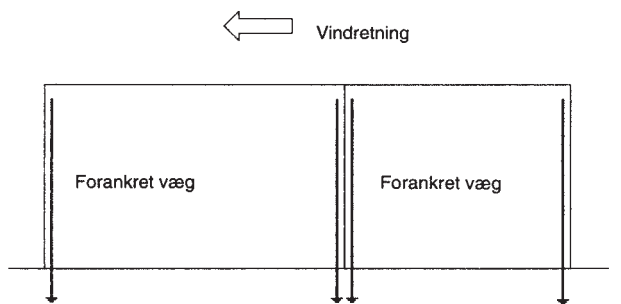
Udvælgelse af afstivende vægge

Der er forskellige opfattelser af den bedste strategi for udvælgelse af afstivende vægge. Nogle mener, at man bør udvælge et begrænset antal vægge som afstivende, og sørge for at de øvrige vægge ikke udsættes for vandret last i deres eget plan. Det vil sige at der skal udføres en fleksibel forbindelse mellem de ikke-afstivende vægge og loftkonstruktionen.

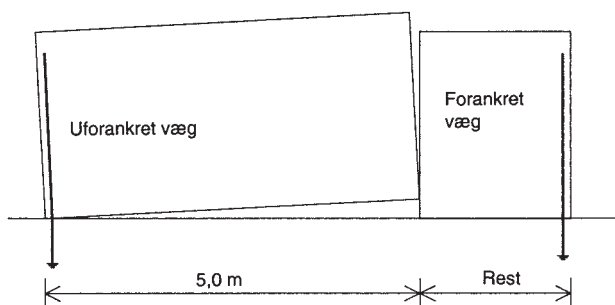
Andre mener, at lasten bør fordeles over så mange vægge som muligt, så de koncentrerede laster reduceres mest muligt, for derved at minimere loftskivens indre kræfter. Derudover anses en fleksibel forbindelse mellem vægge og loftkonstruktionen for vanskelig at gennemføre.

SBI har valgt at følge den sidstnævnte strategi i denne anvisning. Der bør derfor for vind på tværs af huset udvælges et antal afstivende vægge efter følgende retningslinier:

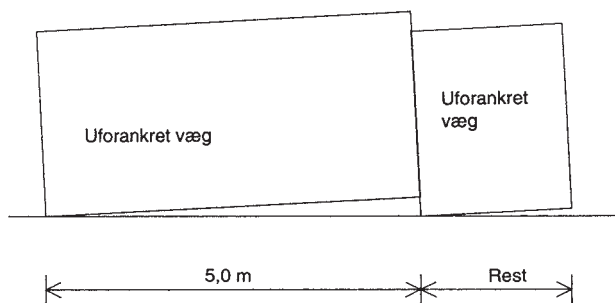
- Højest 6 m, målt i husets længderetning, mellem de afstivende vægge.
- En så ensartet fordeling som muligt af de afstivende vægges samlede forskydningsbæreevne over hele husets længde. Ofte har man i den ene ende af huset en stor stue, og i den anden ende en række værelser. Her vil man i værelses-



a. Forankret væg med dilatationsfuge



b. Forankret væg uden dilatationsfuge



c. Uforankret væg uden dilatationsfuge

Figur 24. I lange letbetonvægge med dilatationsfuge kan begge vægdele forankres. Hvis der ingen dilatationsfuge er, kendes revnens placering ikke.

enden måske kun medtage de længste og mest regulære vægge, mens man i stueenden måske vil medtage alle vægge, der er længere end 1,5 m.

For vind på langs ad huset vil man som regel udvælge et antal facadevægge fra hver af husets to facader, samt en indvendig længdevæg eller et antal indvendige længdevægge, som står i forlængelse af hinanden.

Fordeling af den vandrette last på de afstivende vægge

Den samlede lasts fordeling på de afstivende vægge styres af stivhedsforholdene, herunder loftskivens stivhed og stivhederne af forbindelserne mellem loftskive og vægge. I praksis er det en meget vanskelig opgave at beregne lastfordelingen, og resultatet ville formentlig være behæftet med stor usikkerhed. I stedet vælges en lastfordeling, og det sikres, at hver enkelt væg kan optage den tildelte last. Denne fremgangsmåde er tilladelig, fordi forbindelserne mellem loftkonstruktion og vægge som regel er ret plastiske, det vil sige at de kan tåle ret store deformationer uden at gå i stykker.

Skønnet lastfordeling

Fremgangsmåden består i, at man skønner en lastfordeling, undersøger om væggene kan optage disse laster, forstærker visse vægge og forbindelser, skønner en ændret lastfordeling osv., indtil den samlede last kan optages. Der kan derfor ikke gives en håndfast vejledning, men fremgangsmåden kan illustreres ved et eksempel, se kapitlet: »Eksempel på dimensionering af det afstivende vægssystem«.

Forankringsklasser

Som baggrund for at skønne lastfordelingen, må man vide, hvilken forskydningsbæreevne de enkelte vægge har. Oplysning om dette fås i bilag B: »Afstivende vægges forskydningsbæreevne«, hvor der er angivet de vandrette forskydningsbæreevner af vægge af forskellige materialer og dimensioner samt med forskellige forbindelser til omgivelserne, udtrykt gennem såkaldte forankringsklasser.

For afstivende vægge af letbeton er der fire forankringsklasser: Klasse P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring. Klasse M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring. Klasse G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring. Klasse F = Fuldt forankret væg. Både lodret forankring og glidningssikring.

Alt efter hvilken last den enkelte væg tildeles, skal den udføres inden for én af disse klasser. I den aktuelle situation er normalt kun tre forankringsklasser relevante, nemlig F, G og enten P eller M.

Resultanten

Når man skønner en lastfordeling, skal man være opmærksom på, at resultanten af lasterne på de vægge, der har samme retning som vinden, skal ligge i nærheden af husets midte. Resultanten behøver ikke at ligge præcis i husets midte, da der også kan overføres kræfter til de afstivende vægge, der er vinkelret på vindretningen.

Opdeling af huset i tre sektioner

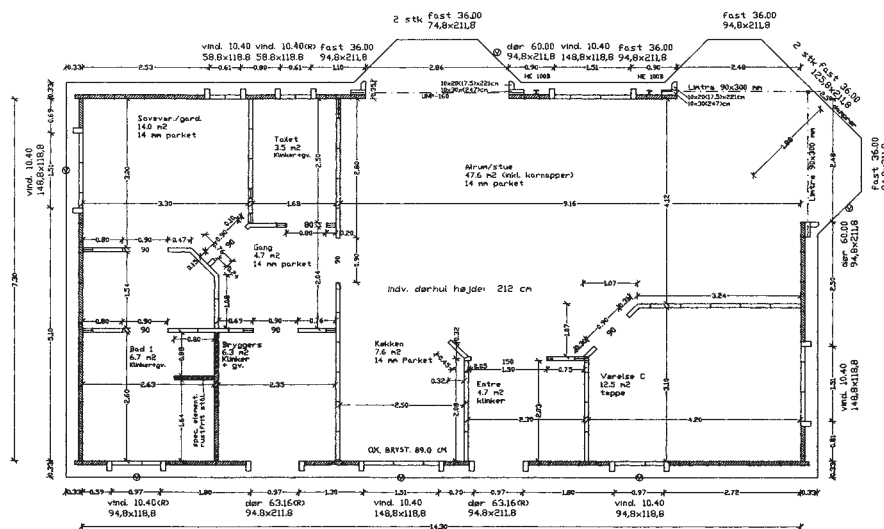
En passende fordeling kan fx sikres ved at opdele huset i tre lige store sektioner: venstre, midt og højre. Gruppen midt omfatter de vægge, der ligger i husets midterste tredjedel, mens grupperne venstre og højre omfatter de øvrige vægge, i hver sin side eller ende af huset. Lastfordelingen vælges så vidt muligt således, at der optages en tredjedel af den samlede last i hver af de tre sektioner, se næste kapitel: »Eksempel på dimensionering af det afstivende vægssystem«.

Eksempel på dimensionering af det afstivende vægssystem

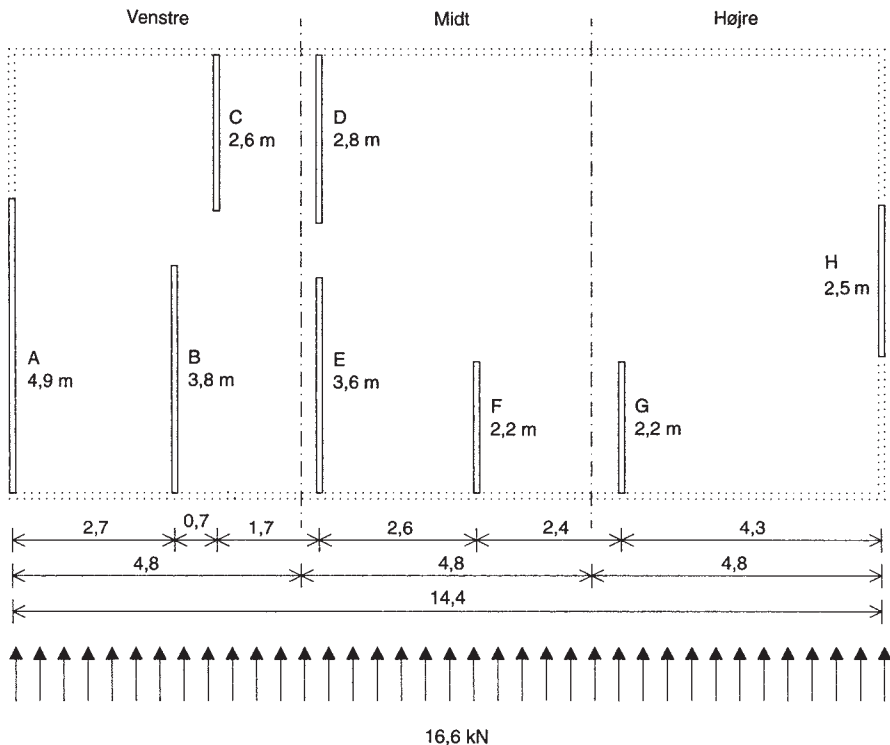
Eksemplet vedrører det afstivende vægssystem for vind på tværs i et typehus, hvis grundplan er gengivet i formindsket størrelse i figur 25. Husets bagvægge og indvendige vægge er af porebetonelementer. For at kunne angive retninger i forhold til huset på en nem måde, antages det, at nord er opad på figur 25 (selv om man nok i praksis ville prøve at undgå at vende havefacaden mod nord).

En plan over de afstivende tværvægge er vist på figur 26. Huset ligger i beliggenhedsklassen »By«, og den samlede last på loftskiven ved vind på tværs er 16,6 kN. Arkitekten har foreslået en vægtykkelse overalt på 75 mm, men vægtykkelsen kan forøges, hvor det måtte vise sig nødvendigt.

Alle vægge forudsættes opstillet på pap. Forbindelserne mellem loftskiven og de afstivende vægges oversider forudsættes udført med 5 søm $3,8 \times 100$ mm pr. m. Den regningsmæssige forskydningsbæreevne forudsættes at være 0,3 kN/søm, så samlingens regningsmæssige forskydningsbæreevne er $v_t = 1,5$ kN/m.



Figur 25. Grundplan for eksemplets typehus.



Figur 26. Afstivende vægge for vind på tværs. Væggene er opdelt i tre sektioner: venstre, midt og højre. Den samlede vandrette last er 16,6 kN.

Dimensionering ved hjælp af et skema

Dimensioneringen foregår lettest ved hjælp af et skema, hvis udfyldning er vist i to faser. Figur 27a viser første fase, og figur 27b viser anden fase. Et udfyldt skema er gengivet i bilag C. Væggene betegnes (bogstaverne A-H) og længder refererer til figur 26. Huset er opdelt i tre lige lange sektioner: venstre, midt og højre, se figur 26. Forskydningsbæreevnerne for forankringsklasserne P og G er bestemt ud fra tabel B1, i bilag B, mens forskydningsbæreevnen for forankringsklasse F er bestemt som $v_t \cdot L$, det vil sige 1,5 kN/m gange væglængden, jf. side 59-60.

I første fase er i kolonnen »Valgt lastandel« markeret, at den samlede last på 16,6 kN så vidt muligt ønskes fordelt med en tredjedel på hver af de tre sektioner. Dette er begrundet i et ønske om at minimere loftskivens indre kræfter.

Dimensioneringsskema for afstivende letbetonvægge

Væg og sektion	Længde m	Tykkelse mm	Forskydningsbæreevne (kN) for forankringsklasse *)			Valgt lastandel kN	Nødvendigt sømantal	Maks. sømafstand mm
			P	G	F			
<i>A</i>	<i>4,9</i>	<i>75</i>	<i>2,0</i>	<i>4,8</i>	<i>7,3</i>			
<i>B</i>	<i>3,8</i>	<i>75</i>	<i>1,5</i>	<i>2,9</i>	<i>5,7</i>			
<i>C</i>	<i>2,6</i>	<i>75</i>	<i>1,1</i>	<i>1,3</i>	<i>3,9</i>			
<i>Venstre</i>	<i>11,3</i>		<i>4,6</i>	<i>9,0</i>	<i>16,9</i>	<i>5,5</i>		
<i>D</i>	<i>2,8</i>	<i>75</i>	<i>1,1</i>	<i>1,6</i>	<i>4,2</i>			
<i>E</i>	<i>3,6</i>	<i>75</i>	<i>1,5</i>	<i>2,6</i>	<i>5,4</i>			
<i>F</i>	<i>2,2</i>	<i>75</i>	<i>0,9</i>	<i>1,0</i>	<i>3,3</i>			
<i>Midt</i>	<i>8,6</i>		<i>3,5</i>	<i>5,2</i>	<i>12,9</i>	<i>5,6</i>		
<i>G</i>	<i>2,2</i>	<i>75</i>	<i>0,9</i>	<i>1,0</i>	<i>3,3</i>			
<i>H</i>	<i>2,5</i>	<i>75</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>3,7</i>			
<i>Højre</i>	<i>4,7</i>		<i>1,9</i>	<i>2,2</i>	<i>7,0</i>	<i>5,5</i>		
<i>I alt</i>						<i>16,6</i>		

*) Forankringsklasser:

- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.
F = Fuldt forankret væg. Både lodret forankring og glidningssikring.

Figur 27a. Dimensioneringsskema for de afstivende vægge, første fase.

Dimensioneringsskema for afstivende letbetonvægge

Væg og sektion	Længde m	Tykkelse mm	Forskydningsbæreevne (kN) for forankringsklasse *)			Valgt lastandel kN	Nødvendigt sømantal 2,3 kN/sørm	Maks. sømafstand mm
			P	G	F			
A	4,9	75	2,0 ✓	4,8	7,3	2,0	7	700
B	3,8	75	1,5	2,9 ✓	5,7	2,4	8	475
C	2,6	75	1,1 ✓	1,3	3,9	1,1	4	650
Venstre	11,3		4,6	9,0	16,9	5,5		
						S/N		
D	2,8	75	1,1	1,6 ✓	4,2 ✓	1,6/2,4	8	350
E	3,6	75	1,5	2,6 ✓	5,4 ✓	3,4/2,6	12	300
F	2,2	75 100	0,9 1,2	1,0 1,3	3,3	1,2	4	550
Midt	8,6		3,5 3,8	5,2 5,5	12,9	5,6 6,2		
G	2,2	75 100	0,9 1,2	1,0 1,3	3,3	1,2	4	550
H	2,5	75	1,0	1,2	3,7 ✓	3,7	12	208
Højre	4,7		1,0 2,2	2,2 2,5	7,0	5,5 4,9		
I alt						16,6		

*) Forankringsklasser:

- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.
F = Fuldt forankret væg. Både lodret forankring og glidningssikring.

Figur 27b. Dimensioneringsskema for de afstivende vægge, anden fase.

I anden fase skal vælges forankringsklasse og tykkelse for hver væg, så der kan optages 5,5 kN i hver af husets tre sektioner. I denne fase af skemaudfyldningen er valgene markeret ved afkrydsning, og kolonnen »Valgt lastandel« er udfyldt med tal, der er mindre end eller lig med de valgte forskydningsbæreevner, og således at summen nogenlunde passer for hver sektion, og i hvert fald passer for hele huset. For væggene D og E er i stedet for afkrydsning anvendt en markering med »S« (for vind fra syd) og »N« (for vind fra nord), fordi det afstivende system er valgt forskelligt for disse to retninger, se nærmere nedenfor.

Venstre sektion

I venstre sektion har væggene en samlet forskydningsbæreevne på 4,6 kN, hvis de alle er uforankrede. Det er tilstrækkeligt at glidningssikre én af de lange vægge, A eller B, for at komme op på en samlet forskydningsbæreevne på 5,5 kN. Her er valgt væg B, fordi det vurderes at give en bedre lastfordeling i loft-skiven, end hvis væg A var blevet valgt.

Højre sektion

I højre sektion er der problemer, fordi væggene er få og korte. Hvis højre sektion skal optage 5,5 kN, skal både væggene G og H forankres fuldt. Da det også kan blæse fra nord, er det nødvendigt med et lodret anker i nordenden af væg G. Men det vil være svært at placere et anker her på tilfredsstillende måde, fordi der ikke er hulrum, og fordi det ikke må kunne ses på overfladen af væggen. Derfor er det valgt at forsyne kun væg H med glidningssikring og med et lodret anker i hver ende. Herved er væg H i forankringsklasse F. De lodrette ankre kan placeres i ydervæggens hulrum, mellem bagvæg og isolering. Vægtykkelsen for væg G forøges til 100 mm, hvorved forskydningsbæreevnen i klasse P forøges med 0,3 kN. Glidningssikring af væg G vil kun forøge dens forskydningsbæreevne med 0,1 kN, så det skønnes ikke at være umagen værd.

Der er nu en samlet forskydningsbæreevne for højre sektion på 4,9 kN, altså godt 10 % mindre end tilstræbt, hvilket skønnes at være acceptabelt.

Midterste sektion

For at nå op på den samlede sum, 16,6 kN, må midtersektionens andel forøges til 6,2 kN. For at opnå denne forskydningsbæreevne er det valgt at forøge vægtykkelsen for væg F til 100 mm. Som ved væg G opnås kun en ubetydelig forøgelse af stabiliteten ved at udføre glidningssikring, så det er undladt. Væg F kan således optage 1,2 kN, hvorved der overlades 5,0 kN til væggene D og E. Denne last kunne klares ved at udføre begge væggene i 100 mm tykkelse med glidningssikring, men da lodret forankring af væg D's nordende og væg E's sydende er

nem og billig at gennemføre, ved en forstærket udførelse af tagforankringen, er det valgt at bibeholde vægtykkelsen på 75 mm og at forsyne begge vægge med glidningssikring samt ekstra tagforankringer nær disse to vægge. Ved vind fra syd regnes væg E fuldt forankret og væg D glidningssikret, og ved vind fra nord regnes væg D fuldt forankret og væg E glidningssikret.

Sømantal og -afstand

Nu er lastandelen for hver enkelt væg valgt, og det nødvendige sømantal kan beregnes ved division af lastandelen med 0,3 kN. Herefter kan den maksimale sømafastand for hver væg beregnes. I praksis må disse sømafastande naturligvis forenkles; man kunne for eksempel foreskrive en sømafastand på 200 mm i væg H, 300 mm i væggene D og E, og 400 mm i de øvrige vægge.

Sammenfatning

I eksemplet er det vist, at med et hus i beliggenhedsklassen »By«, kan kravene om stabilitet opfyldes ved at forøge vægtykkelsen til 100 mm for to korte vægge (F og G), at glidningssikre fire af væggene (B, D, E og H), at montere lodrette ankre i begge ender af væg H, og at forstærke tagforankringen ud for væggene D og E.

Ved mere udsat beliggenhed kunne en yderligere forøgelse af vægtykkelserne være et af midlerne til at opnå den nødvendige forskydningsbæreevne.

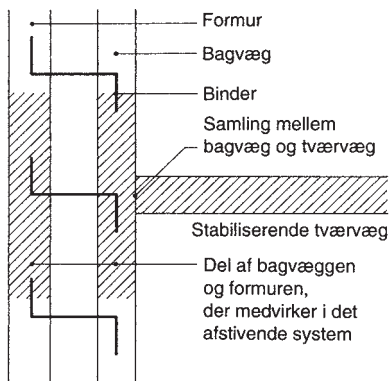
Ved dimensionering af det afstivende vægssystem for vind på langs, benyttes samme fremgangsmåde, som vist i dette eksempel.

Yderligere bidrag til optagelse af den vandrette last

I eksemplet – som i anvisningen i øvrigt – er en række bidrag til optagelsen af den vandrette last ikke taget i regning. Nogle af disse omtales kort i det følgende. Hvis der er problemer med at eftervise, at de afstivende vægges bæreevne er tilstrækkelig, kan man tage nogle af disse bidrag i regning. Dette kræver dog statiske beregninger, baseret på det konkrete projekt, og i denne situation er det næppe forsvarligt at reducere den vandrette last på loftskiven så meget, som det er gjort i forbindelse med tabel 4.

Egenlasten af et stykke af bagvæggen vinkelret på en afstivende tværvæg og den lodrette last fra en del af tagkonstruktionen (egenlast minus vindsug) kan medvirke til lodret forankring af tværvæggen. Dette forudsætter, at samlingen mellem bagvæg og tværvæg har tilstrækkelig forskydningsstyrke i lodret retning. Hvor stort et stykke af bagvæggen der kan udnyttes, afhænger af den aktuelle udformning. Se figur 28.

Lasten fra bagvæg og tagkonstruktion kan også, sammen med egenlasten af



Figur 28. Bagvæggen ud for en afstivende tværvæg vil ofte medvirke ved overførslen af lasten fra loftskiven til fundamentet. Endvidere kan formurens egenlast reducere behovet for glidningssikring af tværvæggen. De virksomme dele af bagvæg og formur er antydnet ved skravering. Den nærmere bestemmelse må baseres på statiske beregninger på baggrund af det konkrete projekt.

et stykke af formuren, ved friktion bidrage til overførslen af den vandrette last til fundamentoversiden og dermed reducere behovet for glidningssikring. Dette forudsætter, at trækstyrken af samlingen mellem bagvæg og tværvæg er tilstrækkelig, og at binderne kan optage de nødvendige træk- og trykkræfter.

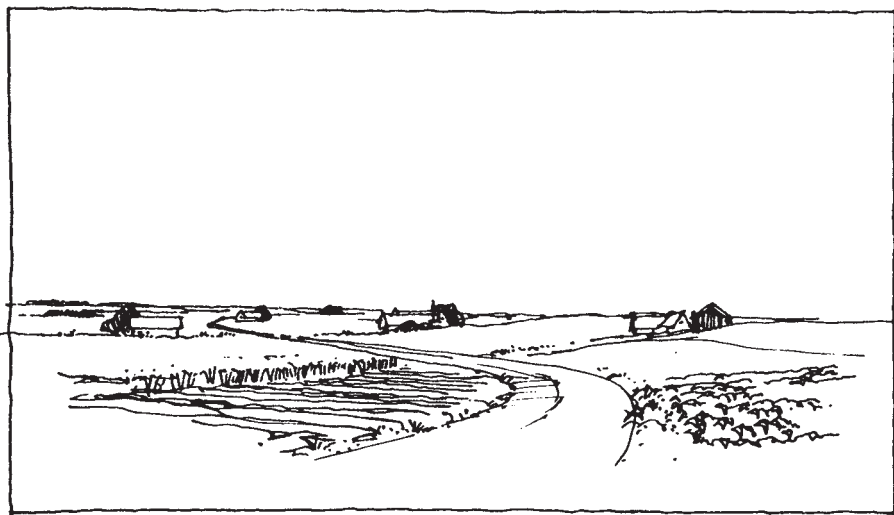
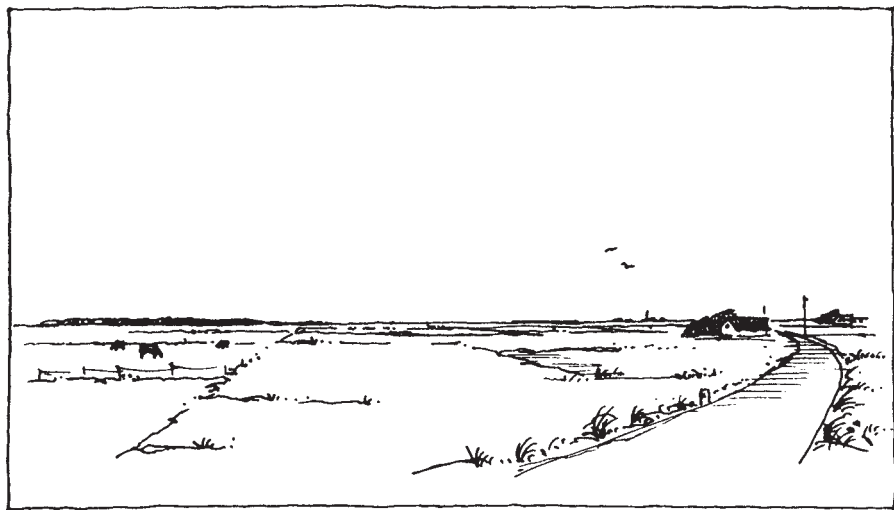
Endelig kan en del af den last, der skal overføres fra loftskiven til en afstivende tværvæg, som støder op til en facadebagvæg, overføres via remmen til bagvæggen og derfra videre til den afstivende tværvæg. Herved kan der overføres en større last til den afstivende tværvæg, end den last den direkte forbindelse mellem loftskiven og tværvæggen overside kan overføre. Dette forudsætter, at stivheden af bagvæggen over for bøjning om tværvæggen lodrette kant er stor i forhold til stivheden af loftskiven og den direkte forbindelse mellem loftskiven og de afstivende vægge.

Bilag A. Terrænklasser og ruhedsparmetre

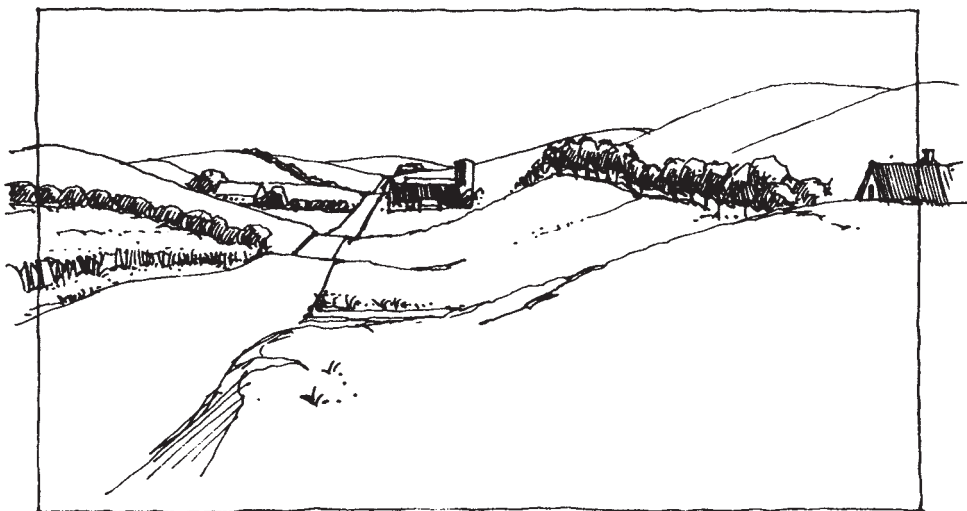
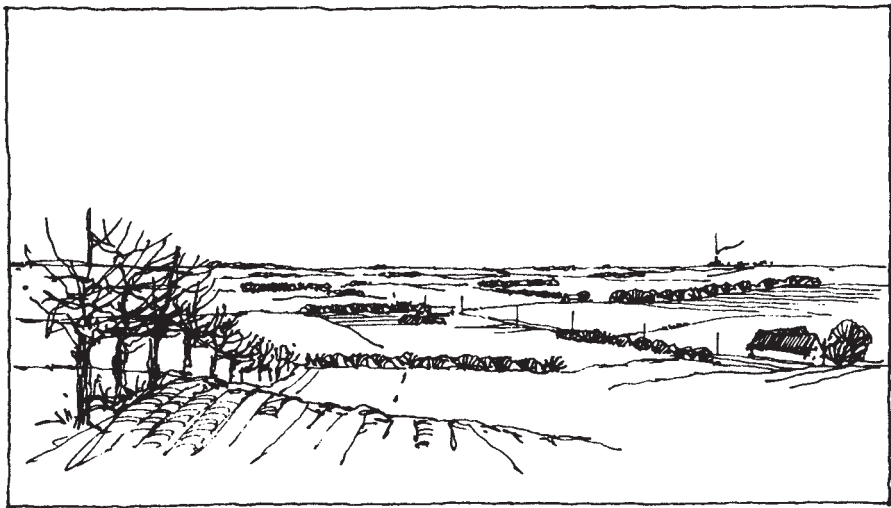
I dette bilag angives mere detaljeret, hvordan vindlasten på et hus afhænger af husets beliggenhed, højde og form. Dette ses i forhold til, hvilken type terræn huset ligger i (terrænklasse), og hvor meget beplantning og lævirkning, der er i terrænet (ruhedsparmetre).

Husets beliggenhed

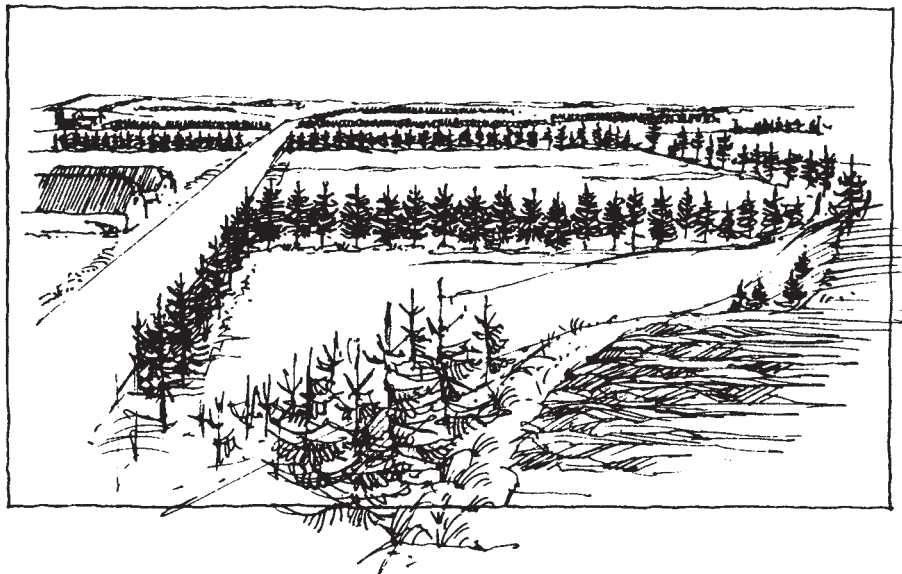
Vindhastigheden afhænger af terrænets ruhed. Det vil sige at vindhastigheden er størst over et terræn med lille ruhed, mens den er mindre over et terræn med stor ruhed. Terrænets ruhed udtrykkes ved en såkaldt ruhedsparmetre z_0 , der er mindst for »glat« terræn og størst for bymæssig bebyggelse. I Dansk Ingeniørfor- enings norm for last på konstruktioner, DS 410, opereres med tre repræsentative terrænklasser og tilhørende ruhedsparmetre. De kaldes henholdsvis *hedeslette* (herunder åbent vand), 0,01 m, *landbrugsland* (med læhegn, haver og spredt be- byggelse), 0,05 m og *bymæssig bebyggelse* (eller skov), 0,3 m. Vindhastigheden er således størst på en hedeslette eller i nærheden af åbent vand. Vindhastigheden er mindre i landbrugsland, hvor der er nogen beskyttelse af beplantninger, og vindhastigheden er mindst i bymæssig bebyggelse.



Figur A1. Eksempler på terrænklasse hedeslette, der er karakteriseret ved lav beplantning og kun få, spredte forhindringer: Ruhedsparameter, $z_0 = 0,01$ m. Figuren er udført af arkitekt Søren Rasmussen og findes i »Vindatlas for Danmark«.



Figur A2. Eksempler på terrænklasse landbrugs/and, der er karakteriseret ved flere hegn og spredte forhindringer; men uden sammenbængende læbælter: Ruhedsparemeter, $z_0 = 0,05$ m. Figuren er udført af arkitekt Søren Rasmussen og findes i »Vindatlas for Danmark«.



Figur A3. Eksempel på terrænklasse, hvor mange tætstående træækker medfører, at ruheden kan sammenlignes med bymæssig bebyggelse, med en ruhedsparameter $z_0 = 0,3$ m. Figuren er udført af arkitekt Søren Rasmussen og findes i »Vindatlas for Danmark«.

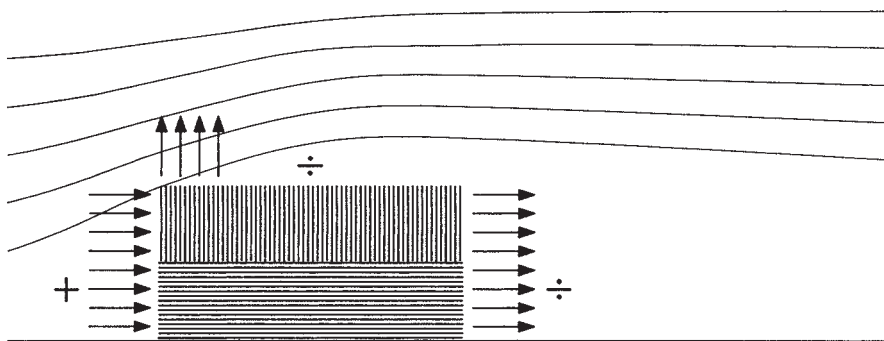
Husets højde

Vindhastigheden vokser med højden over terrænet. Vindlasten på et hus antages at afhænge af vindens hastighed i toppen af huset. Den vindhastighed, der således er knyttet til husets højde, bestemt som afstanden fra terræn til tagkappen, anvendes ved vurderingen af alle de vindlaste, der virker på huset.

Husets form

Når vinden rammer et hus, vil den blive tvunget uden om og op over huset. Herved vil der på husets ydersider opstå områder med enten overtryk eller undertryk. Disse over- eller undertryk virker altid vinkelret på den pågældende flade. I vindsiden virker vinden som et overtryk, der påvirker huset med en indadrettet trykkraft, medens vinden på de øvrige flader virker som et undertryk, der påvirker huset med en udadrettet sugkraft.

Når vindretningen er parallel med husets længderetning, vil der altid opstå undertryk og dermed sugkræfter på tagfladerne, og de største sugkræfter findes i nærheden af den gavl, som vender mod vinden, se figur A4. Ligeledes kan der

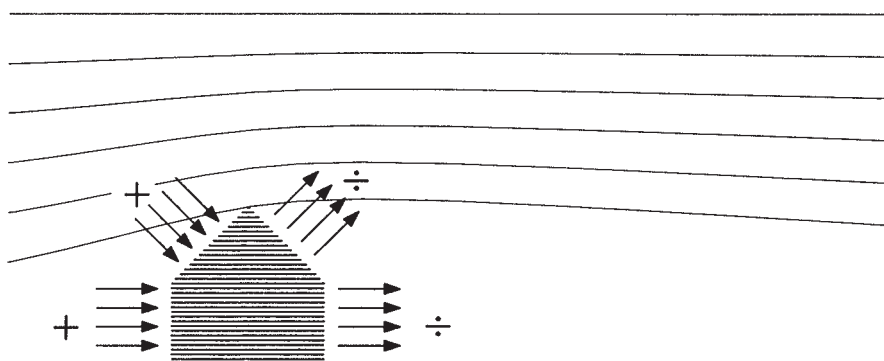


Figur A4. Når vindretningen er parallel med husets længderetning, vil der altid opstå sugkræfter på tagfladerne, og de største sugkræfter findes i nærheden af den gavl, som vender mod vinden.

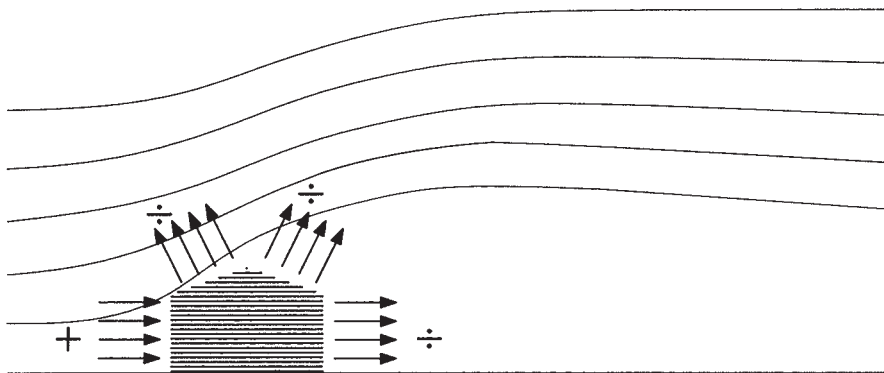
optræde en tangentiell vindlast i tagfladen. Det er en last, der har samme retning som vinden, og som er afhængig af tagfladens ruhed.

På tage med tagudhæng vil der, uanset tagets udformning, altid være opadrettede kræfter under tagudhængen i vindsiden. Disse opadrettede kræfter skal lægges til de vindkræfter, som virker på tagoverfladen.

Når et sadeltag har en hældning på mellem 20° og 30°, kan der på tagfladen i vindsiden optræde såvel trykkræfter som sugkræfter, mens der på tagfladen i læsiden altid vil være sugkræfter, se figurerne A5 og A6.

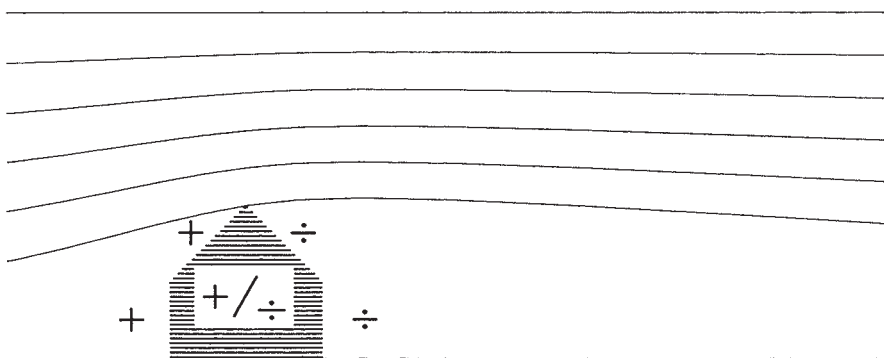


Figur A5. Vindlasten på tværs af taget afhænger af tagets form. På et sadeltag med en hældning på mere end 30° vil der være overtryk, og dermed trykkræfter på tagfladen i vindsiden, mens der vil være undertryk, og dermed sugkræfter på tagfladen, i læsiden.



Figur A6. På et sadeltag med en hældning på mindre end 20° vil der være undertryk, og dermed sugkræfter, på hele tagfladen.

Da huse aldrig er helt tætte - der vil altid være utætheder ved vinduer og døre - vil de udvendige trykforhold påvirke trykket i husets rum. Den facade, der har de største utætheder vil være afgørende for, om der er indvendigt overtryk eller indvendigt undertryk. Ved dimensioneringen af de enkelte vægge - men ikke ved stabilitetsberegninger - skal der tages hensyn til disse indvendige over- og undertryk, se figur A7.



Figur A7. Utætheder ved vinduer og døre medfører, at der altid skal regnes med indvendige over- eller undertryk.

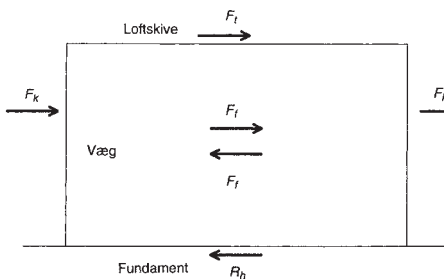
Bilag B. Afstivende vægges forskydningsbæreevne

I dette bilag er angivet den vandrette forskydningsbæreevne af tre vægtyper, opbygget af forskelligt materiale: porebetonelementer, letklinkerbeton og træ-eller stålskeletvægge med pladebeklædning.

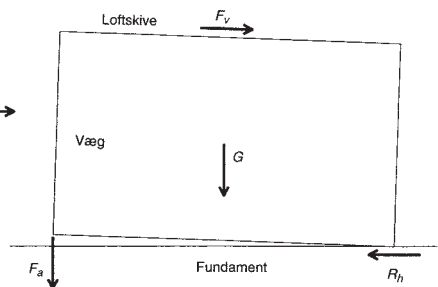
En vægs forskydningsbæreevne er den vandrette kraft, i væggen længderetning, langs oversiden, som væggen kan optage og aflevere til sin understøtning. Understøtningen er for etplanshuses vedkommende fundamentet eller kælderdæk/kældervægge. Der er kun angivet forskydningsbæreevnen af plane vægge, idet der er set bort fra de stabiliserende bidrag fra eventuelle flankerende vægge på tværs af den aktuelle væg.

En vægs forskydningsbæreevne er den mindste af følgende kræfter, jf. figurerne B1 og B2:

- Den kraft F_p , der kan overføres til væggen overside gennem forbindelsen til loftskiven, plus de kræfter F_k , der overføres til væggen lodrette kanter gennem forbindelserne til de flankerende vægge. Forskydningsbæreevnerne i dette bilag forudsætter, at hele lasten overføres til den afstivende væg gennem oversiden som F_i .
- Selve væggen forskydningsstyrke F_f .
- Den kraft R_h , der kan overføres fra væggen bund til dens understøtning (fundamentet) ved hjælp af friktion, kohæsion og/eller mekanisk fastgørelse.
- Den kraft F_v , der får væggen til at vippe.



Figur B1. Afstivende væg med vandret last og vandrette stabiliserende kræfter.



Figur B2. Afstivende vægs vipningsmodstand. De stabiliserende kræfter er egenlasten G og en eventuel lodret forankringsbæreevne F_a .

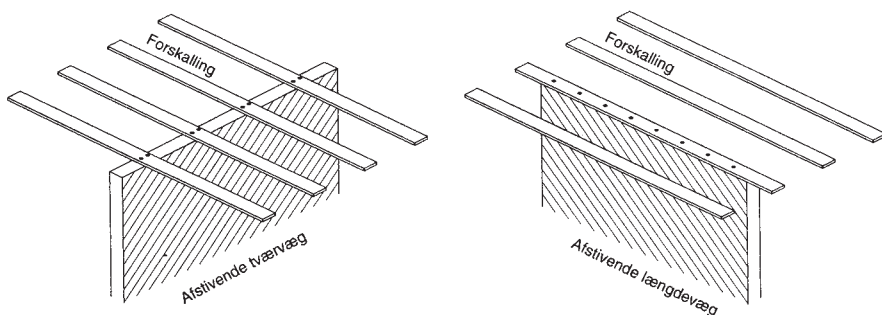
Væggens forskydningsbæreevne er således ikke kun en egenskab ved vægmaterialet og væggens dimensioner, men afhænger også af væggens forbindelser til omgivelserne. Ofte er det endda disse forbindelsers bæreevner, der er afgørende. Se det følgende afsnit »Forbindelse mellem loftskive og afstivende vægge«.

Stabilisering af væggen mod vipning opnås i første række ved egenvægten af den aktuelle væg samt eventuelt af andre bygningsdele, såsom flankerende vægge og ovenliggende bygningsdele. Ofte kan tagets egenvægt dog ikke udnyttes, idet suget på taget mere end udligner tagets egenvægt. Flankerende vægge ses der, som nævnt, bort fra i dette bilag. Når den aktuelle vægs egenvægt ikke yder tilstrækkelig modstand mod vipning, må der udføres en mekanisk forankring til fundamentet. Denne forankring kan fx udføres med et anker af hulbånd, som indstøbes i fundamentet og fastgøres i væggens lodrette kant eller til tagkonstruktionen.

Forbindelse mellem loftskive og afstivende vægge

Forbindelsen mellem spærfodder og afstivende vægge går via loftskiven. Loftskivens nederste lag er ofte et lag forskallingsbrædder, som er sømmet fast til undersiden af spærene. Forbindelsen mellem væg og loftskive udføres derfor ved at sømme, skrue eller på anden måde fastgøre forskallingsbrædder til væggens overside som vist på figur B3.

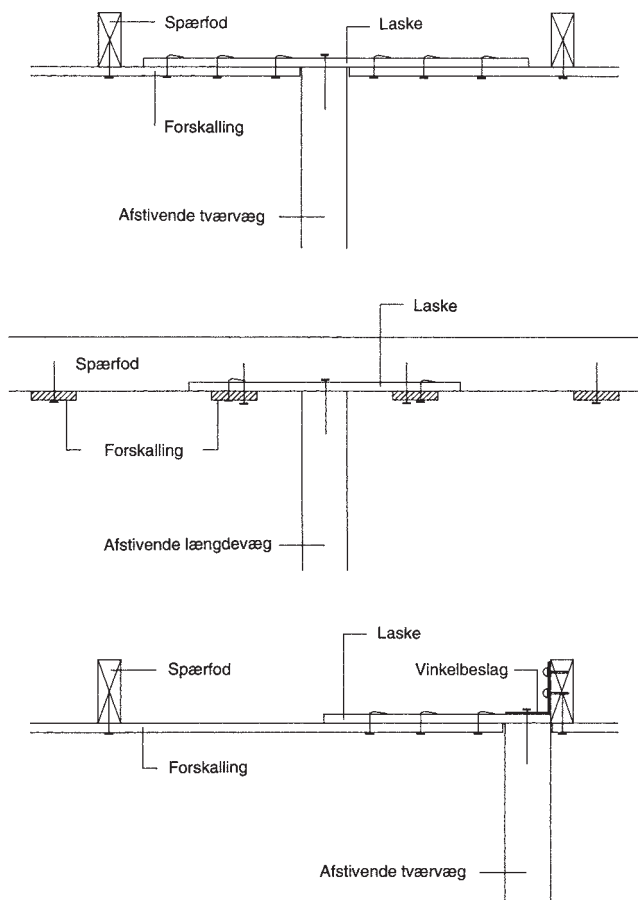
Hvis de indvendige vægge opstilles efter, at tagspærene er lagt op, forskallingsbrædderne er sat op, og eventuelle hulbåndsdiagonaler monteret, kan væggene stødes op mod forskallingen, hvorefter man kan sømme ned i oversiden af væggen gennem forskallingen. Kun hvor en tværvæg er placeret direkte under et spær, kan det være vanskeligt at komme til at sømme ned i væggen. Her er det dog en fordel, at moderne spær er så smalle. Denne montererækkefølge vælges



Figur B3. Forbindelser mellem afstivende vægge og loftskivens forskallingsbrædder: Af hensyn til overskueligheden er spærene ikke vist.

ofte i forbindelse med vægge af porebetonelementer og skeletvægge, der opbygges på stedet, men aldrig i forbindelse med letklinkerbetonvægge, som skal monteres med kran, og formentlig sjældent i forbindelse med præfabrikerede skeletvægge, som ikke skal understoppes.

Hvis de indvendige vægge opstilles inden tagspærene lægges op, skal forskallingsbrædderne presses ind mellem spærfødder og vægoversider. Det vil da være nærliggende at skære forskallingsbrædderne til, så hvert bræt kun spænder over ét rum. Men da forskallingsbrædderne er en del af loftskiven, og derfor skal danne et sammenhængende system, er en løsning med laskeforbindelser vist på figur B4, hvor det forudsættes, at væggenes oversider flugter med spærenes undersider.



Figur B4. Forbindelser mellem afstivende vægge og loftskiven, når væggenes oversider flugter med spærenes undersider.

Vægge af porebetonelementer

Vægge af porebetonelementer er forholdsvis lette; middeldensiteten af de etage-høje vægelementer, der for tiden (1995) leveres, er ca. 645 kg/m^3 , og vægtykkelsen er ofte 75 eller 100 mm, hvilket giver en middelværdi for væggens egenvægt på $48\text{--}65 \text{ kg/m}^2$.

Forbindelsen mellem loftskive og væggens overside kan udføres ved sømning ned i væggens overside, og hvis sømningen udføres rigtigt, er forbindelsen pålidelig og fleksibel. Man bør undlade det sidste slag med hammeren, som for-sænker sømhovedet i brættet, fordi det kan få de allerede islagne søm til at løsne sig. En forholdsvis kraftig forbindelse fås med 5 søm $3,8 \times 100 \text{ mm}$ pr. m, altså med en sømafstand på 200 mm. Denne forbindelse har en regningsmæssig forskydningsbæreevne v_t på mindst $1,5 \text{ kN/m}$. Hele forbindelsens regningsmæssige forskydningsbæreevne er $F_t = v_t \cdot L$, hvor L er væggens længde. Med tættere sømning, større søm eller skruer i plastdybler kan større bæreevner opnås; kontakt eventuelt leverandøren for at få oplyst resultaterne af de nyeste undersøgelser.

Hvis væggen er af Gasbeton, og hvis den er udført og behandlet efter leverandørens anvisninger, kan man regne med, at væggens regningsmæssige indre forskydningsstyrke er 40 kN/m^2 , det vil sige $F_f = 40 \text{ kN/m}^2 \cdot t \cdot L$, hvor t er væg-gens tykkelse. Dette svarer til $v_f = 3 \text{ kN/m}$ for en 75 mm tyk væg og $v_f = 4 \text{ kN/m}$ for en 100 mm tyk væg. Se eventuelt nærmere herom i SBI-rapport 144: »Vind-afstivende vægge af letbetonelementer«.

Da v , normalt er mindre end v_f , er det normalt loftskiveforbindelsens forskydningsbæreevne, og ikke væggens indre styrke, der giver en øvre grænse for væg-gens forskydningsbæreevne. Væggen forskydningsbæreevne afhænger i øvrigt af forankringsklassen.

Forankringsklasser for vægge af porebetonelementer

Der regnes med fire forskellige forankringsklasser: P, M, G og F, hvortil svarer fire forskellige forskydningsbæreevner R_P , R_M , R_G og R_F .

Klasse P: Uforankret væg, opstillet på murpap eller lignende. Væggen sta-biliseres af sin egenvægt. Leverandøren af Gasbeton deklarerer en karakteristisk friktionskoefficient på 0,9, dokumenteret gennem forsøg, og anviser en regningsmæssig friktionskoefficient på 0,4.

Klasse M: Uforankret væg, opstillet på mørtel- eller limfuge. Væggen stabi-liseres af sin egenvægt. Da der ikke er udført glidningsforsøg med klasse M-vægge, forudsættes en regningsmæssig friktionskoefficient på 0,2 og en regningsmæssig kohæsion på $0,06 \text{ MPa}$, som angivet i

Dansk Ingeniørforenings norm for letbetonkonstruktioner af letbetonelementer, DS 420.

Klasse G: Væg med glidningssikring, det vil sige at væggen glidning over fundamentet er hindret, fx gennem beslag der er fastgjort i fundamentet. Den mekaniske glidningssikring skal mindst kunne optage kraften $R_G - R_p$, altså forskellen mellem forskydningsbæreevnerne af den pågældende klasse G-væg og den tilsvarende klasse P-væg.

Klasse F: Fuldt forankret væg, forsynet med både glidningssikring og lodret anker. Forskydningsbæreevnen bestemmes af formlen

$$R_F = v \cdot L$$

hvor v er den mindste af værdierne v_t og v_f se ovenfor, og L er væggen længde.

Det forudsættes, at både lodret anker og glidningssikring har tilstrækkelig bæreevne:

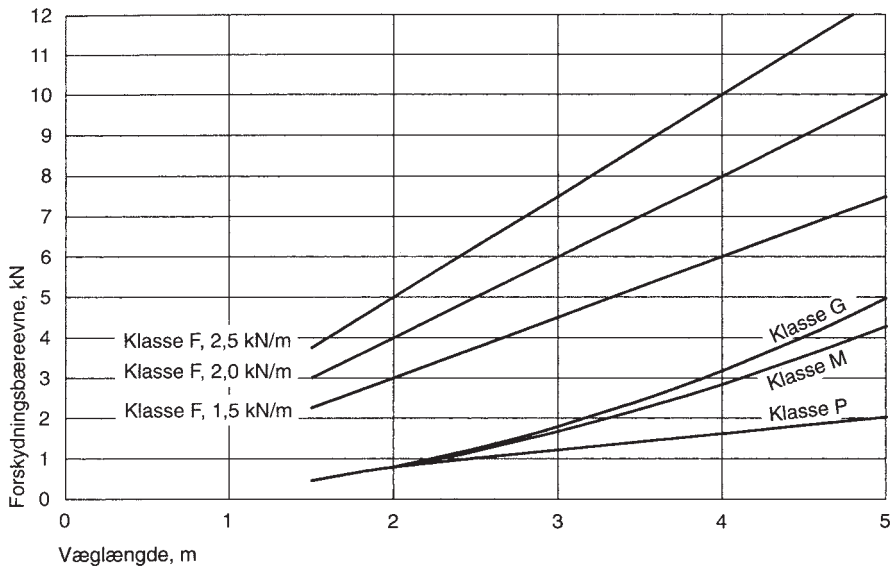
Hvis det lodrette anker er placeret ved enden af væggen, skal det kunne optage kraften $F_a = (R_F - R_G) \cdot (h/L)$, hvor R_G er bæreevnen af den glidningssikrede væg med samme længde og tykkelse, og h er væghøjden. I alle tilfælde har ankeret tilstrækkelig bæreevne, hvis det kan overføre en kraft til fundamentet af størrelsen $v \cdot h$.

Den mekaniske glidningssikring skal mindst kunne optage kraften $R_F - R_p$, altså forskellen mellem forskydningsbæreevnerne af den pågældende klasse F-væg og en tilsvarende klasse P-væg.

Forskydningsbæreevnerne R_p , R_M og R_G , svarende til forankringsklasserne P, M og G, for 75 og 100 mm vægge af porebetonelementer er vist på figurerne B5 og B6, og forskydningsbæreevnerne for 75, 100 og 150 mm vægge af porebetonelementer kan aflæses med større nøjagtighed i tabel B1. R_p og R_M svarer normalt til R_h på figur B1. R_G svarer normalt til vipningsmodstanden uden lodret anker, F_v for ($F_a = 0$), på figur B2.

Væghøjden er i alle tilfælde forudsat at være 2,5 m, og væggen regningsmæssige tyngde er bestemt med partialkoefficienten 0,85, jf. Dansk Ingeniørforenings norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner, DS 409.

Uanset hvilken bæreevne der aflæses i tabellen, er væggen forskydningsbæreevne dog begrænset til R_F .



Figur B5. Forskydningsbæreevne af 75 mm vægge af porebetonelementer:

Eksempel 1

En 75 mm tyk, 2,5 m høj og 4 m lang væg af porebetonelementer opstillet på murpap og med $v_t = 1,5$ kN/m. Den »indre bæreevne« er $v_f = 3,0$ kN/m, det vil sige $v = v_t = 1,5$ kN/m.

Den fuldt forankrede vægs forskydningsbæreevne er

$$R_F = v \cdot L = 1,5 \text{ kN/m} \cdot 4,0 \text{ m} = \mathbf{6,0 \text{ kN}}.$$

I tabel B1 aflæses forskydningsbæreevnen for den glidningssikrede væg:

$$R_G = \mathbf{3,2 \text{ kN}}$$

- og for den uforankrede væg:

$$R_P = \mathbf{1,6 \text{ kN}}.$$

For en fuldt forankret væg skal det lodrette anker kunne optage:

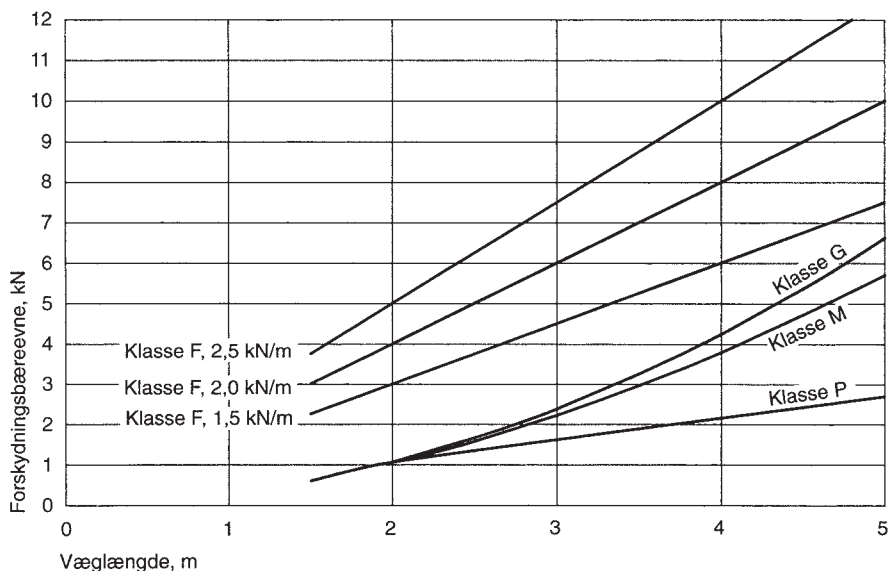
$$F_a = (R_F - R_G) \cdot (h / L) = (6,0 - 3,2) \cdot (2,5 / 4,0) = \mathbf{1,8 \text{ kN}}.$$

For en glidningssikret væg skal den mekaniske glidningssikring kunne optage:

$$R_G - R_P = 3,2 - 1,6 = \mathbf{1,6 \text{ kN}}.$$

For en fuldt forankret væg skal den mekaniske glidningssikring kunne optage:

$$R_F - R_P = 6,0 - 1,6 = \mathbf{4,4 \text{ kN}}.$$



Figur B6. Forskydningsbæreevne af 100 mm vægge af porebetonelementer:

Eksempel 2

En 100 mm tyk, 2,5 m høj og 5 m lang væg af porebetonelementer opstillet på murpap og med $v_t = 1,0$ kN/m. Den »indre bæreevne« er $v_f = 4,0$ kN/m, det vil sige $v = v_t = 1,0$ kN/m.

Den fuldt forankrede vægs forskydningsbæreevne er

$$R_F = v \cdot L = 1,0 \text{ kN/m} \cdot 5,0 \text{ m} = \mathbf{5,0 \text{ kN}}.$$

I tabel B1 aflæses forskydningsbæreevnen for den glidningssikrede væg:

$$R_G = 6,6 \text{ kN, men bæreevnen er begrænset til } R_G = R_F = \mathbf{5,0 \text{ kN}}.$$

Lodret forankring er ikke nødvendig, og den fuldt forankrede væg er ikke relevant, da en væg med kun glidningssikring har samme forskydningsbæreevne. I tabel B1 aflæses endvidere forskydningsbæreevnen for den uforankrede væg:

$$R_P = \mathbf{2,7 \text{ kN}}.$$

For en glidningssikret væg skal den mekaniske glidningssikring kunne optage:

$$R_G - R_P = 5,0 - 2,7 = \mathbf{2,3 \text{ kN}}.$$

Tabel B1. Forskydningsbæreevne i kN af afstivende vægge af porebetonelementer 3,0 MPa/645 kg/m³.

Væggens længde m	75 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			100 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			150 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)		
	P	M	G	P	M	G	P	M	G
1,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9
1,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0
1,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,2	1,1	1,2
1,8	0,6	0,6	0,6	0,9	0,8	0,9	1,3	1,3	1,3
1,9	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	1,0	1,4	1,4	1,4
2,0	0,8	0,8	0,8	1,1	1,0	1,1	1,6	1,5	1,6
2,1	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,2	1,7	1,7	1,8
2,2	0,9	0,9	1,0	1,2	1,2	1,3	1,8	1,9	1,9
2,3	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,9	2,0	2,1
2,4	1,0	1,1	1,1	1,3	1,5	1,5	1,9	2,2	2,3
2,5	1,0	1,2	1,2	1,3	1,6	1,7	2,0	2,4	2,5
2,6	1,1	1,3	1,3	1,4	1,7	1,8	2,1	2,5	2,7
2,7	1,1	1,4	1,5	1,5	1,8	1,9	2,2	2,7	2,9
2,8	1,1	1,5	1,6	1,5	2,0	2,1	2,3	2,9	3,1
2,9	1,2	1,6	1,7	1,6	2,1	2,2	2,3	3,1	3,3
3,0	1,2	1,7	1,8	1,6	2,2	2,4	2,4	3,3	3,6
3,1	1,3	1,8	1,9	1,7	2,4	2,6	2,5	3,5	3,8
3,2	1,3	1,9	2,0	1,7	2,5	2,7	2,6	3,8	4,1
3,3	1,3	2,0	2,2	1,8	2,7	2,9	2,7	4,0	4,3
3,4	1,4	2,1	2,3	1,8	2,8	3,1	2,7	4,2	4,6
3,5	1,4	2,2	2,4	1,9	3,0	3,3	2,8	4,4	4,9
3,6	1,5	2,4	2,6	1,9	3,1	3,4	2,9	4,7	5,2
3,7	1,5	2,5	2,7	2,0	3,3	3,6	3,0	4,9	5,4
3,8	1,5	2,6	2,9	2,0	3,5	3,8	3,1	5,2	5,7
3,9	1,6	2,7	3,0	2,1	3,6	4,0	3,2	5,4	6,0
4,0	1,6	2,8	3,2	2,2	3,8	4,2	3,2	5,7	6,4
4,1	1,7	3,0	3,3	2,2	4,0	4,5	3,3	6,0	6,7
4,2	1,7	3,1	3,5	2,3	4,2	4,7	3,4	6,2	7,0
4,3	1,7	3,3	3,7	2,3	4,4	4,9	3,5	6,5	7,4
4,4	1,8	3,4	3,9	2,4	4,5	5,1	3,6	6,8	7,7
4,5	1,8	3,5	4,0	2,4	4,7	5,4	3,6	7,1	8,1
4,6	1,9	3,7	4,2	2,5	4,9	5,6	3,7	7,4	8,4
4,7	1,9	3,8	4,4	2,5	5,1	5,9	3,8	7,7	8,8
4,8	1,9	4,0	4,6	2,6	5,3	6,1	3,9	8,0	9,2
4,9	2,0	4,1	4,8	2,6	5,5	6,4	4,0	8,3	9,5
5,0	2,0	4,3	5,0	2,7	5,7	6,6	4,0	8,6	9,9

*) **Forankringsklasser:**

- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningsikring.
- G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.

Letklinkerbetonvægge

Letklinkerbetonvægge – såkaldte helvægge af letbeton – er normalt tungere end vægge af porebetonelementer; i småhuse benyttes ofte vægge med en middeldensitet på 1000-1200 kg/m³, i lejlighedsskel dog 1500-1800 kg/m³. I det følgende angives letklinkerbetontyperne ved koder, fx LB 5,0/1200. Her står LB for letklinkerbeton, tallet foran skråstregen angiver den deklarerede trykstyrke i MPa, og tallet efter skråstregen angiver den deklarerede densitet i kg/m³.

Vægtykkelsen er ofte 100 mm, hvilket giver en middelværdi for væggens egenvægt på 100-180 kg/m²

Forbindelsen mellem loftskive og væggens overside kan udføres ved sømning, skruemontage eller boltning ned i væggens overside. Hvis man sømmer, bør man undlade det sidste slag med hammeren, som forsænker sømhovedet i brættet, fordi det kan få de allerede islagne søm til at løsne sig. Ofte udføres forbindelsen med søm 4,6 × 130 mm pr. 400 mm, med en 8 mm skrue i en S10 Fischer dübel pr. 400 mm eller med kraftigere forbindelsesmidler og tilsvarende større afstand. Disse forbindelser giver en regningsmæssig forskydningsbæreevne v_t på:

- ca. 1,5 kN/m i LB 3,5/1000
- ca. 1,75 kN/m i LB 5,0/1200
- ca. 2 kN/m i LB 7,5/1500.

Med andre forbindelsesmidler eller mindre afstand mellem forbindelsesmidlerne kan man opnå større bæreevner. Hele forbindelsens regningsmæssige forskydningsbæreevne er $F_t = v_t \cdot L$, hvor L er væggens længde.

For en væg af LB 3,5/1000 kan man regne med, at væggens regningsmæssige indre forskydningsstyrke er 40 kN/m², det vil sige $F_f = 40 \text{ kN/m}^2 \cdot t \cdot L$, hvor t er væggens tykkelse. Dette svarer til $v_f = 4 \text{ kN/m}$ for en 100 mm tyk væg og $v_f = 6 \text{ kN/m}$ for en 150 mm tyk væg. Se eventuelt nærmere herom i SBI-rapport 144: »Vindafstivende vægge af letbetonelementer«. Den indre forskydningsstyrke er muligvis større for vægge af LB 5,0/1200 og LB 7,5/1500, men de nævnte 40 kN/m² er tilstrækkeligt i de fleste tilfælde.

Da v_t normalt er mindre end v_f , er det normalt loftskiveforbindelsens forskydningsbæreevne, og ikke væggens indre styrke, der giver en øvre grænse for væggens forskydningsbæreevne. Væggens forskydningsbæreevne afhænger i øvrigt af forankringsklassen.

Forankringsklasser for letklinkerbetonvægge

Der regnes med fire forskellige forankringsklasser: P, M, G og F, hvortil svarer fire forskellige forskydningsbæreevner R_P , R_M , R_G og R_F .

- Klasse P: Uforankret væg, opstillet på murpap, plastfolie eller lignende. Væggen stabiliseres af sin egenvægt. Der forudsættes en regningsmæssig friktionskoefficient på 0,2 og ingen kohæsion, som angivet i Dansk Ingeniørforenings norm for letbetonkonstruktioner af letbetonelementer, DS 420.
- Klasse M: Uforankret væg, opstillet på mørtel- eller limfuge. Væggen stabiliseres af sin egenvægt. Der forudsættes en regningsmæssig friktionskoefficient på 0,2 og en regningsmæssig kohæsion på 0,06 MPa, som angivet i DS 420.
- Klasse G: Væg med glidningssikring, det vil sige at væggen glidning over fundamentet er hindret, fx gennem beslag der er fastgjort i fundamentet. Den mekaniske glidningssikring skal mindst kunne optage kraften $R_G - R_P$, altså forskellen mellem forskydningsbæreevnerne af den pågældende klasse G-væg og den tilsvarende klasse P-væg.
- Klasse F: Fuldt forankret væg, forsynet med både glidningssikring og lodret anker. Forskydningsbæreevnen bestemmes af formlen

$$R_F = v \cdot L$$

hvor v er den mindste af værdierne v_t og v_f , se ovenfor, og L er væggen længde.

Det forudsættes, at både lodret anker og glidningssikring har tilstrækkelig bæreevne:

Hvis det lodrette anker er placeret ved enden af væggen, skal det kunne optage kraften $F_a = (R_F - R_G) \cdot (h/L)$, hvor R_G er bæreevnen af den glidningssikrede væg med samme længde og tykkelse, og h er væghøjden. Med de ovenfor anførte bæreevner af forbindelsen mellem loftskiven og væggen overside er kravene til det lodrette anker i alle tilfælde beskedne.

Den mekaniske glidningssikring skal mindst kunne optage kraften $R_F - R_P$, altså forskellen mellem forskydningsbæreevnerne af den pågældende klasse F-væg og en tilsvarende klasse P-væg.

Forskydningsbæreevnerne R_P , R_M og R_G , svarende til forankringsklasserne P, M og G, for 100 mm tykke vægge af LB 3,5/1000, og for 100, 120 og 150 mm tykke vægge af LB 5,0/1200 og LB 7,5/1500, er vist på figurerne B7-B13, og forskydningsbæreevnerne kan aflæses med større nøjagtighed i tabellerne B2-B4. For vægge med andre tykkelser eller densiteter kan forskydningsbæreevnerne R_P , R_M og R_G beregnes ved simpel forholdsregning, idet forskydningsbæreevnen

i klasserne P og G, og med god tilnærmelse også i klasse M, er proportional med tykkelsen og densiteten.

R_p og R_M svarer normalt til R_h på figur B1. R_G svarer normalt til vipningsmodstanden uden lodret anker, F_v for ($F_a = 0$), på figur B2.

Væghøjden er i alle tilfælde forudsat at være 2,5 m, og væggens regningsmæssige tyngde er bestemt med partialkoefficienten 0,85, jf. Dansk Ingeniørforenings norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner, DS 409.

Uanset hvilken bæreevne, der aflæses i tabellen, er væggens forskydningsbæreevne dog begrænset til R_F .

Letklinkerbetonvægge. Nøgle til bæreevnefigurer og -tabellet:

Betontype	Vægtykkelse		
	100 mm	120 mm	150 mm
LB 3,5/1000	Figur B7		
	Tabel B2		
LB 5,0/1200	Figur B8	Figur B9	Figur B10
	Tabel B3	Tabel B3	Tabel B3
LB 7,5/1500	Figur B11	Figur B12	Figur B13
	Tabel B4	Tabel B4	Tabel B4

Eksempel

En 100 mm tyk, 2,5 m høj og 4 m lang letklinkerbetonvæg af LB 3,5/1000 opstillet på murpap og med $v_t = 1,5$ kN/m. Den »indre bæreevne« er $v_f = 4,0$ kN/m, det vil sige

$$v = v_t = 1,5 \text{ kN/m.}$$

Den fuldt forankrede vægs forskydningsbæreevne er

$$R_F = v \cdot L = 1,5 \text{ kN/m} \cdot 4,0 \text{ m} = \mathbf{6,0 \text{ kN.}}$$

I tabel B2 aflæses forskydningsbæreevnen for den glidningssikrede væg:

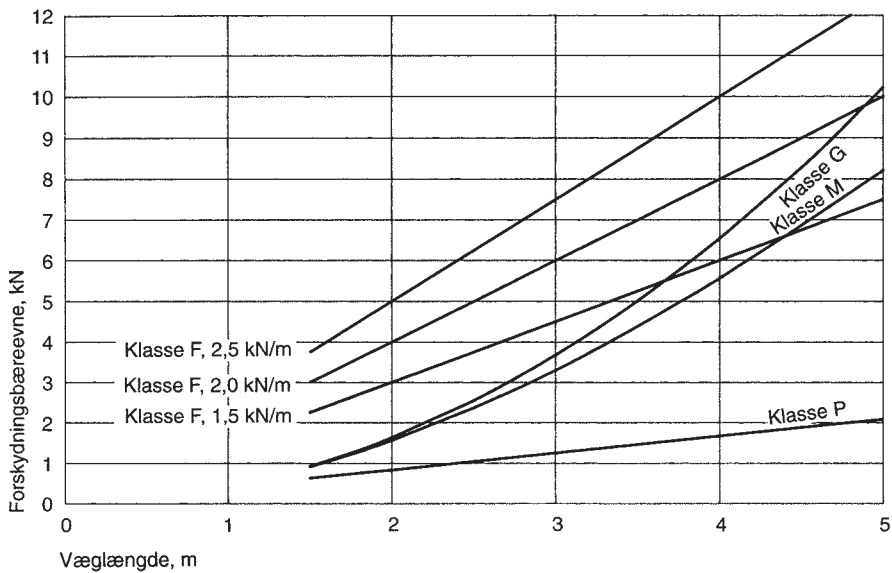
$$R_G = 6,5 \text{ kN, men bæreevnen er begrænset til } R_G = R_F = \mathbf{6,0 \text{ kN.}}$$

Lodret forankring er ikke nødvendig, og den fuldt forankrede væg er ikke relevant, da en væg med kun glidningssikring har samme forskydningsbæreevne. I tabel B2 aflæses endvidere forskydningsbæreevnen for den uforankrede væg:

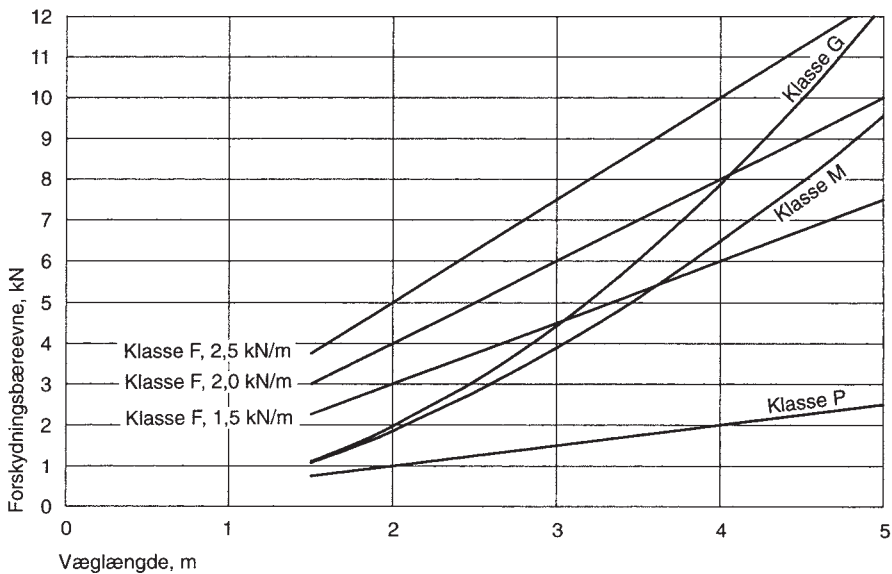
$$R_p = 1,7 \text{ kN.}$$

For en glidningssikret væg skal den mekaniske glidningssikring kunne optage:

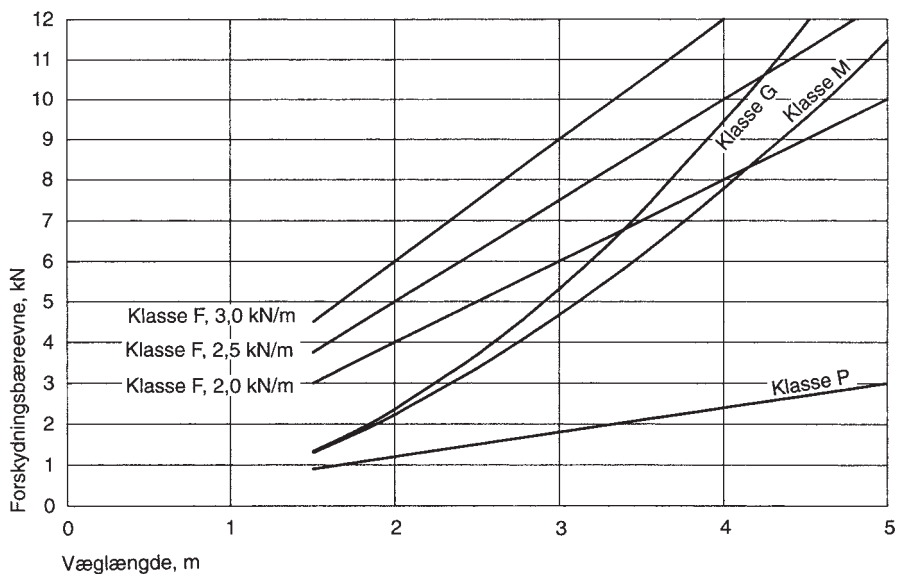
$$R_G - R_p = 6,0 - 1,7 = \mathbf{4,3 \text{ kN.}}$$



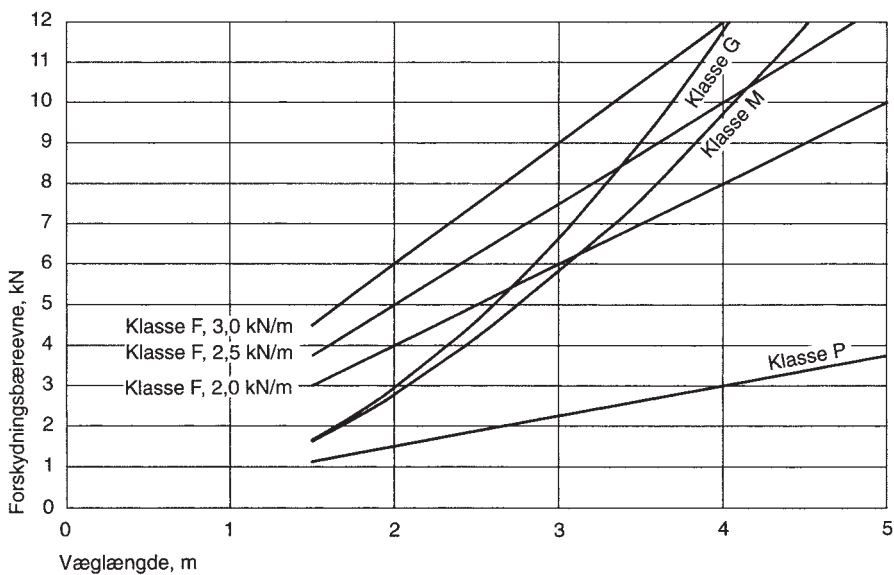
Figur B7. Forskydningsbæreevne af 100 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 3,5/1000.



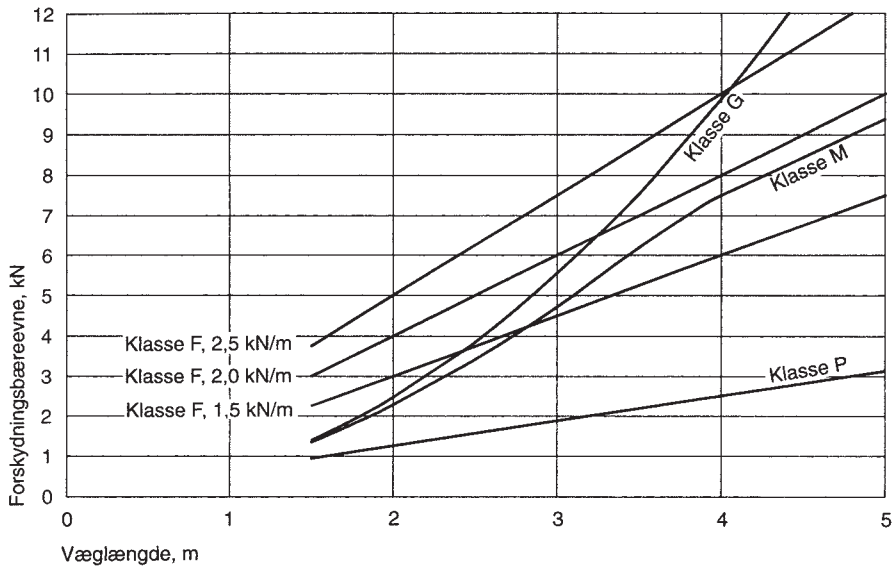
Figur B8. Forskydningsbæreevne af 100 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 5,0/1200.



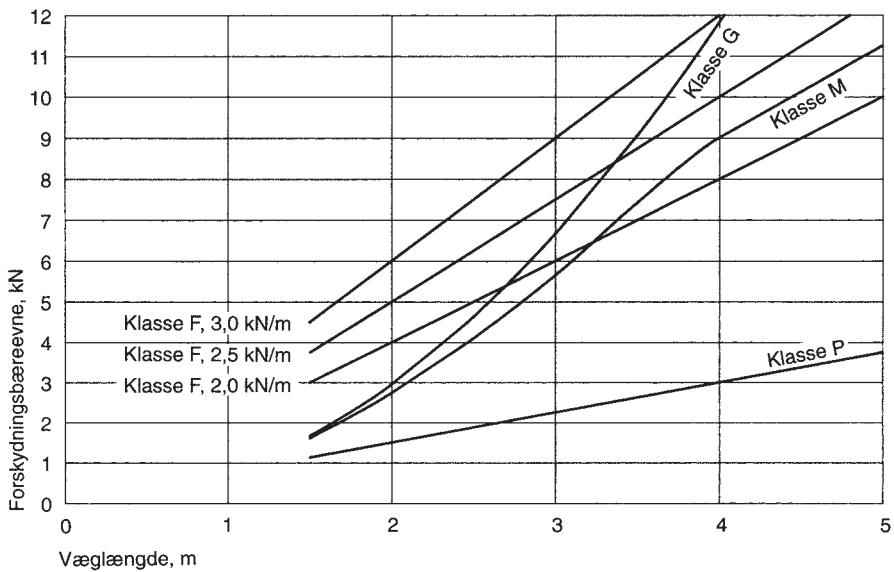
Figur B9. Forskydningsbæreevne af 120 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 5,0/1200.



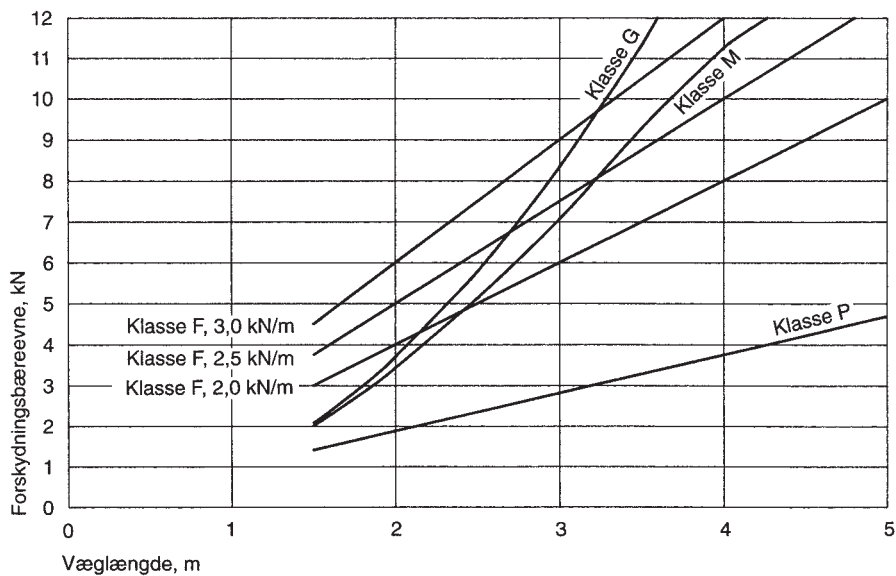
Figur 10. Forskydningsbæreevne af 150 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 5,0/1200.



Figur B11. Forskydningsbæreevne af 100 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 7,5/1500.



Figur B12. Forskydningsbæreevne af 120 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 7,5/1500.



Figur B13. Forskydningsbæreevne af 150 mm tykke afstivende letklinkerbetonvægge, LB 7,5/1500.

Tabel B2. Forskydningsbæreevne i kN af afstivende letklinkerbetonvægge, LB 3,5/1000.

Væggens længde m	100 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)		
	P	M	G
1,5	0,6	0,9	0,9
1,6	0,7	1,0	1,1
1,7	0,7	1,2	1,2
1,8	0,8	1,3	1,3
1,9	0,8	1,4	1,5
2,0	0,8	1,6	1,6
2,1	0,9	1,7	1,8
2,2	0,9	1,9	2,0
2,3	1,0	2,0	2,2
2,4	1,0	2,2	2,4
2,5	1,0	2,4	2,6
2,6	1,1	2,5	2,8
2,7	1,1	2,7	3,0
2,8	1,2	2,9	3,2
2,9	1,2	3,1	3,4
3,0	1,3	3,3	3,7
3,1	1,3	3,5	3,9
3,2	1,3	3,7	4,2
3,3	1,4	4,0	4,5
3,4	1,4	4,2	4,7
3,5	1,5	4,4	5,0
3,6	1,5	4,6	5,3
3,7	1,5	4,8	5,6
3,8	1,6	5,1	5,9
3,9	1,6	5,3	6,2
4,0	1,7	5,6	6,5
4,1	1,7	5,8	6,9
4,2	1,8	6,1	7,2
4,3	1,8	6,3	7,6
4,4	1,8	6,6	7,9
4,5	1,9	6,9	8,3
4,6	1,9	7,1	8,7
4,7	2,0	7,4	9,0
4,8	2,0	7,7	9,4
4,9	2,0	7,9	9,8
5,0	2,1	8,2	10,2

*) **Forankringsklasser:**

- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.

Tabel B3. Forskydningsbæreevne i kN af afstivende letklinkerbetonvægge, LB 5,0/1200.

Væggens længde m	100 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			120 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			150 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)		
	P	M	G	P	M	G	P	M	G
1,5	0,8	1,1	1,1	0,9	1,3	1,3	1,1	1,6	1,7
1,6	0,8	1,2	1,3	1,0	1,5	1,5	1,2	1,8	1,9
1,7	0,9	1,4	1,4	1,0	1,7	1,7	1,3	2,1	2,1
1,8	0,9	1,5	1,6	1,1	1,8	1,9	1,4	2,3	2,4
1,9	1,0	1,7	1,8	1,1	2,0	2,1	1,4	2,5	2,7
2,0	1,0	1,9	2,0	1,2	2,2	2,4	1,5	2,8	3,0
2,1	1,1	2,0	2,2	1,3	2,4	2,6	1,6	3,1	3,3
2,2	1,1	2,2	2,4	1,3	2,7	2,9	1,7	3,3	3,6
2,3	1,2	2,4	2,6	1,4	2,9	3,1	1,7	3,6	3,9
2,4	1,2	2,6	2,8	1,4	3,1	3,4	1,8	3,9	4,3
2,5	1,3	2,8	3,1	1,5	3,4	3,7	1,9	4,2	4,6
2,6	1,3	3,0	3,3	1,6	3,6	4,0	2,0	4,5	5,0
2,7	1,4	3,2	3,6	1,6	3,9	4,3	2,0	4,8	5,4
2,8	1,4	3,4	3,9	1,7	4,1	4,6	2,1	5,2	5,8
2,9	1,5	3,7	4,1	1,7	4,4	5,0	2,2	5,5	6,2
3,0	1,5	3,9	4,4	1,8	4,7	5,3	2,3	5,8	6,6
3,1	1,6	4,1	4,7	1,9	4,9	5,7	2,3	6,2	7,1
3,2	1,6	4,4	5,0	1,9	5,2	6,1	2,4	6,5	7,6
3,3	1,7	4,6	5,4	2,0	5,5	6,4	2,5	6,9	8,0
3,4	1,7	4,9	5,7	2,0	5,9	6,8	2,6	7,3	8,5
3,5	1,8	5,1	6,0	2,1	6,2	7,2	2,6	7,7	9,0
3,6	1,8	5,4	6,4	2,2	6,5	7,7	2,7	8,1	9,6
3,7	1,9	5,6	6,7	2,2	6,8	8,1	2,8	8,5	10,1
3,8	1,9	5,9	7,1	2,3	7,1	8,5	2,9	8,9	10,7
3,9	2,0	6,2	7,5	2,3	7,4	9,0	2,9	9,3	11,2
4,0	2,0	6,5	7,9	2,4	7,8	9,5	3,0	9,7	11,8
4,1	2,1	6,8	8,3	2,5	8,1	9,9	3,1	10,2	12,4
4,2	2,1	7,1	8,7	2,5	8,5	10,4	3,2	10,6	13,0
4,3	2,2	7,4	9,1	2,6	8,8	10,9	3,2	11,1	13,6
4,4	2,2	7,7	9,5	2,6	9,2	11,4	3,3	11,5	14,3
4,5	2,3	7,9	10,0	2,7	9,5	12,0	3,4	11,9	14,9
4,6	2,3	8,2	10,4	2,8	9,9	12,5	3,5	12,4	15,6
4,7	2,4	8,6	10,9	2,8	10,3	13,0	3,5	12,9	16,3
4,8	2,4	8,9	11,3	2,9	10,7	13,6	3,6	13,4	17,0
4,9	2,5	9,2	11,8	2,9	11,1	14,2	3,7	13,8	17,7
5,0	2,5	9,6	12,3	3,0	11,5	14,8	3,8	14,3	18,5

*) **Forankringsklasser:**

- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.

Tabel B4. Forskydningsbæreevne i kN af afstivende letklinkerbetonvægge, LB 7,5/1500.

Væggens længde m	100 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			120 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)			150 mm vægtykkelse Forankringsklasse *)		
	P	M	G	P	M	G	P	M	G
1,5	0,9	1,3	1,4	1,1	1,6	1,7	1,4	2,0	2,1
1,6	1,0	1,5	1,6	1,2	1,8	1,9	1,5	2,3	2,4
1,7	1,1	1,7	1,8	1,3	2,0	2,1	1,6	2,5	2,7
1,8	1,1	1,9	2,0	1,4	2,3	2,4	1,7	2,8	3,0
1,9	1,2	2,1	2,2	1,4	2,5	2,7	1,8	3,1	3,3
2,0	1,3	2,3	2,5	1,5	2,7	3,0	1,9	3,4	3,7
2,1	1,3	2,5	2,7	1,6	3,0	3,3	2,0	3,7	4,1
2,2	1,4	2,7	3,0	1,7	3,3	3,6	2,1	4,1	4,5
2,3	1,4	2,9	3,3	1,7	3,5	3,9	2,2	4,4	4,9
2,4	1,5	3,2	3,6	1,8	3,8	4,3	2,3	4,8	5,3
2,5	1,6	3,4	3,9	1,9	4,1	4,6	2,4	5,1	5,8
2,6	1,6	3,7	4,2	2,0	4,4	5,0	2,4	5,5	6,3
2,7	1,7	3,9	4,5	2,0	4,7	5,4	2,5	5,9	6,7
2,8	1,8	4,2	4,8	2,1	5,0	5,8	2,6	6,3	7,3
2,9	1,8	4,4	5,2	2,2	5,3	6,2	2,7	6,7	7,8
3,0	1,9	4,7	5,6	2,3	5,7	6,7	2,8	7,1	8,3
3,1	1,9	5,0	5,9	2,3	6,0	7,1	2,9	7,5	8,9
3,2	2,0	5,3	6,3	2,4	6,3	7,6	3,0	7,9	9,5
3,3	2,1	5,6	6,7	2,5	6,7	8,1	3,1	8,4	10,1
3,4	2,1	5,9	7,1	2,6	7,0	8,6	3,2	8,8	10,7
3,5	2,2	6,2	7,6	2,6	7,4	9,1	3,3	9,3	11,3
3,6	2,3	6,5	8,0	2,7	7,8	9,6	3,4	9,7	12,0
3,7	2,3	6,8	8,4	2,8	8,2	10,1	3,5	10,2	12,7
3,8	2,4	7,1	8,9	2,9	8,6	10,7	3,6	10,7	13,4
3,9	2,4	7,3	9,4	2,9	8,8	11,3	3,7	11,0	14,1
4,0	2,5	7,5	9,9	3,0	9,0	11,8	3,8	11,3	14,8
4,1	2,6	7,7	10,4	3,1	9,2	12,4	3,9	11,5	15,6
4,2	2,6	7,9	10,9	3,2	9,5	13,1	3,9	11,8	16,3
4,3	2,7	8,1	11,4	3,2	9,7	13,7	4,0	12,1	17,1
4,4	2,8	8,3	11,9	3,3	9,9	14,3	4,1	12,4	17,6
4,5	2,8	8,4	12,5	3,4	10,1	15,0	4,2	12,7	18,0
4,6	2,9	8,6	13,1	3,5	10,4	15,7	4,3	13,0	18,4
4,7	2,9	8,8	13,6	3,5	10,6	16,4	4,4	13,2	18,8
4,8	3,0	9,0	14,2	3,6	10,8	17,1	4,5	13,5	19,2
4,9	3,1	9,2	14,8	3,7	11,0	17,8	4,6	13,8	19,6
5,0	3,1	9,4	15,4	3,8	11,3	18,5	4,7	14,1	20,0

*) **Forankringsklasser:**

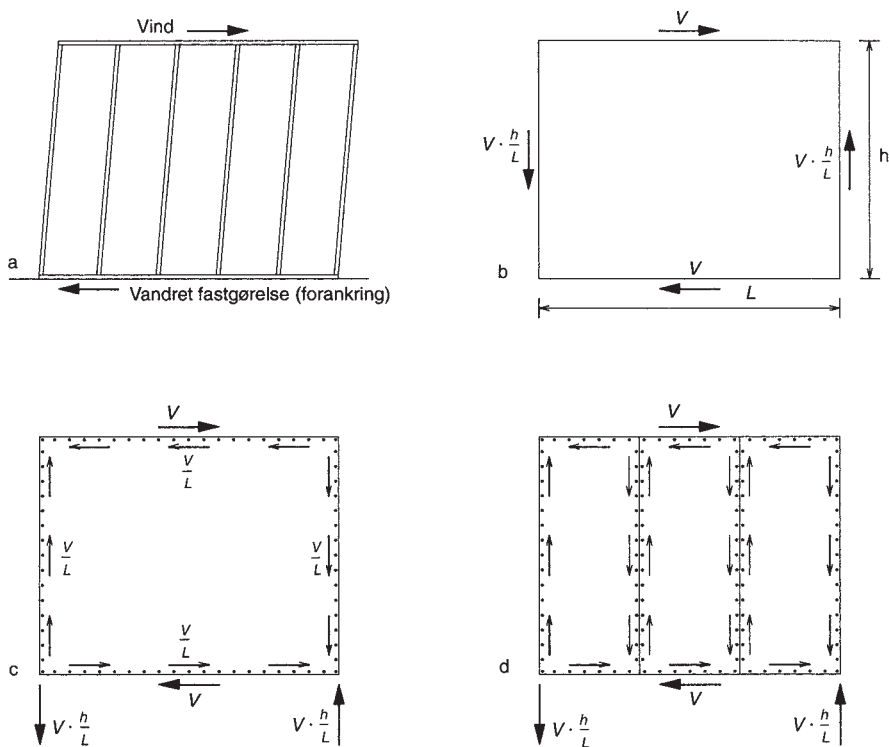
- P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
- G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.

Træ- eller stålskeletvægge med pladebeklædning

Afstivende pladebeklædte skeletvægge virker som regel på den måde, at skelettet er forankret til fundamentet, for både vandrette og lodrette kræfter, og at også de vandrette påvirkninger, fra især loftskiven, afleveres til skelettet. På skelettet monteres en pladebeklædning af gipsplader eller træbaserede plader, fx krydsfiner eller spånplade. Pladebeklædningens funktion er at afstive skelettet. Figur B14 viser princippet heri.

Skelettet med kun lodrette og vandrette komponenter kan ikke overføre forskydningskræfter, men ville deformeres, som vist på figur B14a, hvis pladebeklædningen ikke var der.

En pladebeklædning, der virker som skive, kan optage de vandrette forskydningskræfter F , men for at den kan være i ligevægt, må der tilføjes lodrette forskydningskræfter $F \cdot (h/L)$, se figur B14b.



Figur B14. Afstivende skeletvæg med pladebeklædning.

Pladebeklædningen skal derfor fastgøres til skelettet langs alle fire sider, og de fire forbindelser skal alle kunne overføre den samme kraft pr. løbende meter, nemlig F/L . Skelettet skal forankres lodret i venstre side, og forankringen skal kunne optage kraften $F \cdot (h/L)$. I højre side påvirkes skelettet og/eller pladebeklædningen med en lodret opadrettet reaktion fra underlaget af samme størrelse, se figur B14c. Her er der – svarende til sædvanlig praksis – set bort fra væggens egenvægt, der i virkeligheden medfører, at forankringskraften bliver lidt mindre og den lodret opadrettede reaktion lidt større.

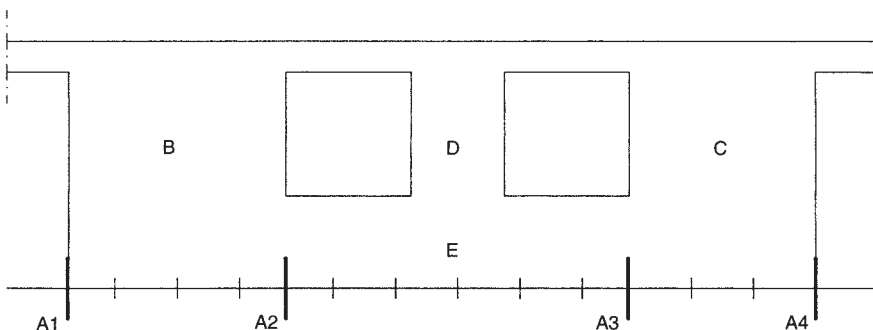
Hvis pladebeklædningen ikke er i ét stykke, skal også pladesamlingerne kunne overføre kraften F/L pr. løbende meter. De indre pladekanter skal derfor fastgøres til skelettet på samme måde som de ydre, se figur B14d.

Det er som regel ikke noget problem at udføre pladebeklædningens fastgørelse til skelettet sådan, at den får tilstrækkelig styrke. Afgørende for væggens forskydningsbæreevne er derfor, lige som ved letbetonvægge, forbindelserne til omgivelserne.

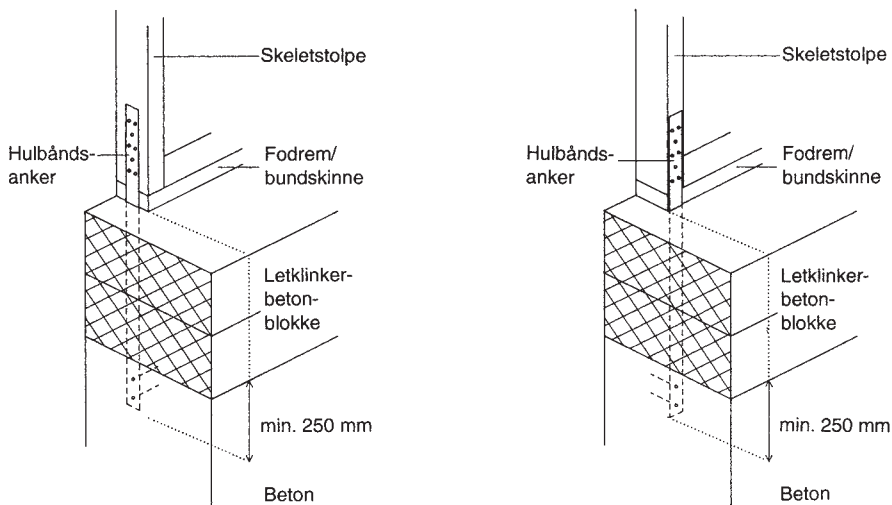
Ved dimensionering af pladebeklædte skeletvægge tages der, som nævnt, sædvanligvis ikke hensyn til de stabiliserende virkninger af væggens egenvægt og af friktion. Det gøres der heller ikke i denne anvisning. Derfor må man sørge for, at hele den last, væggen skal optage, kan overføres gennem kraftoverførende samlinger fra loftskive til væg og fra væg til fundament. Pladebeklædte skeletvægge er således analoge til fuldt forankrede letbetonvægge.

Den vandrette komponent af lasten overføres til fundamentet fra væggens fodrem eller bundskinne gennem indstøbte bolte, skruer i indborede dybler eller skudsøm. Hermed er glidningssikringen i orden.

Den eller de opadrettede komponenter overføres til fundamentet gennem lodrette ankre, se figur B15. Bemærk, at hvis væggen er opdelt af vinduer eller andre



Figur B15. Placering af lodrette ankre (A1 -A4) i en afstivende pladebeklædt skeletvæg. Se i øvrigt teksten.



Figur B16. Eksempler på udførelse af lodrette ankre for skeletvægge.

åbninger, skal hver delvæg forankres i begge ender. I figur B15 er vægdelene B og C regulære afstivende vægge, forankret i begge ender. Lasten på den korte vægdel D er formentlig så lille, at den kan optages af den gennemgående brystning E.

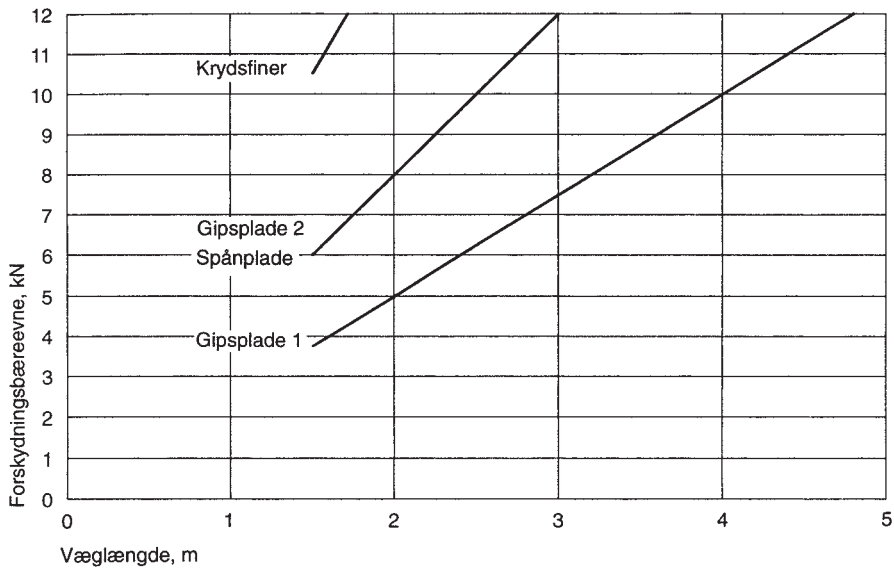
De lodrette ankre kan udføres med hulbånd som vist på figur B16.

Forskydningsbæreevner for 4 vægtyper

Der er udvalgt 4 vægtyper, hvis forskydningsbæreevner er angivet i det følgende. Forskydningsbæreevnerne R er proportionale med væglængderne, altså

$$R = v \cdot L$$

Af hensyn til et hurtigt overblik er forskydningsbæreevnerne vist grafisk på figur B17. Akseinddelingen er den samme som i figurene B5-B13.



Figur B17. Forskydningsbæreevner af skeletvægge, jf. beskrivelsen i teksten.

Gipsplade 1

Skelet:

- stålprofiler med godstykkelse 1,0 mm.

Bundskinnens fastgørelse:

- et skudsøm pr. 600 mm (til betongulv eller betonfundament),
 - et skudsøm pr. 400 mm (til kuldebroisolering af letklinkerbetonblokke),
- eller
- en 8 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm.

Lodret forankring i hver ende:

- et 25 × 2 mm hulbånd med 8 stk. 5 mm skruer i stolpe.

Fastgørelse til loft:

- en 4 mm skrue pr. 300 mm.

Pladebeklædning:

- et eller to lag gipsplade på hver side af skelettet. Mindst halvdelen af lagene skal være 13 mm tykke, resten 9 mm tykke. Yderste (sidste) pladelag monteres med gipspladeskruer pr. 200 mm langs alle kanter. Eventuelle indre (tidligere) pladelag monteres med gipspladeskruer pr. 400 mm langs alle kanter.

Forskydningsbæreevne:

$$v = 2,5 \text{ kN/m.}$$

Gipsplade 2

Skelet:

- stålprofiler med godstykkelse 1,5 mm.

Bundskinnens fastgørelse:

- et skudsøm pr. 600 mm (til betongulv eller betonfundament),
 - et skudsøm pr. 400 mm (til kuldebroisolering af letklinkerbetonblokke),
- eller
- en 8 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm.

Lodret forankring i hver ende:

- et 40×2 mm hulbånd med 13 stk. 5 mm skruer i stolpe.

Fastgørelse til loft:

- en 4 mm skrue pr. 200 mm.

Pladebeklædning:

- to lag 13 mm gipsplade på hver side af skelettet. Både første og andet pladelag monteres med gipspladeskruer pr. 200 mm langs alle kanter.

Forskydningsbæreevne:

$$v = 4,0 \text{ kN/m.}$$

Spånplade

Skelet:

- lægter eller planker

Bundremmens fastgørelse:

- en 12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm.

Lodret forankring i hver ende:

- et 40×2 mm hulbånd med 10 stk. kamsøm 40/40 mm eller 12 stk. 5 mm skruer i stolpe.

Fastgørelse til loft:

- en 4 mm skrue pr. 200 mm.

Pladebeklædning:

- et lag 12 mm spånplade på hver side af skelettet, monteret med søm $2,5 \times 55$ mm pr. 150 mm langs alle kanter.

Forskydningsbæreevne:

$$v = 4,0 \text{ kN/m.}$$

Krydsfiner

Skelet:

- lægter eller planker

Bundremmens fastgørelse:

- en 16 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm.

Lodret forankring i hver ende:

- et 60×2 mm hulbånd med 17 stk. kamsøm 40/40 mm eller 20 stk. 5 mm skruer i stolpe.

Fastgørelse til loft:

- en 4 mm skrue pr. 100 mm.

Pladebeklædning:

- et lag 12 mm krydsfiner (K-plade) på hver side af skelettet, monteret med søm $2,8 \times 65$ mm pr. 150 mm langs alle kanter.

Forskydningsbæreevne:

$$v = 7,0 \text{ kN/m.}$$

Bilag C. Dimensioneringsskema for afstivende letbetonvægge

Væg og sektion	Længde	Tykkelse	Forskydningsbævn (kN) for forankringsklasse *)			Valgt lastandel	Nødvendigt sømantal	Maks. sømafstand
	m		P/M	G	F			

*) **Forankringsklasser:**
P = Væggen opstillet på pap eller plastfolie. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
M = Væggen opstillet på mørtel- eller limfuge. Ingen lodret forankring eller glidningssikring.
G = Glidningssikring. Ingen lodret forankring.
F = Fuldt forankret væg. Både lodret forankring og glidningssikring.

Bilag D. Kvalitetssikringsskemaer

De følgende skemaer er tænkt som hjælp til kontrol af udførelsen, men de kan også anvendes som huskeliste under projekteringen.

Fundamenter	Dato/signatur		
	Ej foreskrevet	OK	Mangler
Stribefundamenter under indvendige afstivende vægge			
Udsparinger til lodrette forankringer for vægge og tagkonstruktion			
Indstøbning af lodrette forankringer for vægge og tagkonstruktion			
Indstøbning af modhold som glidnings-sikring for vægge			

Vægge	Dato/signatur		
	Ej foreskrevet	OK	Mangler
Murpap eller tilsvarende udlagt under vægge			
Midlertidig afstivning af vægge i forbindelse med montage/opmuring			
Montering af murbindere på bagvægge			
Glidningssikring af bagvægge og indvendige vægge			
Lodret forankring af bagvægge og indvendige vægge			
Er letbetonvægge blevet friholdt for stødpåvirkninger i limens eller fugemørtlens hærdeperiode?			
Montering og fastgørelse af remme, brædder etc. på væggenes oversider			

Tagkonstruktion	Dato/signatur		
	Ej foreskrevet	OK	Mangler
Permanent afstivning af spær mod væltning			
Montering af håndspænder			
Opspænding af diagonaler			
Montering med båndstrammer			
Fastgørelse af diagonaler til alle spær			
Midlertidig ekstra afstivning af spær mod væltning			
Midlertidig afstivning af spærfødder			
Fastgørelse af spær til vægge (tagkonstruktionens glidningssikring)			
Lodret forankring af spær			
Fastgørelse af gavltrekanter til spær			
Er lægterne forsat, så højst en tredjedel stødes på samme spær?			
Er lægterne styrkeklasse K 18?			

Løftkonstruktion	Dato/signatur		
	Ej foreskrevet	OK	Mangler
Fastgørelse af loftplader langs alle fire kanter			
Er diagonalernes dimensioner tilstrækkelige?			
Er diagonalerne fastgjort i enderne med tilstrækkeligt antal søm, og kan kraften føres videre (som regel opløst i to retninger vinkelret på hinanden)?			
Montering af båndspænder			
Opspænding af diagonaler			
Montering med båndstrammer			
Fastgørelse af diagonaler til alle spærfødder			
Fastgørelse af løftkonstruktion til facader			
Fastgørelse af løftkonstruktion til gavle og lejlighedsskel			
Fastgørelse af løftkonstruktion til indvendige afstivende vægge			

Bilag E. Midlertidig afstivning

Afstivningsmetoder

I perioden indtil husets permanente stabilitet er etableret, skal vægge, spær og eventuelt spærfod afstives midlertidigt.

For væggenes vedkommende sker dette normalt ved afsværtning (skelet-vægge) eller afstivning med justerbare skræstivere (elementvægge) i kombination med montagebeslag, såkaldte manchetter. Efterhånden som der udføres skillevægge vinkelret på bagmuren, det vil sige etableres områder hvor væggen er stabil, kan afstivningen fjernes. Ved vægfelter med en fri lodret kant skal afstivningen bibeholdes, indtil anden stabilisering, fx tagkonstruktionen, er etableret.

Spærene afstives normalt mod væltning ved hjælp af et antal styrelægter og skrålægter, der fastgøres til spærene på en sådan måde, at den permanente stabilisering efterfølgende uhindret kan etableres.

Ved større bygningsbredder kræves normalt også tværafstivning af spærfo- den (det vil sige i bygningens længderetning). Tværafstivningen er ubetinget på- krævet, hvis indvendige tværvægge fastgøres til spærfødderne, inden loftskiven etableres.

Det juridiske grundlag

Hverken byggelovgivningen eller normerne indeholder krav til konstruktioner under opførelse. Udformning og dimensionering af den midlertidige afstivning er derfor alene underlagt Arbejdstilsynets regler.

Fra Arbejdstilsynets side foreligger en række bekendtgørelser på området, hvoraf Bekendtgørelse nr. 1017 af 15. december 1993 om indretning af bygge- pladser og lignende arbejdssteder, er den mest omfattende og detaljerede. Be- kendtgørelsen bemyndiger endvidere direktøren for Arbejdstilsynet til at fast- sætte detailregler i overensstemmelse med bekendtgørelsens bestemmelser. Med hensyn til dimensionering og udførelse af midlertidige afstivninger er sådanne detailregler imidlertid endnu ikke fastsat.

Lastfastsættelse

Konstruktioner dimensioneres normalt for 50-års-vinden. Det vil sige den vind- hastighed, som med en sandsynlighed på 2 % bliver overskredet én gang om året. Da den midlertidige afstivning ofte kun skal sikre en konstruktion i nogle få

dage, vil det være uhensigtsmæssigt og uøkonomisk at dimensionere efter denne last. Problemet er derfor, hvilken last det er rimeligt at foreskrive ved dimensioneringen (fx 1-, 2- eller 5-års-vinden). Følgende forhold kan indgå i vurderingen heraf:

- funktionsperiodens længde
- den aktuelle vejruddigt
- årstiden
- de menneskelige og økonomiske konsekvenser ved en skade.

Foreliggende vejledninger

En række producenter og brancheorganisationer har udarbejdet vejledninger for den midlertidige afstivning. Det drejer sig blandt andet om afstivning af:

- helvægselementer af letklinkerbeton (Helvægge af letbeton. 1. Side 16), hvor vejledningen er baseret på 2-års-vinden
- vægelementer af Gasbeton (Projekteringsmappe »Gasbeton fra H+H«, gruppe 3, side 5.1.3 af 5.10.93), hvor vejledningen er baseret på 2-års-vinden
- murværk (BYG-ERFA erfaringsblad 92 06 01), hvor vejledningen er baseret på 5-års-vinden
- træspær (TR/E 31), hvor vejledningen er baseret på vindhastigheden 17,2 m/s (korttidsmiddel).

Som det er fremgået, er der ikke i øjeblikket etableret et rationelt grundlag for valg af sikkerhedsniveau ved dimensionering og udførelse af midlertidige afstivninger. I et samarbejde mellem Træbranchens Oplysningsråd (TOP), Dansk Forening for Skadesforsikring (Skafor), Landbrugets Rådgivningscenter og Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) er der taget initiativ til at igangsætte et projekt med et sådant formål.

Indtil et bedre grundlag er tilvejebragt, vil det derfor være naturligt at basere den midlertidige afstivning på de foreliggende vejledninger fra producenter og brancheorganisationer.

Summary

SBI Direction 186: Stability of small houses

Stability

A stable house is a house which can be assumed both to transmit the horizontal and upward-acting wind loads and to resist the downward-acting loads from its dead load and service loads.

In most cases, the design itself ensures that the house can resist the downward-acting loads, whereas insufficient attention is sometimes paid to how the horizontal loads affect the house and how these loads are to be transmitted to the foundations.

Design and quality assurance

Before a house can be built it is always necessary to prepare a design project covering, among other things, the wind bracing and stabilising structures, which have to meet the following requirements.

The supervising engineer has the task of checking and documenting that the house, including its wind bracing and stabilising structures, is built as designed. If there are any deviations from the original design project, it must be documented that the changed project also meets the requirements.

Functional requirements

To ensure the Stability of the house, the actions from wind loads on the roof and outer walls of the house must be transmitted to the structures carrying or supporting them. Each structure must be stable and it must be possible for the horizontal and upward-acting wind loads to be transmitted between the different parts of the structure.

The roof structure consists of the trusses and various claddings and wind diagonals mounted on them. The bottom of the roof structure, which consists of the bases of the trusses and the claddings mounted on the bases (ceiling cladding in the subjacent storey and the flooring, if any, in the attic), together with any wind diagonals, are called the ceiling structure. In a dormer bungalow, the ceiling structure also functions as storey division.

The roof structure must be a stable, rigid and properly integrated structure.

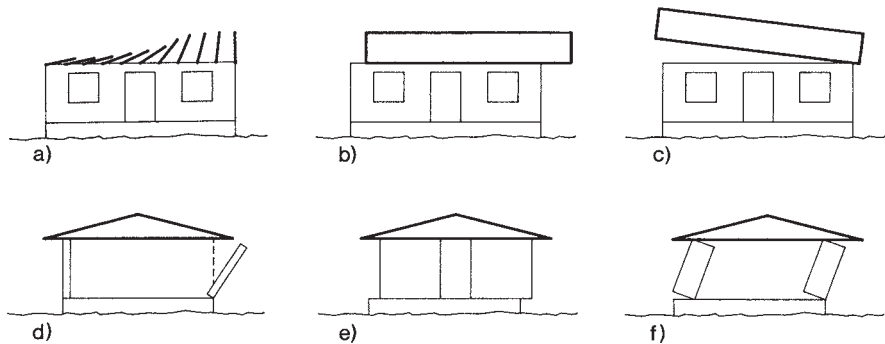


Figure 1. The stability of the house is ensured by anchoring the various structural elements to each other. The roof trusses must be braced to prevent them from cascading (a) and anchored against horizontal forces (b) and upward-acting forces (c). The walls must be supported at the top by the ceiling plate (d), and this must be able to transmit horizontal forces to the wind-bracing walls. In some cases, the walls must also be anchored at the bottom to prevent sliding (e) and collapse or lifting (f).

For example, the trusses must not cascade like dominoes in high winds, see figure 1a, and the roof structure must act as a horizontal plate, supporting the walls at the top and transmitting and distributing the horizontal wind loads to the wind-bracing walls. This horizontal plate action is normally established in the ceiling structure, which is then called *the ceiling plate*.

The roof structure must be fastened to the wind-bracing walls to prevent it from shifting and to enable horizontal forces to be transmitted to the walls, see figure 1b. In the case of lateral wind forces on the house, it is the gables and the transverse interior walls that *brace* the building. For wind along the house, it is the outer walls and the longitudinal interior walls that are the *wind-bracing* elements.

In most cases, the roof structure must be anchored against upward-acting wind forces to prevent the roof from being blown off, see figure 1c.

The outer walls are subjected to direct action from wind loads and are assumed to be anchored at the top to the ceiling plate to prevent them from falling, see figure 1d. The ceiling plate must transmit the horizontal wind loads to the wind-bracing walls. The interior walls must also be anchored at the top so that they do not fall in the event of, for example, different pressure in the rooms on either side of them. The connections between walls and ceiling structure must be designed to transmit horizontal forces across the walls.

In some cases, the wind-bracing walls must be anchored in the foundations, partly to ensure that they do not slide on this, see figure 1e, and partly to prevent them from tilting, see figure 1f. It is naturally mainly in the case of wind-bracing walls made of lightweight materials that anchorage may be needed.

The stability of the house is thus assured by ensuring that the roof, ceiling structure and walls have sufficient intrinsic strength and stability and that they are anchored to each other so that horizontal forces can be transmitted to the wind-bracing walls and, through them, to the foundations.

Litteratur

Afstivning af murværk under opførelse. BYG-ERFA erfaringblad 92 06 01. Taastrup 1992.

Bekendtgørelse om indretning af byggepladser og lignende arbejdssteder efter lov om arbejdsmiljø. Arbejdsministeriets bekendtgørelse nr. 1017 af 15. december 1993. København 1993.

Dansk Ingeniørforenings norm for letbetonkonstruktioner af letbetonelementer. Dansk Standard DS 420 + Tillæg 1:1993. Dansk Standard. København 1983 og 1993.

Dansk Ingeniørforenings norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner. Dansk Standard DS 409. Dansk Standard. Og Dansk Ingeniørforenings norm for last på konstruktioner. 3. udgave. Dansk Standard DS 410. Dansk Standard. København 1982.

Er dit hus stormfast? Folder fra Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1992.

Helvægge af letbeton. 1. Projektering. Dansk Beton Industriforening et al. København 1989.

Helvægge af letbeton. 2. Bæreevne og stabilitet. Dansk Beton Industriforening et al. København 1990.

Helvægge af letbeton. 4. Bygningsstabilitet. Dansk Beton Industriforening et al. København 1993.

Hovedkatalog. BMF Bygningsbeslag A/S. Odder.

Håndbog 1994, Afsnit 4:18 om stabilisering af mindre huse. Gyproc A/S. Kalundborg 1994.

Konstruktioner i småhuse. Styrke - fugt - isolering - brand. H. Høffding Knutsen. SBI-anvisning 147. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1985.

Projekteringsmappe »Gasbeton fra H+H«. H+H-Industri A/S. Ølsted.

Projekteringsmappe »Statik«. Gruppe 2: Gasbeton stabilitet. Statiske beregninger. H+H-Industri A/S. Ølsted 1993.

Stormskader på konstruktioner af tegl. BYG-ERFA erfaringsblad 82 08 20. København 1982.

Stormskader på tagbeklædninger. BYG-ERFA erfaringsblad 82 03 16. København 1982.

Stormskader på tagkonstruktioner. BYG-ERFA erfaringsblad 82 04 15. København 1982.

Træspær. Fabriksfremstillede gitterspær og hanebåndsspær samt bjælkespær og bjælkelag. 2. udg. M. Johansen. Træ 31. Træbranchens Oplysningsråd. Lyngby 1990.

Træspærfag. 2. udg. M. Johansen. Træ 28. Træbranchens Oplysningsråd. Lyngby 1990.

Utilstrækkelig forankring af lette tage på tunge tagdæk. BYG-ERFA erfaringsblad 86 02 15. København 1986.

Vindafstivende vægge af letbetonelementer. Bæreevnepforsøg. Mogens Buhelt. SBI-rapport 144. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.

Vindatlas for Danmark. Energiministeriets og elværkernes vindkraftprogram. E. Lundtang Petersen, I. Troen og K. Hedegaard. Forskningscenter Risø. Roskilde 1980.

Vindlast på bærende konstruktioner. C. Dyrbye og S. O. Hansen. SBI-anvisning 158. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1989.

Vindmiljø omkring bygninger. E. Bjerregaard og F. Nielsen. SBI-anvisning 128. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1981.

Når småhuse opføres af lette materialer, er det nødvendigt at sikre deres stabilitet under projekteringen. Med stabilitet forstås i denne anvisning et hus' evne til at optage vandret last, det vil i praksis sige vindlast. I anvisningen nævnes de funktionskrav, der altid skal opfyldes, og efterfølgende gives forslag til måder at opfylde funktionskravene på. Til støtte for projekteringen er angivet en lang række last- og dimensioneringstabeller.

Anvisningen henvender sig til ansvarlige for projekteringen af småhuse. Den forudsætter byggeteknisk viden og en vis teknisk indsigt, men ikke nødvendigvis en ingeniøruddannelse.

Udgivet juli 1995

Tillæg 1

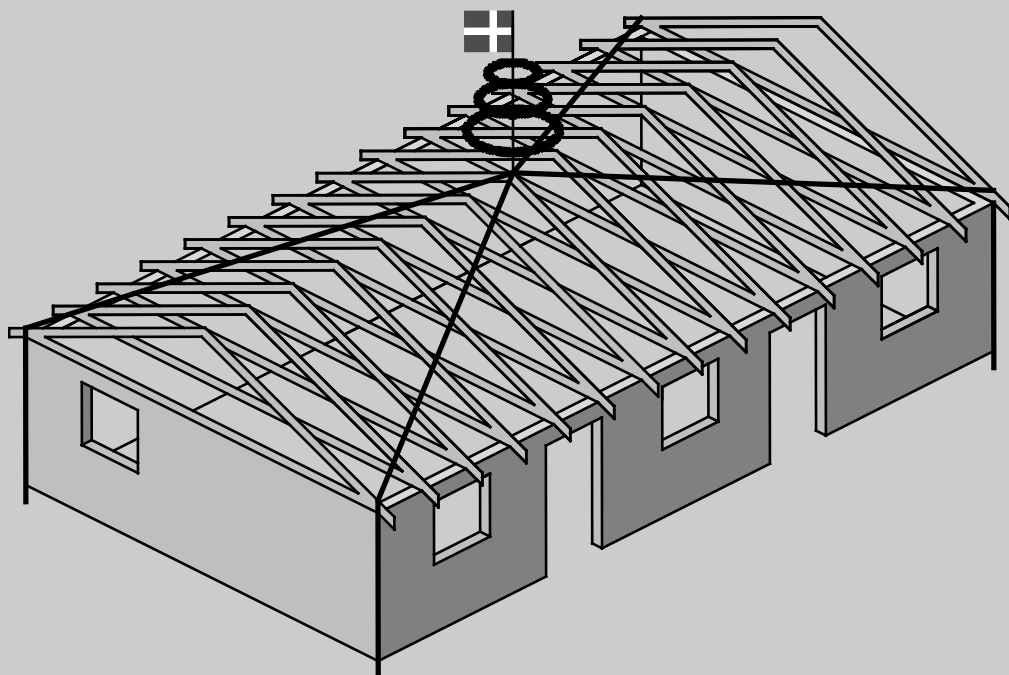
til SBI-anvisning 186:

Småhuses stabilitet



Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

1. udgave, 2002



Udgivet juli 1995

Titel	Tillæg 1 til SBI-anvisning 186: Småhuses stabilitet
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2002
Forfattere	Mogens Buhelt og Jørgen Munch-Andersen
Sprog	Dansk
Sidetæl	8
ISBN	87-563-1149-4
ISSN	0106-6757
Pris	Kr. 37,50 inkl. 25 pct. moms Anvisning med Tillæg 1: Kr. 175,00 inkl. 25 pct. moms.
Tryk	Nørhaven Book A/S
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *'Tillæg 1 til SBI-anvisning 186: Småhuses stabilitet' (2002).*

Indledning

SBI-anvisning 186: Småhuses stabilitet, 1995, er oprindeligt skrevet som en erstatning for specifikke dele af SBI-anvisning 147: Konstruktioner i småhuse, som siden er erstattet af SBI-anvisning 189: Småhuse. SBI-anvisning 186 supplerer på mange punkter SBI-anvisning 189, men fremgangsmåden ved bestemmelse af vandret last på loftskiven afviger i de to anvisninger.

For at harmonisere de to anvisninger erstattes afsnittet 'Vandret last på loftskiven' og tabel 4 i SBI-anvisning 186 med nedenstående nye afsnit. En korrektion til Bilag B er også medtaget.

Vandret last på loftskiven (s. 36)

Lasten på loftskiven bestemmes som angivet i SBI-anvisning 189 i afsnittet 'Vindlast på loftskiven', side 123, altså:

- For vind på tværs af huset som summen af hele lasten på taget og en andel af lasten på de to facader. Denne andel afhænger af facadernes konstruktion. Hele lasten på hhv. tag og facader fremgår af tabel 24 i SBI-anvisning 189. Denne tabel er gengivet i dette tillæg, dog er tabelværdierne her angivet med to decimaler i stedet for én, bl.a. af hensyn til justering og interpolation.
- For vind på langs ad huset som summen af halvdelen af lasten på taget (gavltrekanter) og en andel af lasten på de to gavlvægge. Denne andel afhænger af gavlenes konstruktion. Hele lasten på hhv. tag og gavle fremgår af tabel 25 i SBI-anvisning 189. Denne tabel er også gengivet i dette tillæg, dog også med to decimaler.

I sædvanlige småhuse er der mange sekundære bygningsdele, som ikke regnes med i en normal stabilitetsundersøgelse. Desuden er vindlasterne på den luv og den læ side af huset er ikke fuldt korrelerede. Praktiske erfaringer viser, at der ikke sker skader på selv mangelfuldt udførte huse. Det er derfor forsvarligt at reducere lasterne i SBI-anvisning 189's tabel 24 og 25 med 20 %, når der anvendes sædvanlige konstruktionstyper.

Ved vurderingen af hvor stor en andel af lasten på ydervæggene (facaderne eller gavlene) der overføres til loftskiven, kan følgende vejledning gives:

Hvor murværk indgår i ydervæggen (fx som formur i en kombinationsvæg) vil en ret stor del af lasten føres direkte til de tværgående vægge, der understøtter den aktuelle ydervæg, idet murværk primært spænder vandret. Det vil ofte være rimeligt at antage, at kun 25 % af lasten skal optages via loftskiven. Kun hvor der er indlagt supplerende søjler mellem fundament og loftskive for at tværunderstøtte ydervæggen, fx i lange vægfeltet eller ved døråbninger, skal op imod halvdelen af lasten på ydervæggen optages via loftskiven.

Ved skeletbaserede ydervægge uden formur optages omtrent halvdelen af lasten på facaden af loftskiven, da stolperne normalt spænder mellem fundament og loftskive.

Tabel 24. Vind på tværs af huset. Regningsmæssig vandret last i husets tværretning på tag og facader. Lasten er angivet pr. løbende meter af tagets henholdsvis facadernes længde. Hele lasten på taget og en del af lasten på facaderne videreføres til loftskiven. For sædvanlige konstruktionstyper kan alle tabellens værdier reduceres med 20 %. I beliggenhedsklasse Læ kan tværlasten på facaderne (men ikke på taget) reduceres yderligere med 25 %.

Terræn- klasse	Tag- vinkel	Bredde af tag							
		7,0 m		8,0 m		9,0 m		10,0 m	
		Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m
By	20°	0,00	1,33	0,00	1,36	0,00	1,39	0,00	1,42
	25°	0,41	1,38	0,48	1,42	0,56	1,46	0,63	1,49
	30°	0,60	1,44	0,71	1,48	0,82	1,52	0,94	1,56
	35°	0,86	1,49	1,02	1,54	1,18	1,59	1,35	1,63
	40°	1,22	1,55	1,45	1,60	1,68	1,66	1,93	1,71
	45°	1,73	1,61	2,05	1,67	2,39	1,73	2,74	1,79
Land	20°	0,00	2,12	0,00	2,15	0,00	2,18	0,00	2,22
	25°	0,65	2,17	0,75	2,21	0,86	2,25	0,97	2,29
	30°	0,94	2,23	1,09	2,28	1,26	2,32	1,42	2,36
	35°	1,33	2,29	1,55	2,34	1,79	2,39	2,02	2,44
	40°	1,86	2,35	2,18	2,41	2,51	2,47	2,85	2,52
	45°	2,60	2,42	3,05	2,49	3,52	2,55	3,99	2,60
Hede	20°	0,00	2,80	0,00	2,83	0,00	2,86	0,00	2,89
	25°	0,85	2,85	0,98	2,89	1,12	2,93	1,26	2,97
	30°	1,22	2,91	1,42	2,96	1,62	3,00	1,83	3,05
	35°	1,72	2,97	2,00	3,02	2,29	3,07	2,59	3,12
	40°	2,40	3,03	2,79	3,09	3,20	3,15	3,62	3,20
	45°	3,33	3,10	3,89	3,17	4,46	3,23	5,04	3,29

Tabel 25. Vind på langs af huset. Regningsmæssig vandret last i husets længderetning på tag og gavle. Lasten er angivet pr løbende m af gavltrekanterens henholdsvis gavleens bredde. Cirka halvdelen af lasten på taget overføres direkte til facaderemmene, mens resten af lasten på taget og en del af lasten på gavlene overføres til loftskiven. For sædvanlige konstruktionstyper kan alle tabellens værdier reduceres med 20 %. I beliggenhedsklasse Læ kan tværlasten på gavlene (men ikke på taget) reduceres yderligere med 25 %.

Terræn- klasse	Tag- vinkel	Bredde af gavltrekanter							
		6,0 m		7,0 m		8,0 m		9,0 m	
		Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m
By	20°	0,47	1,33	0,53	1,36	0,59	1,39	0,65	1,42
	25°	0,57	1,38	0,65	1,42	0,74	1,46	0,82	1,49
	30°	0,70	1,44	0,80	1,48	0,91	1,52	1,02	1,56
	35°	0,84	1,49	0,97	1,54	1,11	1,59	1,25	1,63
	40°	1,01	1,55	1,17	1,60	1,35	1,66	1,53	1,71
	45°	1,21	1,61	1,42	1,67	1,64	1,73	1,87	1,79
Land	20°	0,75	2,12	0,83	2,15	0,92	2,18	1,02	2,22
	25°	0,90	2,17	1,02	2,21	1,14	2,25	1,27	2,29
	30°	1,08	2,23	1,23	2,28	1,39	2,32	1,55	2,36
	35°	1,29	2,29	1,48	2,34	1,67	2,39	1,88	2,44
	40°	1,53	2,35	1,77	2,41	2,01	2,47	2,26	2,52
	45°	1,82	2,42	2,11	2,49	2,42	2,55	2,73	2,60
Hede	20°	0,98	2,80	1,10	2,83	1,21	2,86	1,33	2,89
	25°	1,18	2,85	1,33	2,89	1,49	2,93	1,64	2,97
	30°	1,41	2,91	1,60	2,96	1,80	3,00	2,00	3,05
	35°	1,67	2,97	1,91	3,02	2,15	3,07	2,40	3,12
	40°	1,97	3,03	2,26	3,09	2,57	3,15	2,88	3,29
	45°	2,33	3,10	2,69	3,17	3,06	3,23	3,45	3,29

Vandret last på afstivende vægge (nyt)

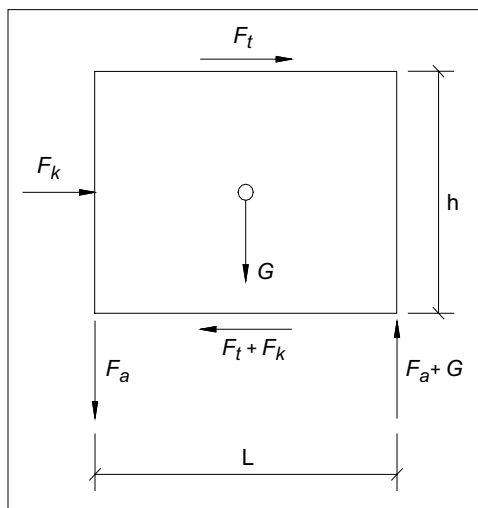
Den vandrette last på de afstivende vægge består af to bidrag, se nedenstående figur:

- Last som overføres til væggens overside fra loftskiven, F_t
- Last som overføres direkte til væggens lodrette kanter, F_k

Den last, som overføres fra loftskiven til en afstivende væg, bestemmes ved at fordele den samlede last på loftskiven, fx angivet i SBI-anvisning 189, side 124-125, afsnittet 'Fordeling af vandret last' eller som angivet i SBI-anvisning 186, side 40-41, afsnittet 'Fordeling af den vandrette last på de afstivende vægge'.

Ved vind på langs øges F_t langs de to facader med den halvdel af lasten på gavltrekanterne, som antages optaget af vindafstivningen i tagfladerne.

Når der indgår murværk i ydervæggene, således at kun 25 % af lasten regnes optaget af loftskiven, kan man regne med, at 50 % af lasten på den aktuelle del af ydervæggen overføres direkte til tværvæggens lodrette kanter, og de sidste 25 % til fundament/terrændæk.



Kræfter, der påvirker en afstivende væg.

(Figur 129 fra SBI-anvisning 189: Småhuse).

Vandret bæreevne af afstivende vægge (nyt)

I SBI-anvisning 186's Bilag B angives bæreevner for afstivende vægge, hvor det er forudsat, at hele den vandrette last angriber som lasten F_t langs væggens overside. Disse angivelser kan bruges til dimensionering af en væg med en vandret last F_k midt på den lodrette kant, hvis man i stedet øger lasten langs væggens overside med 0,5 F_k . Denne ændring giver samme moment og dermed samme behov for lodret forankring af væggen, men behovet for glidningssikring langs væggens underside undervurderes lidt. Da kun 25 % af ydervæggens tværlast føres direkte til fundamentet, er der normalt en uudnyttet forskydningskapacitet ved ydervægsfundamentet, som kan kompensere for den manglende glidningssikring.

Ved vurdering af de afstivende vægges bæreevne kan man udnytte bidragene nævnt i afsnittet 'Yderligere bidrag til optagelse af den vandrette last' i SBI-anvisning 186, side 47-48. Hvis disse bidrag udnyttes, må alle lastbidrag medtages korrekt, og lastværdierne fra tabel 24 og 25 bør kun reduceres med 10 % (for manglende korrelation mellem vindlasterne på den luv og den læ side). Dette gælder også, hvis huset, i modsætning til sædvane, har en høj grad af statisk bestemthed.

Eksempel (nyt)

Et 8 m bredt hus med 9 m bredt tag, tværvægge for hver 4 m, formur i teglsten og 30° taghældning er placeret i terrænklasse By. Ved vind på tværs skal man ifølge tabel 24 regne med en vandret last på 0,82 kN/m på taget og 1,52 kN/m på facaderne. Da der er tale om en sædvanlig konstruktion, reduceres disse laster med 20 % til hhv. 0,66 kN/m og 1,22 kN/m.

Lasten på loftskiven bestemmes på følgende måde: Da formuren er af murværk, føres kun ca. 25 % af facadelasten til loftskiven. Den samlede last på loftskiven er da: $0,66 \text{ kN/m} + 0,25 \cdot 1,22 \text{ kN/m} = 0,96 \text{ kN/m}$.

Lasten på en afstivende tværvæg bestemmes på følgende måde: Lasten fra loftskiven er: $F_t = 4,0 \text{ m} \cdot 0,96 \text{ kN/m} = 3,8 \text{ kN}$. 50 % af facadelasten føres direkte til den afstivende vægs lodrette kanter: $F_k = 0,50 \cdot 4,0 \text{ m} \cdot 1,22 \text{ kN/m} = 2,4 \text{ kN}$. F_k halveres og flyttes til væggens

overside, hvorefter den samlede ækvivalente last langs væggens overside er $3,8 \text{ kN} + 1,2 \text{ kN} = 5,0 \text{ kN}$.

Bilag B. Afstivende vægges forskydningsbæreevne

Forskydningsbæreevner for 4 vægtyper (s. 75)

På side 76 - 78 ændres angivelserne om bundremmens eller bundskinnens fastgørelse til følgende:

	<i>Gipsplade 1</i>	<i>Gipsplade 2</i>
Bundskinnens fastgørelse	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm eller 1 skudsøm 3,7 x 27 mm pr. 300 mm i beton 12 eller 1 skudsøm 3,7 x 32 mm pr. 300 mm i beton 4 eller 1 skrue 4,0 x 60 mm pr. 150 mm i letklinkerbeton.	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm eller 1 skudsøm 3,7 x 27 mm pr. 200 mm i beton 12 eller 1 skudsøm 3,7 x 32 mm pr. 200 mm i beton 4 eller 1 skrue 4,0 x 60 mm pr. 100 mm i letklinkerbeton.
Forskydningsbæreevne	2,5 kN/m	4,0 kN/m

	<i>Spånplade</i>	<i>Krydsfiner</i>
Bundremmens fastgørelse	12 mm ekspansionsbolt pr. 800 mm	16 mm ekspansionsbolt pr. 700 mm
Forskydningsbæreevne	4,0 kN/m	7,0 kN/m