

Indhold

1. Alment	1
2. Resultatudskrifter.....	2
2.1 Systemdata	2
2.2 Vægskiver	2
2.3 Vægplan	3
3. Vejledning	4
3.1 Indtastning af systemdata.....	5
3.2 Indtastning af etagekonturer	6
3.3 Indtastning af data for vandrette laster	7
3.4 Sikring af den enkelte vægs stabilitet.....	10
3.5 Udskrivning af resultater	12
4. Om beregningssystemets baggrund.....	13

1. Alment

Programmet er en applikation til Microsoft Excel (ver. 8) til brug for overslagsberegning af skivebygningers totalstabilitet. Programmet skal altid gemmes under navnet Stabilitet.xls.

VIGTIGT: Resultaterne af nærværende beregningssystem skal **altid** efterkontrolleres af køber/bruger! Betonelement-Foreningen og de øvrige ophavsmænd påtager sig **intet ansvar** for fejl og mangler ved systemets informationsindhold mv. eller for svigt ved - eller tab som følge af - produkter fremstillet under anvendelse heraf.

Bygningen kan være op til 6 etager høj og kan omfatte op til 27 stabiliserende vægge. På basis af brugerens oplysninger om etagehøjder, placering og størrelse af stabiliserende vægge samt oplysninger vedrørende vind- og/eller masselast opstiller programmet en statisk mulig model for den vandrette lastfordeling. Denne del af programmet er baseret på beregningsmetoden, der er nærmere beskrevet i bind 3, siderne 26-31 i *Betonelementer - Håndbog* i 4 bind udgivet af Betonelement-Foreningen 1991.

På baggrund af den vandrette lastfordeling foretager programmet endvidere en beregning af de enkelte vægges stabilitet overfor væltning og glidning ved hvert etagekryds. Ved denne beregning forudsættes vægbetonens karakteristiske egenvægt at være 24 kN/m². Brugeren kan for den enkelte væg tilføje stabiliserende/destabiliserende lodrette laste på hver etage svarende til de aktuelt undersøgte lasttilfælde iht. DS 409.

Programmet forudsætter uendelig stive dækskiver, og brugeren skal eftervise, at dækskiver og underbygning kan optage snitkræfterne svarende til den fundne vandrette lastfordeling. Ligeledes skal brugeren detaillimensionere vægelementer, samlingsdetaljer og eventuelle lodrette trækforbindelser med tilhørende forankringer.

2. Resultatudskrifter

2.1 Systemdata

Systemet defineres i et vandret (x,y)-koordinatsystem, der vælges af brugeren. Udskriftarket "systemdata" angiver for hver af etagerne 1 - 6:

h_etg	Den pågældende etages højde
y_Wx	y-koordinaten til den vandrette lastresultant i x-retningen på dækskiven over etagen
W_x0	Den vandrette lastresultant i x-retningen på dækskiven over etagen
x_Wy	x-koordinaten til den vandrette lastresultant i y-retningen på dækskiven over etagen
W_y0	Den vandrette lastresultant i y-retningen på dækskiven over etagen

Endvidere angives for hver væg brugerens systemdata:

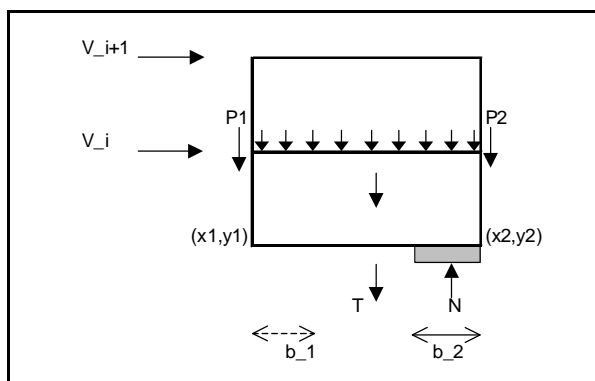
(x1 , y1)	Væggens første endepunkt i etage 1
(x2 , y2)	Væggens andet endepunkt i etage 1
t	Væggens tykkelse
a0	Faktor for væggens relative stivhed (værdi skønnet af bruger, jf. nedenfor)
n_max	Væggens (incl. etagekrydsenes) normalkraftkapacitet
etager	Væggens højde i bygningen målt i antal etager

Fælles for alle vægge gælder endvidere brugerens angivelse af partialkoefficienten (γ_g) på væggens egenvægt.

I skemaet med systemdata resummerer programmet for hver væg resultatet af den foretagne vandrette lastfordeling, givet ved lastene V der er den vandrette last på væggen i hver etage fra dækskiven over etagen. Lastene V regnes positive i retningen fra væggens første til andet endepunkt. Fordelingen styres i alle etager af de pågældende vægges længde i etage 1, idet fordelingsnøglen for væg nr. j er $\alpha_j = a_{0j} \cdot (L_j/h)^2$, hvor L_j er væglængden i stueetagen.

2.2 Vægskiver

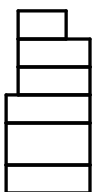
På udskriftarkene "vægskiver" er vist en lille opstalt af hver væg. Resultatet af den vandrette lastfordeling (kræfterne V_i) er overført fra arket "systemdata". Beregningerne handler nu om at bestemme værdierne af N , T og b_2 (resp. b_1) svarende til de vandrette kræfter sammen med brugerens særlige data for den enkelte væg .



Disse særlige brugerdefinerede data omfatter:

- r_1 Indryk af vægges første endepunkt i etagen i forhold til væggen i stueetagen
- r_2 Indryk af vægges andet endepunkt i etagen i forhold til væggen i stueetagen
- p Linielast på væg fra dæk over etagen
- P1 Lodret last ved første endepunkt
- P2 Lodret last ved andet endepunkt

Resultaterne samles for hver væg i et skema som dette:

Væg nr. 3		Etage	h (m)	t (m)	r_1 (m)	r_2 (m)	L_eff (m)	V_i (kN)	Q (kN)	G (kN)	p (kN/m)	P1 (kN)	P2 (kN)	T (kN)	N (kN)	b_1 (m)	b_2 (m)	n (kN/m)	n_max (kN/m)
		6	3,00	0,20	1,00	2,00	4,00	36	36	46	0,0	0	0	9	55	0,00	0,05	1200	1200
5	3,00	0,20	1,00		6,00	49	86	69	0,0	0	0	0	115	0,00	0,44	260	1200	!	
4	3,00	0,20	1,00		6,00	50	136	69	0,0	0	0	67	252	0,00	0,21	1200	1200	!	
3	3,00	0,20			7,00	50	187	81	0,0	0	0	150	415	0,00	0,35	1200	1200		
2	4,50	0,20			7,00	63	250	121	0,0	0	0	404	790	0,00	0,66	1200	1200		
1	3,00	0,20			7,00	63	313	81	0,0	0	0	671	1138	0,00	0,95	1200	1200		

Ud over de særlige brugerdefinerede data angiver skemaet for hver etage:

- h Etagehøjden
- t Væggens tykkelse (samme i alle etager)
- L_eff Længden af kontaktfladen ned mod underliggende væg
- V_i Vandret last på væggen fra dækskiven over etagen (fra vandret lastfordeling)
- Q Resulterende vandret forskydningskraft i underside vægelement
- G Væggens egenvægt i etagen
- T Evt. fornøden trækraft ned i underliggende etage/basis for at sikre vægdelen over etagekrydset mod væltning.
- N Resulterende tryknormalkraft i underside væg ved etagekrydset.
- b_1 Udstrækningen af den fordelte normalkraft svarende til N, når denne resultant ligger ved kontaktfladens (L_eff) første endepunkt
- b_2 Udstrækningen af den fordelte normalkraft svarende til N, når denne resultant ligger ved kontaktfladens (L_eff) andet endepunkt
- n Den fordelte normalkraft $n = N/b_1$ resp. $n = N/b_2$
- n_max Væggens normalkraftkapacitet (fra "systemdata")

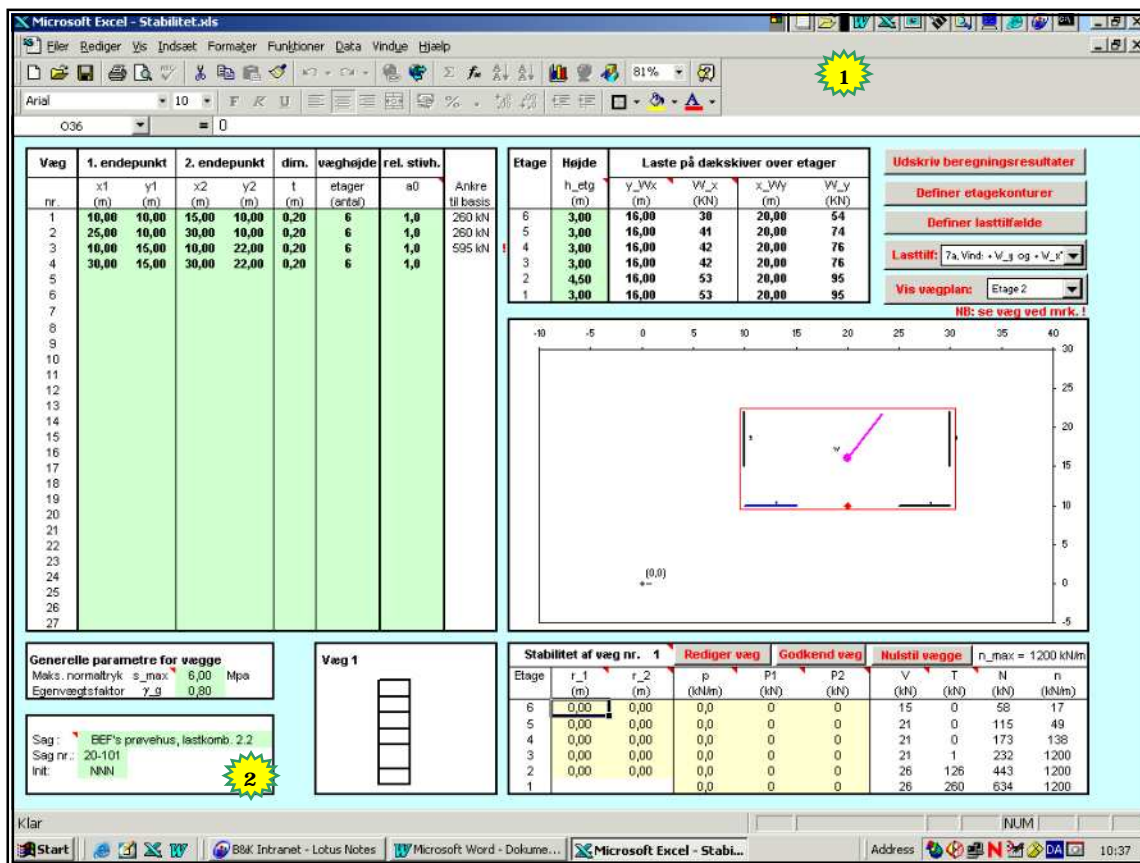
n begrænses af programmet til n_max, medmindre dette ikke muliggør en stabil løsning. Hvis der er anført et udråbstegn (!) yderst til højre skal det checkes, om n overstiger n_max og om der er sikkerhed mod glidning i etagekrydset (i.e. $Q \leq \mu \cdot N$, hvor $\mu = 0,5$), og der skal træffes de fornødne forholdsregler i anledning heraf.

2.3 Vægplan

På udskriftarket "vægplan" udtegnes plan(er) visende de af brugeren valgte etagers konturer og stabiliserende vægge med en markering af den samlede vandrette lastresultant (W) virkende på dækskiven over etagen.

3. Vejledning

Når programmet åbnes, skal skærbilledet se ud som vist nedenfor. For at få et rimeligt skærbillede kan det for nogle brugere være nødvendigt at skjule nogle af Excel's værktøjslinier. Dette gøres ved at højreklikke på bjælken { 1 } og fjerne flueben for de værktøjslinier der ikke er umiddelbart brug for.



Når brugeren har indtastet sagens stamoplysninger { 2 }, der automatisk overføres som overskrifter i udskriftsarkene, er arbejdsgangen i hovedtræk:

1. Indtastning af systemdata, herunder de stabiliserende vægges placering i brugerens eget koordinatsystem.
2. Indtastning af etagekonturer, der definerer bygningens ydre form i de enkelte etager.
3. Indtastning af data for vandrette laster, hvor resultanternes størrelse og angrebslinje for vind- og masselast på hver enkelt dækskive bestemmes som grundlag for beregnede lasttilfælde
4. Sikring af den enkelte stabiliserende væggs stabilitet overfor væltning (og evt. glidning) ved alle aktuelle lasttilfælde
5. Udskrivning af resultater

Undervejs vil programmet meddele at systemet er ustabil, hvis der optræder vægge eller vandrette laste i etager, der endnu ikke er stabile svarende til mindst 3 vægge med $L=1$ m.

3.1 Indtastning af systemdata

Vægge	1. endepunkt		2. endepunkt		tykkelse	væghøjde	rel. stivh.	Ankre til basis	Etage	Højde h_etg (m)
	x1 (m)	y1 (m)	x2 (m)	y2 (m)						
nr.										
1	10,00	10,00	15,00	10,00	0,20	6	1,0	316 kN	6	3,00
2	25,00	10,00	30,00	10,00	0,20	6	1,0	316 kN	5	3,00
3	10,00	15,00	10,00	22,00	0,20	6	1,0		4	3,00
4	30,00	15,00	30,00	22,00	0,20	6	1,0	616 kN	3	3,00
5									2	4,50
6									1	3,00
7										

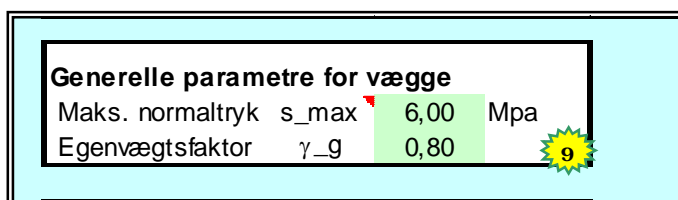
Brugeren skal indledningsvis vælge sig et passende koordinatsystem, hvori bygningens plan-geometri beskrives. Af hensyn til grafikken bør origo (x,y)= (0,0) lægges uden for bygningen. For hver stabiliserende væg skal herefter specificeres:

- { 3} Koordinaterne til væggenes endepunkter i etage 1.
- { 4} Væggens tykkelse.
- { 5} Væggens højde målt i antal etager
- { 6} Faktor for væggenes relative stivhed. Faktoren skønnes af brugeren, og vælges som udgangspunkt ofte til $a_0 = 1$. Brugeren kan selv vælge at sætte værdien op eller ned for de enkelte vægge afhængigt af om den enkelte væg ønskes at optage en større eller mindre del af de vandrette laster end svarende til fordeling efter kvadratet på væglængden.
- { 7} Bygningens højde specificeres ved højden af de enkelte etager

Undgå generelt at anvende Excel's indbyggede klippe- og kopi-funktioner under indtastning. Efterhånden som væggene indtastes, viser de sig på hovedmenuens oversigtsplan. Da ikke alle vægge nødvendigvis går op i bygningens øverste etager, kan man via rullelisten { 8} vælge hvilken etageplan, der skal vises på oversigtsplanen.



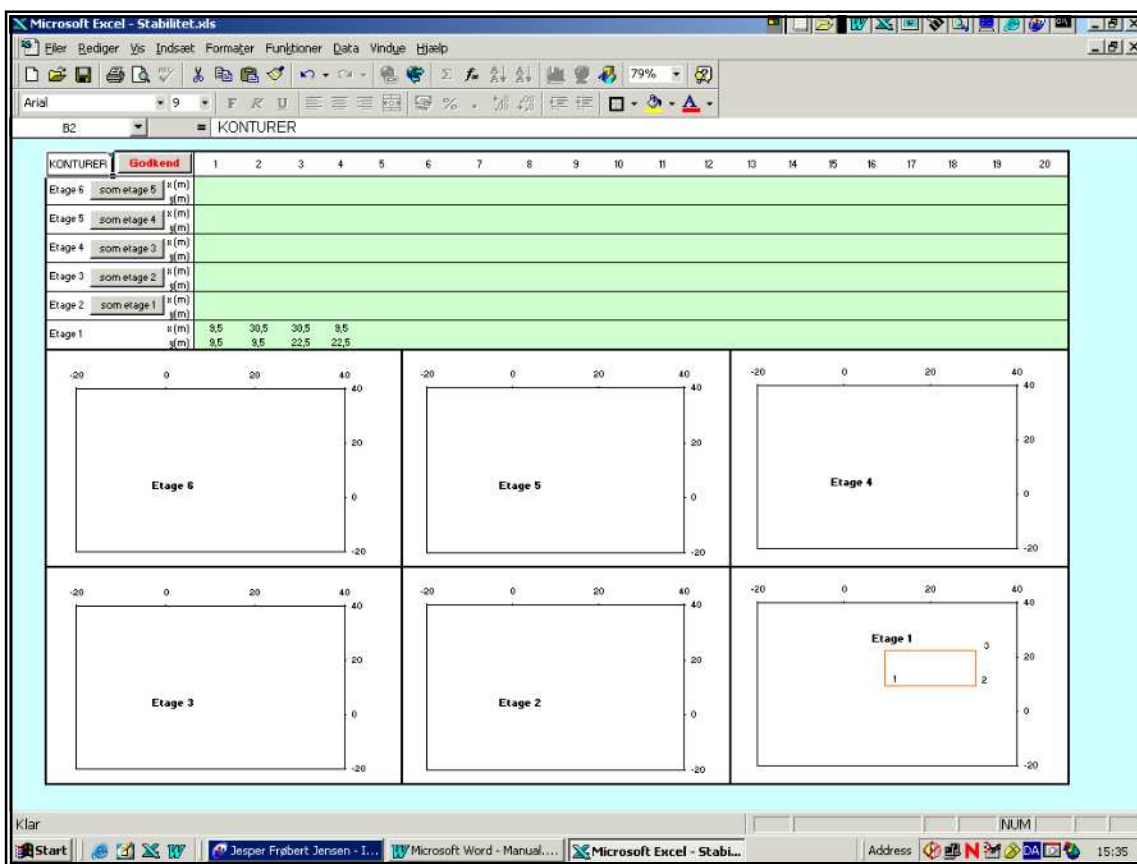
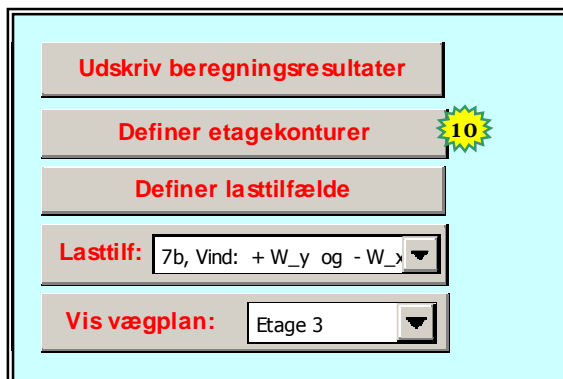
Ved de senere beregninger tages hensyn til begrænsningen i væggenes lodrette lastkapacitet ved definere et generelt gældende, maksimalt normaltryk i væggene { 9}. Dette normaltryk skal vælges både under hensyntagen til væggenes søjlekapacitet og til etagekrydsenes styrke over lodret last. Desuden indtastes egenvægtsfaktoren (γ_g), der af programmet ganges på vægbetonens egenvægt (24 kN/m³) - egenvægtsfaktoren bestemmes af brugeren svarende til den aktuelle lastkombination iht. DS409.



3.2 Indtastning af etagekonturer

Fra hovedmenuen fås adgang til at indtaste etagekonturer ved at klikke på kommandoknappen { 10 }, som fører over til skærbilledet vist nedenfor.

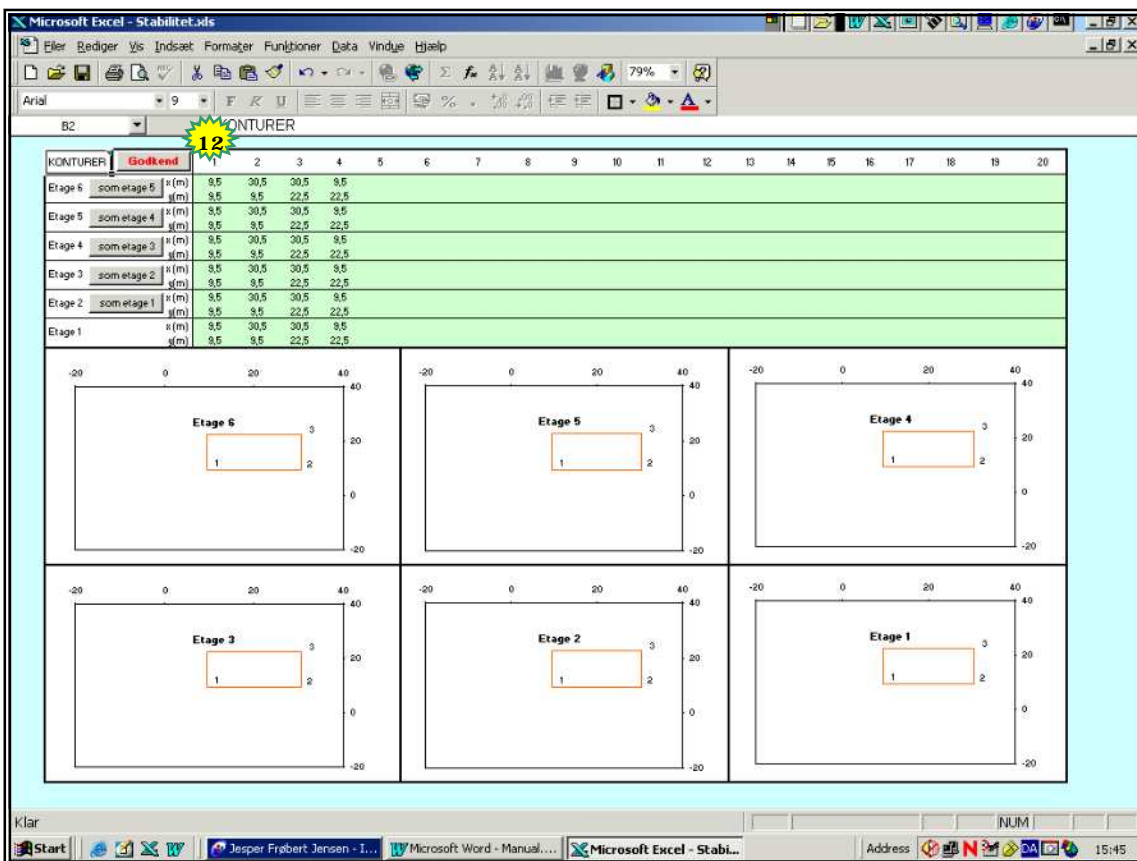
Undgå at anvende Excel's klippe- og kopi-funktioner.



I skemaet indtastes først koordinaterne til bygningens hjørnepunkter i etage 1 { 11 }. Herefter indtastes koordinaterne til hjørnepunkterne i de højereliggende etager – ved klik på knapperne { 12 } kopieres hjørnepunkterne fra underliggende etage.

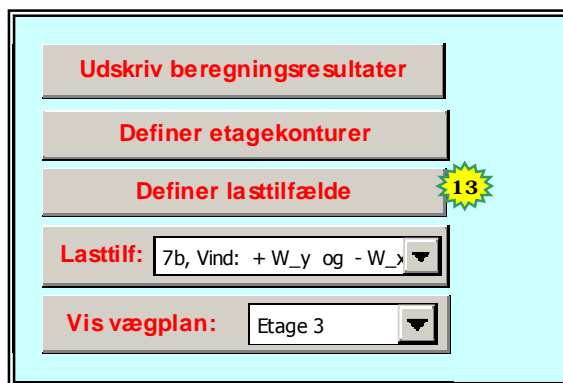
KONTURER	Godkend	1	2	3	4	5
Etage 6	som etage 5	x (m)				
		y (m)				
Etage 5	som etage 4	x (m)				
		y (m)				
Etage 4	som etage 3	x (m)				
		y (m)				
Etage 3	som etage 2	x (m)				
		y (m)				
Etage 2	som etage 1	x (m)				
		y (m)				
Etage 1		x (m)	9,5	30,5	30,5	9,5
		y (m)	9,5	9,5	22,5	22,5

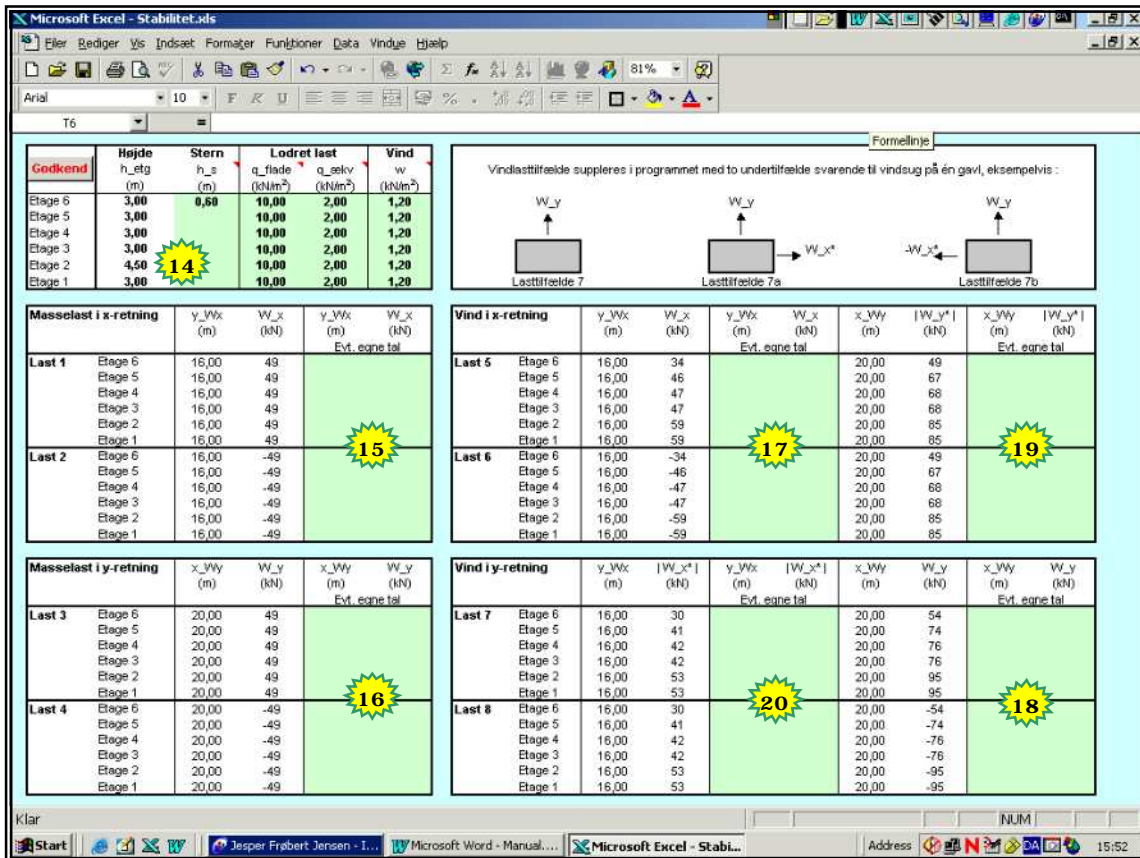
Når etagekonturerne er indtastet for alle etager klikkes på knappen { 12 } for at vende tilbage til hovedmenuen.



3.3 Indtastning af data for vandrette laster

Tilbage i hovedmenuen er man nu klar til at definere de vandrette belastninger. Dette sker ved at klikke på knappen { 13 }, hvilket fører over i nedenstående skærm-billede.





Man kan her vælge to måder til at definere de resulterende, vandrette belastninger på dækskiverne. I skemaet {14} kan der indtastes data for basislaste:

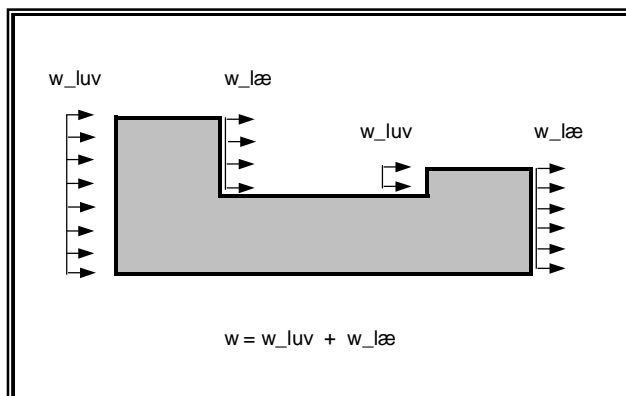
- q_{flade} er den gennemsnitlige regningsmæssige værdi af dæklaste på etagen
- q_{ækv} er en ækvivalent fladelast svarende til lodret bærende bygningsdele mv. Er dækskivens areal A, og udgør lodrette bygningsdeles og bjælkers egenvægte G_u og G_o i etagerne under og over dækskiven, er $q_{\text{ækv}} = \frac{1}{2}(G_u + G_o)/A$.
- w er den samlede regningsmæssige vindlast pr m² bygning (dvs. luv + læ side)

Desuden kan angives en højde h_s som repræsenterer højden af stern eller lignende over øverste dækniveau.

På baggrund af disse basislaste og de indtastede etagekonturer genererer programmet i skemaerne {15} - {18} placering og resultant af masselaste og vindkræfter på de forskellige dækskiver. Resultanterne W_x og W_y regnes med fortegn svarende til henholdsvis x-aksens og y-aksens retning. Værdierne y_{Wx} og x_{Wy} er afstanden fra koordinatsystemets origo til resultanterne henholdsvis W_x og W_y.

Ved programmets egen generering af resulterende vindlaste er medregnet vindlaste på facader i de enkelte etager som vist på figuren nedenfor svarende til vind på langs ad bygningen.

Programmet beregner først W_x og W_y på denne måde og antager derefter, at der sammen med W_x kan virke $\pm W_y^*$ og vice versa, for at der ved de forskellige lasttilfælde behandlet i hovedmenuen (se senere) kan tages hensyn til vindsug virkende på én bygningsside parallel med vindretningen.



Programmet regner med: $W_y^* = 0,9 |W_y|$ og $W_x^* = 0,9 * |W_x|$.

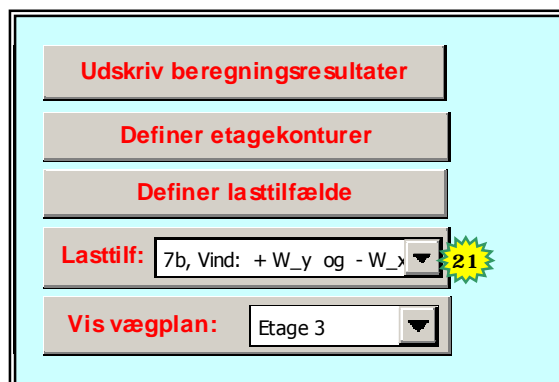
Brugeren kan helt eller delvis erstatte programmets forslag til lastresultaternes størrelse og placering ved at indtaste sine egne værdier i de grønne felter i skemaerne {15} – {20}. Vælger brugeren overalt at anvende egne værdier, er det ikke nødvendigt at udfylde skemaet {14}.

Programmet regner ikke i sit forslag til lastresultanter med tillæg for tangentiell vindlast på facader og tag – bidrag herfra forudsættes ved programmets generering af vindlastresultanter indeholdt i de inddaterede værdier for w og evt. h_s . Alternativt må brugeren selv direkte foretage fornøden korrektion ved at indtaste egne værdier i de grønne felter som nævnt. I denne sammenhæng regner programmet med at tagbelægning mv. bag sternen i det væsentlige ligger i samme højde som sternoverkanten.

Når lastene er indtastet vendes tilbage til hovedmenuen ved at klikke på knappen "Godkend" øverst til venstre i skemaet {14}.

Tilbage i hovedmenuen er man nu klar til at administrere de forskellige lasttilfælde. Dette sker ved at klikke på knappen {21}, hvor det ønskede lasttilfælde vælges fra rullelisten.


På hovedmenuens vægplan vises placering og retning af den resulterende lastvektor $W = (W_x, W_y)$ på dækskiven over etagen.



3.4 Sikring af den enkelte vægs stabilitet

I hovedmenuens skema nederst til højre kan brugeren nu gå ind og analysere hver enkelt vægs stabilitet overfor væltning og glidning. Væggene undersøges én ad gangen, og den enkelte væg kaldes frem via rullelisten { 22 }.

Væg 3



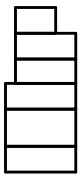
Stabilitet af væg nr. 3			Rediger væg	Godkend væg	Nulstil væg	n_max = 1200 kN/m			
Etage	r_1 (m)	r_2 (m)	p (kN/m)	P1 (kN)	P2 (kN)	V (kN)	T (kN)	N (kN)	n (kN/m)
6	0,00	0,00	0,0	0	0	36	0	81	19
5	0,00	0,00	0,0	0	0	49	0	161	66
4	0,00	0,00	0,0	0	0	50	0	242	406
3	0,00	0,00	0,0	0	0	50	78	400	1200
2	0,00	0,00	0,0	0	0	63	330	774	1200
1			0,0	0	0	63	595	1120	1200

Herved ændres skærbilledet som vist nedenfor, og brugeren kan nu indtaste følgende data for den pågældende væg i de forskellige etager:

- r_1 Evt. indrykning af væggens endepunkt 1 i forhold til etage 1
- r_2 Evt. indrykning af væggens endepunkt 2 i forhold til etage 1
- p Evt. lodret linielast fra dæk over etagen
- P_1 Evt. lodret, nedadrettet forskydningskraft i væggens endepunkt 1
- P_2 Evt. lodret, nedadrettet forskydningskraft i væggens endepunkt 2

Den valgte væg vises samtidig som blå på vægplanen.

Væg 3



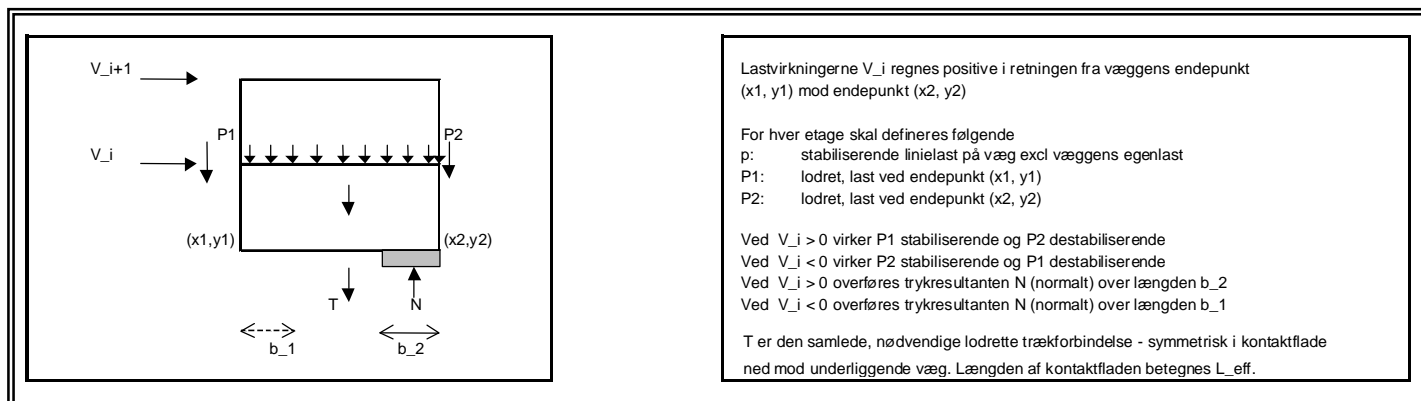
Stabilitet af væg nr. 3			Rediger væg	Godkend væg	Nulstil væg	n_max = 1200 kN/m			
Etage	r_1 (m)	r_2 (m)	p (kN/m)	P1 (kN)	P2 (kN)	V (kN)	T (kN)	N (kN)	n (kN/m)
6	1,00	2,00	6,0	0	0	36	0	70	79
5	1,00	0,00	6,0	0	0	49	0	175	67
4	1,00	0,00	6,0	0	0	50	0	280	288
3	0,00	0,00	6,0	0	0	50	20	423	1200
2	0,00	0,00	6,0	0	0	63	232	798	1200
1			6,0	0	0	63	458	1147	1200

Kræfterne V er de af programmet beregnede vandrette kræfter overført fra dækskiverne til vægskiven i det aktuelle lasttilfælde. Snitkraftresultanterne T og N bestemmes af programmet som det er angivet i nedenstående udsnit af programudskriften, idet væggens egenvægt automatisk regnes med.

Bemærk at trækraftresultanten T ned til underliggende konstruktion er regnet beliggende symmetrisk om midte af væggens understøtningsflade mod underliggende konstruktion. I

praksis skal således anordnes lodret sammenhængsarmering/forankring med flydekapacitet i størrelsen T og placeret symmetrisk om T. Ved beregningen af T er alene taget hensyn til sikkerhed overfor væltning af væggen i hver etageunderside.

Hvis beregningen ikke fører til et samlet resultat, hvor der er sikkerhed mod glidning (i.e. hvor $Q \leq \mu \cdot N$, hvor $\mu = 0,5$), markeres værdien for N med rødt på skærmen. Kan brugeren ikke ved inddragelse af yderligere stabiliserende lodrette laste ændre herpå, skal væggen på anden måde sikres mod glidning i etagekrydsene ved den efterfølgende detaljering.



Linietrykket $n = N/b$ til optagelse af den lodrette tryknormalkraft i etagekrydset begrænses normalt til n_{max} svarende til det af brugeren definerede maksimale normaltryk s_{max} (jf. {9}); men hvor ligevægt ikke kan opnås med denne begrænsning bestemmer programmet den fornødne størrelse af n og markerer værdien heraf med rødt på skærmen.

Under behandlingen af den enkelte væg kan brugeren hurtigt checke forholdene svarende alle relevante lasttilfælde via den tidligere nævnte rulleliste {21}. Det vil her som regel være målet at finde en løsning, hvor de lodrette trækforbindelser, T, kan undværes. Især kan en forankring under etage 1 volde vanskeligheder – af samme grund vises på hovedmenuens tabel over alle væggene hvad behovet for ankre til basis er i de forskellige lasttilfælde, så brugeren hurtigt kan danne sig et overblik over hvorvidt det stabiliserende system er problematisk.

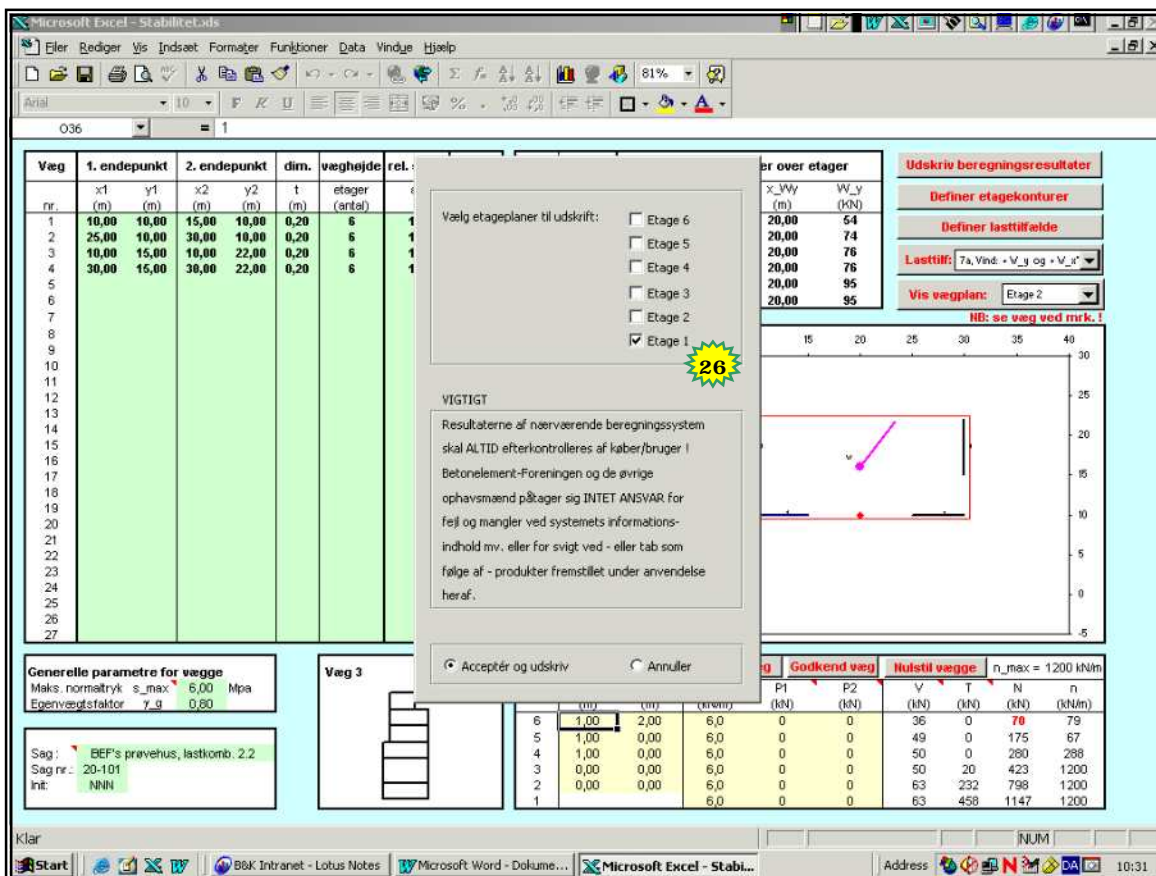
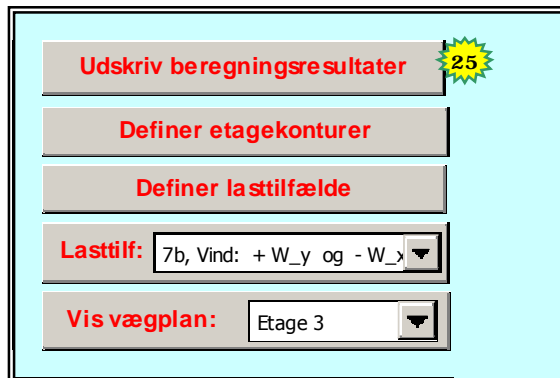
Når en væg er færdigbehandlet klikkes på "Godkend væg" {22} og skærmbilledet vender tilbage, så proceduren kan gentages for næste væg osv. til alle vægge er stabile for alle aktuelle lasttilfælde.

Specielt hvis brugeren ønsker at udnytte muligheden for at anvende forskellige værdier af P_1 og P_2 i forskellige lasttilfælde kan det blive nødvendigt at håndtere et mere begrænset antal lasttilfælde puljevis sammen. I så fald foreslås det at brugeren kopierer regnearket over i et andet bibliotek (NB: selve regnearket skal hedde stabilitet.xls). I den forbindelse kan knappen "Nulstil vægge" {24} eventuelt anvendes – denne knap sletter for samtlige vægge alle inddaterede værdier af r_1 , r_2 , p, P_1 og P_2 .

3.5 Udskrivning af resultater

Programmets resultater udskrives ved at klikke på knappen {25}.

Herved kommer en lille dialogboks frem {26} hvor brugeren kan markere, hvilke vægplaner, der skal med i udskriften. Hvis væggene er ens i alle etager er det nok at nøjes med en markering ved etage 1.



Af kontrolhensyn er alle udskriftblade forsynet med både dato og tidspunkt for udskriften.

4. Om beregningssystemets baggrund

Beregningssystemet er udviklet af Birch & Krogboe, Rådgivende Ingeniører A/S for Betonelement-Foreningen.

Udviklingsarbejdet er foregået i samarbejde med en følgegruppe med deltagere fra Betonelement-Foreningens medlemsvirksomheder, som også undervejs i forløbet har testet systemet.

Ved udviklingsarbejdets afslutning er der foretaget en række testkørsler, hvor mulige ind- og uddatafelter har været aktiveret ved undersøgelse af én funktionalitet ad gangen:

- funktionalitet vedrørende last og tyngdepunktsbestemmelser
- funktionalitet vedrørende overførsel af lastresultanter i de 16 indbyggede lasttilfælde
- funktionalitet vedrørende skråtstillede vægge
- funktionalitet vedrørende snitkræfter i vægskiver med og uden indryk r_1 og r_2
- funktionalitet vedrørende p , P_1 og P_2
- funktionalitet vedrørende glidningsundersøgelse
- funktionalitet vedrørende n_{max} – kontrol
- funktionalitet vedrørende kontrol af hovedsystemets stabilitet i de enkelte etager

Dokumentationen for testkørslerne har været underlagt uafhængig, intern gennemgang hos Birch & Krogboe.

Endvidere er systemet afprøvet på et par forud dokumenterede eksempler, herunder eksemplet på siderne 26-31 i *Betonelementer – Håndbog i 4 bind*.

Endelig har systemet undervejs været anvendt på aktuelle projekter, der er underlagt Birch & Krogboe's rutiner til kvalitetssikring.