

Lastberegning

Forudsætninger

Generelt

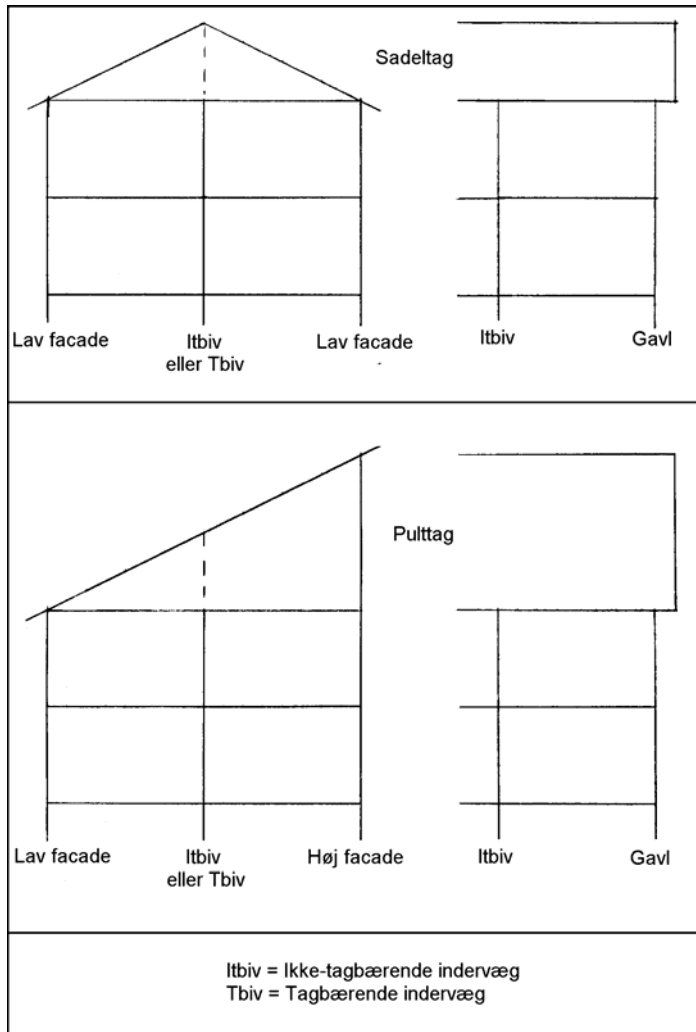
En beregning med modulet dækker én væg i alle etager. I modsætning til version 1 og 2 beregner programmodulet også vind- og snelast på taget. Brugeren skal derfor ikke selv sammenstykke sine lastkombinationer ud fra regningsmæssige delværdier og et sæt regler om kombination af partialkoefficienter, men blot - i tabellerne i rapportens resultatdel - vælge den eller de lastkombinationer for hver enkelt etage, der ser ud til at kunne blive dimensionsgivende.

Programmodulet beregner alle laster i henhold til DS 409/DS 410:1998.

Valgmuligheder

Væggen kan efter sin placering være (se figur 1):

1. en facadevæg (kode: *LavFac* eller *HojFac*), parallelt med tagets kiplinie,
2. en gavlvæg (kode: *Gavl*), vinkelret på tagets kiplinie,
3. en tagbærende indervæg (kode: *Tbiv*), dvs. en indervæg, der deltager i bæringen af taget, eller
4. en ikke-tagbærende indervæg (kode: *Itbiv*), dvs. en indervæg, der ikke deltager i bæringen af taget.



*Figur Error! Unknown switch
argument Værelsesvægge og*

Tagkonstruktionen kan efter sine understøtningsforhold være (se figur 2):

1. fritspændende, dvs. tagkonstruktionen spænder fra facade til facade, så vind- og snelast på tagfladerne fordeles på de to facadevægge svarende til placeringen af den samlede lastresultant. Gavlvægge og indervægge modtager ingen last fra taget.
2. mellemunderstøttet, dvs. tagkonstruktionen spænder fra facadevæg til tagbærende indervæg, som forudsættes at være en længdevæg, der står midt mellem de to facader. Lasten på hver tagflade fordeles mellem facade og længdevæg svarende til placeringen af tagfladernes lastresultanter. Gavlvægge og øvrige indervægge modtager ingen last fra taget.

	Sadeltag	Pulttag
Fritspændende	<p>Væg C modtager ingen last fra tag (kun fra loft!)</p>	
Mellemunderstøttet		

Figur Error! Unknown switch argument.. Tagkonstruktionens understøtningsforhold

Tagkonstruktionen kan efter sin form være (se figur 1):

1. et sadeltag eller
2. et pulttag, dvs. et tag med énsidig hældning. Hvis den aktuelle væg er en facadevæg, må det angives, om tagets laveste eller højeste side hviler på denne væg.

Hvis den aktuelle væg er en gavlvæg eller en ikke-tagbærende indervæg, er tagkonstruktionens understøtningsforhold og form uden betydning.

Der skelnes mellem tag (spærhoved) og loft (evt. spærfod). Al vindlast, herunder indvendigt tryk/sug, forudsættes at virke på taget, mens loftet kan være påvirket af nyttelast. Understøtningsforholdene for tag og loft kan være ens som ved gitterspær, eller forskellige som ved hanebåndsspær. Loftkonstruktionen opfattes som et etagedæk, men dens last og understøtningsforhold er ofte forskellig fra eventuelle øvrige etagedæks last og understøtningsforhold. Loftkonstruktionens last og understøtningsforhold må derfor angives separat i inddata.

Beliggenheden kan være en af de fire terrænklasser, der er defineret i DS 410. Forrest er anført den korte benævnelse, der er anvendt i programmets dialogboks.

hav/hede	Kategori I	Hav med brydende bølger, søer og fjorde med mindst 5 km frit stræk opstrøms og glat, fladt landskab uden forhindringer.
landbrugsland	Kategori II	Landbrugsland med læhegn, spredte små landbrugsbygninger, huse eller træer.
forstad, industri	Kategori III	Forstads- eller industriområder, rækker af læhegn.
cityområde	Kategori IV	Byområde med tætstående bygninger, hvis gennemsnitshøjde er større end 15 m.

Ved beregning af vindlasten på et givet hus skal man normalt tage hensyn til det "værste" terræn af væsentlig udstrækning i husets omegn (indtil 0,5-1,0 km væk).

Der henvises til DS 410:1998 for yderligere detaljer og vejledning.

Vindlast generelt

Bygningen forudsættes at opfylde DS 410, 6(6), således at vindlasten kan regnes kvasistatisk, og således at reglerne i DS 410, 6(7) kan anvendes. Dog anvendes ikke alle disse regler, men kun følgende:

- Retningsfaktoren $c_{dir} = 1$
- Peak-faktoren $k_p = 3,5$, dog kun for udvendig vindlast
- Konstruktionsfaktoren $c_d = 1$
- Tangentiell vindlast negligeres.

Følgende undtagelser fra 6(7) implementeres:

- Referencehøjde for indvendig vindlast sættes til midten af det betragtede vægfelt.
- Topografifaktoren c_t vælges af brugeren, idet den angives som inddata. Standardværdien og minimumsværdien er $c_t = 1$, og maksimumsværdien er $c_t = 1,6$. Hjælpeteksten henviser til DS 410, 6.1.2.2. Virkningen er, at q_{\max} er proportional med c_t^2 .
- Peak-faktoren $k_p = 1,5$ for indvendig vindlast, jf DS 410, 6.3.2(12). Dette hænger sammen med en forudsætning om, at huset er uden dominerende åbninger, hvilket igen medfører, at ekstremværdierne for $c_{p,i}$ er 0,2 og -0,3, jvf DS 410, 6.3.2(8).

Vindlast regnes som bunden, variabel last. Det vil sige, at al karakteristisk vindlast på bygningen skal multipliceres med samme lastfaktor. Denne lastfaktor kan være 0, 0,5 eller 1,5, da $\psi = 0,5$ og $\gamma = 1,5$. Lastfaktor er en fællesbetegnelse for partialkoefficienten γ og lastkombinationsfaktoren ψ . Værdien 0 er relevant for en letbetonvæg, se nærmere nedenfor.

Der tages hensyn til afstanden fra Vesterhavet eller Ringkøbing Fjord, idet denne afstand aV (enhed: km) er inddata. Basisvindhastigheden er konstant for alle $aV > 25$ km, men forøges, hvis $aV < 25$ km. Hvis $aV > 25$, sætter programmet $aV = 25$. Herefter beregnes basishastigheden som $v_b = 24 + 0,12(25 - aV)$ [m/s]. Endelig beregnes basishastighedstrykket $q_b = 0,625 v_b^2 / 1000$ [kN/m²] samt q_{\max} efter formlerne i DS 410, tabel V6.

Vindretninger

Retningsangivelserne ”på langs” og ”på tværs” refererer altid til retningen af tagets kiplinie.

I DS 410:1982 er der angivet specielle formfaktorer for undersiden af tagudhæng for vind på skrå. Denne komplikation findes ikke i DS 410:1998; her følger vindlasten på undersiden af tagudhæng nøje vindlasten på ydersiden af den tilsluttende ydervæg, og formfaktorerne for vind på skrå afviger ikke fra formfaktorerne for vind på langs hhv. vind på tværs. Dette gælder både tag og ydervægge. Der regnes derfor kun med vind på langs af huset og vind på tværs af huset.

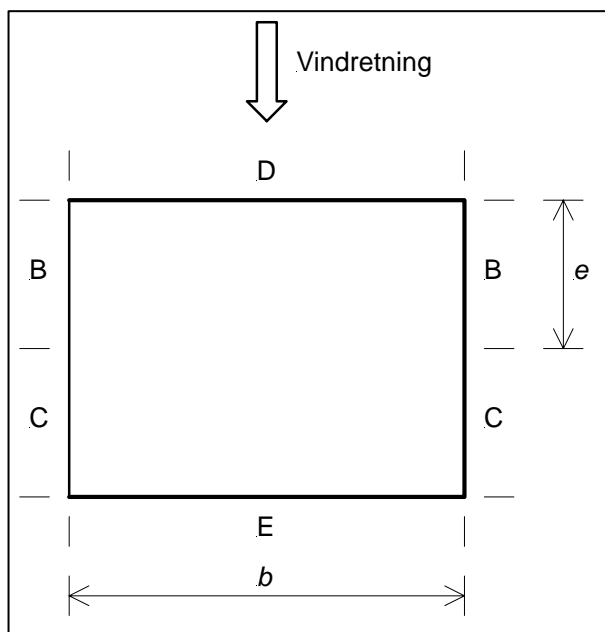
For indvendige vægge beregnes tværlasten altid med $c = 0,4$ uafhængigt af vindretningen.

Vindlast på ydervæg

Følgende vindlasttilfælde er relevante:

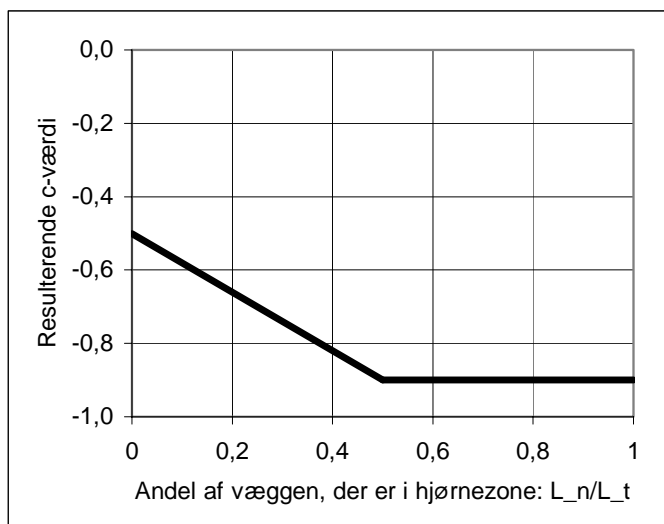
- vind parallelt med den aktuelle væg med retning fra det nærmeste hushjørne mod det aktuelle vægfelt ($c_{pe,10} = -0,9$, hvis vægfeltet er i område B, se figur 3).
- vind *mod* den aktuelle væg ($c_{pe,10} = 0,7$ i område D).

Et vægfelt kan være mindre end 10 m², således at programmet i nogle tilfælde skal interpolere logaritmisk mellem $c_{pe,10}$ og $c_{pe,1}$ ved fastsættelsen af vindlasten på tværs af feltet. For $c_{pe,1}$ anvendes værdierne i den europæiske lastnorm DS/ENV 1991-2-4, Eurocode 1, Vindlast. $c_{pe,1}$ er kun forskellig fra $c_{pe,10}$ i områderne B og D.



Et vægfelt kan være placeret således, at en del af feltet er nær ved hjørnet (i område B, dvs. $c_{pe,10} = -0,9$), mens den resterende del er fjernt fra hjørnet (i område C, dvs. $c_{pe,10} = -0,5$). I beregningsmodulerne skal der imidlertid indsættes én værdi for tværlasten, baseret på én resulterende c -værdi, c_{res} .

Vægfeltets totale længde benævnes L_t , og længden af den del, der er nær ved hjørnet, benævnes L_n . c -værdien nær hjørnet benævnes c_n , og c -værdien fjernt fra hjørnet benævnes c_f . For $L_n/L_t = 0$ (hele vægfeltet i område C) er $c_{res} = c_f$, og for $L_n/L_t = 1$ (hele vægfeltet i område B) er $c_{res} = c_n$. For mellemliggende værdier af L_n/L_t skal der bestemmes en mellemliggende værdi af c_{res} . Følgende sammenhæng er valgt i programmodulet: Hvis mere end halvdelen af vægfeltet er placeret nær hjørnet, dvs. i den højt eksponerede hjørnezone, beregnes hele vægfeltet for den høje tværlast. Hvis mindre end halvdelen af vægfeltet er placeret nær hjørnet, regnes der med lineær sammenhæng mellem L_n og c_{res} , se figur 4.



Figur 4. Resulterende formfaktor for et vægfelt, der delvis ligger i den højt eksponerede hjørnezone, område B.

Vindlast på overside af tag

For hvert område af taget og for alle tagvinkler angiver DS 410:1998 to forskellige c -værdier: en maksimalværdi, som altid er ≥ 0 , og en minimalværdi, som altid er ≤ 0 . Vindlast på tagets overside svarende til maksimalværdien af c benævnes "tryktilfældet". Vindlast på tagets overside svarende til minimalværdien af c benævnes "sugtilfældet".

Lastkombinationsfaktoren ψ

Mens lastkombinationsfaktoren ψ for naturlaster er konstant = 0,5, er den for nyttelast i nogle tilfælde også = 0,5, mens den i andre tilfælde er 1,0, jf. DS 410:1998, punkt 3.1.1. ψ kan således have én værdi for nyttelast på loft, og en anden værdi for nyttelast på en normal etageadskillelse.

Symboler for karakteristiske lastbidrag

w_T	Vind på tværs af taget
w_L	Vind på langs af taget.
s	Snelast (på tagets overside)
q	Nyttelast (på loft eller etagedæk)

Vindlasttilfælde

Hvis der er vind på langs af taget, og den aktuelle væg er en facadevæg, er vinden parallelt med væggen, og der er sug på ydersiden af væggen. Dette kombineres med indvendigt overtryk, således at den udadgående last på væggen bliver maksimal. Det indvendige overtryk betyder tryk ikke alene på væggenes indersider, men *også* på tagets underside inde i huset. På undersiden af tagudhænget over den aktuelle facade (det aktuelle facadeudhæng) er der samme sug som på ydersiden af facaden. På undersiden af det modsatte facadeudhæng kan der principielt være enten sug eller ingenting, men det gør ikke nogen væsentlig forskel for

den aktuelle facadevæg, hvis tagkonstruktionen er fritspændende, og slet ingen forskel, hvis tagkonstruktionen er mellemunderstøttet. Det antages derfor, at der er samme sug under det modsatte facadeudhæng som under det aktuelle, således at vindlasten på taget er symmetrisk. Under det luv gavlhæng er der tryk svarende til $c = 0,7$, og under det læ gavlhæng er der sug svarende til $c = -0,3$.

Hvis der er vind på langs af taget, og den aktuelle væg er en gavlvæg, er vinden vinkelret på væggen, og der er tryk på ydersiden af væggen. Dette kombineres med indvendigt undertryk og dermed sug på indersiden af gavlvæggen. Da taget ikke belaster gavlen, er vindlasten på tagets enkelte dele uinteressant.

Hvis der er vind på tværs af taget, og den aktuelle væg er en facadevæg, er vinden vinkelret på væggen, og der er tryk på ydersiden af væggen. Dette kombineres med indvendigt undertryk og dermed sug på indersiden af facadevæggen og på tagets underside inde i huset. Tryk ($c = 0,7$) under luv facadeudhæng og sug ($c = -0,3$) under læ facadeudhæng. Under begge gavlhæng forudsættes sug.

Hvis der er vind på tværs af taget, og den aktuelle væg er en gavlvæg, er vinden parallelt med væggen, og der er sug på ydersiden af væggen. Dette kombineres med indvendigt overtryk. Da taget ikke belaster gavlen, er vindlasten på tagets enkelte dele uinteressant.

Vindlasten på tagets overside afhænger dels af vindretningen, dels af om tryktilfældet eller sugtilfældet vælges. Dette markeres ved en tilføjelse til w_T eller w_L i de tilfælde, hvor lasten på taget påvirker den aktuelle væg, dvs. hvor den aktuelle væg er en facade eller en tagbærende indervæg:

w_{Tt} eller w_{Lt}

Vindlasten på tagets overside svarer til tryktilfældet.

w_{Ts} eller w_{Ls}

Vindlasten på tagets overside svarer til sugtilfældet.

For "lastkombination" benyttes symbolet lk .

Relevante lastkombinationer

Følgende principielle lastkombinationer (*lk*) er relevante:

- Vind i tryktilfældet (w_{Tt} eller w_{Lt}) + sne + max nyttelast på etagerne. Svarer til lastkombination 2.1 i DS 409. Ét af de nævnte bidrag skal multipliceres med γ (1,3 eller 1,5), de øvrige med ψ (0,5 eller 1,0). I de tilfælde, hvor tværlasten skal multipliceres med γ , skal vindens bidrag til den lodrette last også multipliceres med γ , og så skal al sne- og nyttelast multipliceres med ψ .
- Vind i sugtilfældet (w_{Ts} eller w_{Ls}) + minimal nyttelast på etagerne. Svarer til lastkombination 2.2 i DS 409. Her er kun én relevant underkombination, nemlig γ på vindlasten, 0,8 på egenlasten og ingen sne- eller nyttelast, idet lastkombinationen går på maksimal tværlast og minimal lodret last.

Generelt relevante eller mulige kombinationer

$$lk\ 1: (2.1) \quad 1,0\ g + 1,5\ w_{Tt} + 0,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 2: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Tt} + 0,5\ s + 1,3\ q$$

$$lk\ 3: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Tt} + 1,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 4: (2.1) \quad 1,0\ g + 1,5\ w_{Lt} + 0,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 5: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Lt} + 0,5\ s + 1,3\ q$$

$$lk\ 6: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Lt} + 1,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 7: (2.2) \quad 0,8\ g + 1,5\ w_{Ts} + 0\ s + 0\ q$$

$$lk\ 8: (2.2) \quad 0,8\ g + 1,5\ w_{Ls} + 0\ s + 0\ q$$

$$lk\ 9: (2.1) \quad 1,0\ g + 0\ w + 0,5\ s + 1,3\ q$$

$$lk\ 10: (2.1) \quad 1,0\ g + 0\ w + 1,5\ s + \psi\ q$$

Kommentarer vedr generelt relevante eller mulige kombinationer

Ved undersøgelse af fleretagers bygninger regnes nyttelast på hver etage som én last, jf. DS 409:1998, pkt. 5.2.6(6)P. Det vil sige, at lastbidraget fra dækket umiddelbart over den aktuelle etage skal multipliceres med 1,3, og lastbidragene fra de øvrige dæk over den aktuelle etage skal multipliceres med ψ . (Reglen siger, at lasten på én etage skal multipliceres med 1,3, og at lasten på de øvrige etager skal multipliceres med ψ . Ved at vælge den største faktor til dækket umiddelbart over den aktuelle etage fås størst resulterende excentricitet ved vægtop. Det forudsættes, at den karakteristiske last ikke er større fra nogle af de øvrige dæk).

I lastkombination 2.2 er partialkoefficienten på vindlast ikke altid 1,5. I lav sikkerhedsklasse multipliceres den med 0,90, og i høj sikkerhedsklasse multipliceres den med 1,10.

Lastkombinationerne 1 og 4 giver størst vægt til vindlasten, herunder tværlasten. Kan være interessant for alle vægge i alle etager.

Lastkombinationerne 2 og 5 giver størst vægt til nyttelasten. Kan være interessant for alle vægge i alle etager.

Lastkombinationerne 3 og 6 giver størst vægt til snelasten. Især interessant for øverste etage.

Kombinationer med w_{Tt} (*lk* 1, 2 og 3) giver vindtryk på luv tagflade, altså et lille bidrag til den lodrette last på luv facade og tagbærende indervæg. Kombinationer med w_{Lt} (*lk* 4, 5 og 6) giver intet vindtryk på tagfladerne, og altså intet bidrag til den lodrette last. Imidlertid er det normalt væggenes tværlast, der er afgørende for den dimensionsgivende vindretning, så ingen af retningerne kan udelukkes på forhånd, med mindre der er tale om en tagbærende indervæg, hvor vindretningen er ligegyldig for tværlasten, men hvor den nedadrettede last fra vindtryk på luv tagflade gør udslaget.

Kombinationerne 7 og 8 giver minimal lodret last og maksimal tværlast. De kan være relevante for alle vægge.

Kombinationerne 9 og 10 er kun relevante for elementvægge, idet tværbelastede elementvægge kan beregnes efter Navier, men supplerende skal beregnes efter Ritter for en lastkombination uden tværlast. "Uden tværlast" er ensbetydende med "uden vindlast", da vindlast altid giver tværlast på enhver væg.

Relevante for facadevæg:

$$lk\ 1: (2.1) \quad 1,0\ g + 1,5\ w_{Tt} + 0,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 2: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Tt} + 0,5\ s + 1,3\ q$$

$$lk\ 3: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Tt} + 1,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 4: (2.1) \quad 1,0\ g + 1,5\ w_{Lt} + 0,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 5: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Lt} + 0,5\ s + 1,3\ q$$

$$lk\ 6: (2.1) \quad 1,0\ g + 0,5\ w_{Lt} + 1,5\ s + \psi\ q$$

$$lk\ 7: (2.2) \quad 0,8\ g + 1,5\ w_{Ts} + 0\ s + 0\ q$$

$$lk\ 8: (2.2) \quad 0,8\ g + 1,5\ w_{Ls} + 0\ s + 0\ q$$

(Faktoren 1,5 modificeres, når sikkerhedsklassen er forskellig fra normal)

$$lk\ 9: (2.1) \quad 1,0\ g + 0\ w + 0,5\ s + 1,3\ q$$

(Kun for elementvægge)

$$lk\ 10: (2.1) \quad 1,0\ g + 0\ w + 1,5\ s + \psi\ q$$

(Kun for elementvægge)

Kommentarer vedr facadevæg

Især i eventuelle etager under den øverste (såkaldte nedre etager) er *lk* 4 og *lk* 5 mere relevante end *lk* 1 og *lk* 2, idet bidraget fra lodret last på taget har mindre vægt, og fordi den lodrette lasts excentricitet normalt giver moment samme vej som udadrettet tværlast.

lk 7 og 8 har minimal lodret last og maksimal tværlast. *lk* 7 er relevant for en væg fjernt fra et hushjørne, mens *lk* 8 er relevant for en væg nær et hushjørne.

Relevante for gavlvæg:

(påvirkes ikke af snelast og vindlast på tag)

lk 1: (2.1) $1,0 g + 1,5 w_T + \psi q$

lk 2: (2.1) $1,0 g + 0,5 w_T + 1,3 q$

lk 4: (2.1) $1,0 g + 1,5 w_L + \psi q$

lk 5: (2.1) $1,0 g + 0,5 w_L + 1,3 q$

lk 7: (2.2) $0,8 g + 1,5 w_T + 0 q$

(Faktoren 1,5 modificeres, når sikkerhedsklassen er forskellig fra normal)

lk 8: (2.2) $0,8 g + 1,5 w_L + 0 q$

lk 9: (2.1) $1,0 g + 0 w + 1,3 q$

(Kun for elementvægge)

Relevante for tagbærende indervæg:

lk 1: (2.1) $1,0 g + 1,5 w_{Tt} + 0,5 s + \psi q$

lk 2: (2.1) $1,0 g + 0,5 w_{Tt} + 0,5 s + 1,3 q$

lk 3: (2.1) $1,0 g + 0,5 w_{Tt} + 1,5 s + \psi q$

lk 8: (2.2) $0,8 g + 1,5 w_{Ls} + 0 s + 0 q$

(1,5 modificeres med sikkerhedsklassen)

lk 9: (2.1) $1,0 g + 0 w + 0,5 s + 1,3 q$

(Kun for elementvægge)

lk 10: (2.1) $1,0 g + 0 w + 1,5 s + \psi q$

(Kun for elementvægge)

Kommentarer vedr tagbærende indervæg

Tværlasten på væggen afhænger ikke af vindretningen, så kun de vindretninger, der giver størst nedad- og opadrettet last på væggen, er relevante

Relevante for ikke-tagbærende indervæg:

(påvirkes ikke af snelast og vindlast på tag)

lk 1: (2.1) $1,0 g + 1,5 w + \psi q$

lk 2: (2.1) $1,0 g + 0,5 w + 1,3 q$

lk 7: (2.2) $0,8 g + 1,5 w + 0 q$

(1,5 modificeres med sikkerhedsklassen)

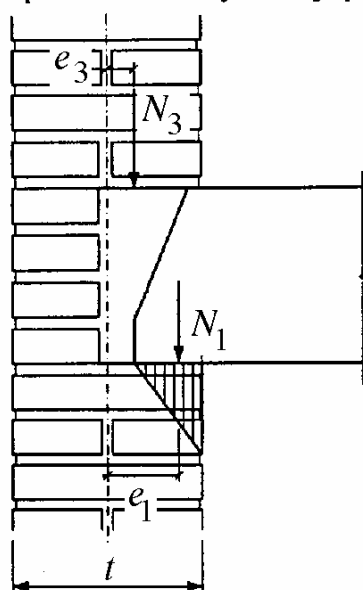
lk 9: (2.1) $1,0 g + 0 w + 1,3 q$

(Kun for elementvægge)

Excentricitet af lodret last

Grundlaget for excentricitetsberegningen er det princip, der er vist i DS 414, 5. udg., Anneks A, Eksempel 3: Følgende lastbidrag tilføres toppen af hver væg:

Eksempel 3: Excentriciteter fra ensidigt oplagte dæk og bjælker



Figur A.3: Ensidigt oplagt dæk

1. Last fra ovenliggende etager, inkl. egenlast fra disse etager: N_3 med excentriciteten e_3 , som sættes til 10 mm i skærpet kontrolklasse og 15 mm i normal kontrolklasse.
2. Last fra det nærmeste dæk N_1 med den excentricitet e_1 , der er angivet i inddata.

Ofte forudsættes den ovenstående væg at være helt eller delvis indspændt ved væggenes fod. Dette vil naturligvis påvirke størrelsen af e_3 . Men som regel vil excentriciteten fra fodmomentet være modsat rettet excentriciteten e_1 , så det er på den sikre side at se bort fra fodmomentet.

Den resulterende excentricitet ved vægtop beregnes herefter som

$$e_{0,top} = (e_1 N_1 + e_3 N_3) / (N_1 + N_3).$$