VSO CONSULTING

Geoteknisk Prosjektering

August 2015

Prosjekt

15121

Mastmovegen Bofellesskap

Bæreevne- og setningsberegninger for fundamenter

Laget av

Guðjón Örn Björnsson

1 Introduksjon Bakgrunn

Mastmovegen Bofellesskap skal direkte fundamenteres. RIB (Paul Moore, Sweco) har utarbeidet fundamentplan basert på en forenklet bæreevneformel fra RIG (Gudjon, VSO Consulting). Med utgangspunkt i foreliggende fundamentplan og laster fra RIB, er det nå utført utvidede bæreevneberegninger. Det er også utført setningsberegninger for fundamentene. Oppsummering av laster som ble oversent fra RIB til RIG 31.agust i pdf fil: Laster til fundament_2015-08-31-rev.pdf. (se Bilag A)

Dette notatet beskriver utførte setningsberegninger, samt beskrivelse av bæreevneberegninger for kontroll av fundamentdimensjoner.

Det henvises til Geoteknisk Undersøkelse Rapport fra mai 2015 utført av VSO-Consulting for fastsettelse av geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og tiltaksklasse.
Samt sammendrag av utførte undersøkelser, beskrivelse av grunnforhold og jordparametere.

1.1 Jordprofil, grunnforhold,

Eiendommen samt nærmeste området ligger ca. rundt kote 214 m.o.h., dvs, terreng på eiendommen er jevnt og flat.

Jordprofilet er estimert følgende ut fra resultater fra totalsonderinger og sjaktlogger

- 10cm av matjord, så er det 3-4m av «skjellsand» veldig homogent og ensgradert (se bilde 5.1 og 5.2). i telefarlighetsklasse T1 ifølge håndbok V220, kapittel 13, fra Statens vegvesen
- Under sanden finnes tett morene og grus, mektighet ca. 6m. Total dybde til fjell er ca 10m.

Grunnvann ble observert på grensene mellom morenene og sanden, dybde 3,5 til 4m fra overflate.

1.2 Jordparametere

Bæreevneegenskaper:

De stedlige masser er skjellsand, omtrent 3-4m tykk, Sanden er god bæreevne og i telefarlighetsklasse T1 Under sanden finnes tett morene og grus, mektighet ca. 6m. Total dybde til fjell er ca 10m.

Tabell (2.9.5.1. fra Handbok V220 utgitt av Statens vegvesen) kan brukes for valg av styrkeparameter i bæreevneberegninger.

Følgende konservative verdier ble valgt for sanden:

Sand: φ=33°, a=0 kPa, $\gamma_{tørr}$=14 kN/m^3; γ_{sat}=18 kN/m^3

Borgartún 20
105 Reykjavík
+ 354 585 9000
vso@vso.is

Setningsparametere:

Setningsberegninger er utført etter Janbu teori. Setningsparametere ble vurdert vha. empiriske sammenheng mellom vanninnhold og modultall, samt erfaringsverdier.

Noe setninger kan forventes i sanden, morenen kan deformeres lidt men ikke i samme størrelsesorden og silten.

Følgende konservative[1] setningsparameter (modultall) ble valgt for sanden:

Sand: m=200,

Morene m=400,

2 Beregninger.

2.1 Beregningsforutsetninger

Beregningene er utført i egenutviklet regneark. I beregningene er det tatt utgangspunkt i fundamentdimensjoner benyttet i RIBs beregninger. Tre tilfeller ble beregnet:

1. Typisk akse på 1 etasje
   Linjelast 30 kN/m
2. Kritisk akse i 1 etasje (Akse 11, ay-bh)
   Linjelast 47,4 kN/m, og punktlast 46kN;
3. Kritisk akse i kjeller (Akse 13, ay-bh)
   Linjelast 93 kN/m, og tre punktlaster 27,2kN; 83,6 kN og 64,5kN

Jordskjelv er ikke kritisk da bygget er trebygg på 1. etasje.

Førrige bergninger i Geotekniske undersøkelse rapporten viste at setningsberegninger er begrensende.

2.2 Setninger

Det er utført setningsberegninger for fundamentene for Mastmovegene. Basert på laster og fundamentplan fra RIB, viser våre beregninger at det kan forventes setninger på 1-2 cm for fundamentene. Noe setninger kan forventes i sanden, morenen kan deformeres lidt men ikke i samme størrelsesorden og sanden.

For setningsberegninger er Janbu's teori anbefalt som bergningsgrunnlag.

Fra Håndbok V220 utgitt av Statens Vegvesen er følgende ligning og forklaringer

De primære vertikaltøyningene i grov silt, sand og grus kan beregnes etter følgende formler:

$$\delta = \frac{h}{5m}\left(\sqrt{\sigma_{or} + \sigma_z} - \sqrt{\sigma_{or}}\right)$$

der:

h = mektighet av laget som vurderes
m = modultall
σ_{or} = originalspenning i jordprofilet kN/m^2

[1] http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/janbu-characteristics-01/

DRAFT

σ_z = Tilleggs-, ekstraspenning på grunn av nye boliger kN/m^2

Følgende konservative[2] setningsparameter ble valgt for sanden:

Sand: m=200,

Morene m=400,

Initial setninger er ignorert, skjer i byggefasen

Lastøkning ble beregnet med hensyn til bok «Principles of Geotechical engineergin, Author, Braja M Das». Vertikal lastøkning forårsaket av linjefundament.

Følgende tabell oppsummerer resultater av setningsberegninger:

Lastkombinasjon	Linjelast [kN/m]	Punkt last (kN)	Fundament bredde (m)	Grunntrykk [kPa]	Settninger (cm)
1. etasje typisk	30	0	0,6	50	0,5
1. etasje kritisk	47,4	46	1	63	0,8
Kjeller kritisk	93	27,2, 83,6 og 64,5	1	121	1,1

Fundament i kjeller er i kote ~211,5 moh, men fundament i 1. etasje er i kote ~213 moh.

Prosjektering av fundament er iterativ prosess, og beslutningen om at øke fundamentbredden av kritiske aksene til 1m er hovedsak for å redusere risikoen for setningsforskjell mellom fundamenter.

Akse 11, av, bh og Akse 03$^{+2,2}$, ay-bh, samt alle fundamentene i kjelleren skal være 1m bredd. Hvis disse fundamenter er 0,6m bredd kan setninger omkring 1,5-2cm forventes. Setninger mindre en 2cm anses generelt ikke som problematisk men setningsforskjell mellomfundamenter blir kritisk.

Andre stripefundamenter skal være 0,6 m bredd. Mindre/smalere fundamenter er upraktisk på grunn av plassere armeringsjern/støpeform osv.

Det er vår vurdering at setninger i størrelsesorden 1-2 cm kan betraktes som små, og at beregnede setninger er typiske for bygg av denne typen. Løsning med direktefundamentering vurderes som gjennomførbar.

[2] http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/janbu-characteristics-01/

DRAFT

2.3 Bæreevne

Bæreevne av fundamentene er ikke problem, setninger er begrensende. Men tillatt grunntrykk i bruddgrensetilstanden kan beregnes ut fra Seksjon 6.2 i håndbok V220 utgitt av Statens vegvesen,

Følgende tabell oppsummerer resultater av bæreevneberegninger:

Lastkombinasjon	Linjelast [kN/m]	Punkt last (kN)	Fundament bredde (m)	Grunntrykk [kPa]	Bæreevne, σ (kPa)
1. etasje typisk	30	0	0,6	50	~294
1. etasje kritisk	47,4	46	1	62,7	~406
Kjeller kritisk	93	27,2, 83,6 og 64,5	1	121	~490

2.4 Gulv på grunn

Komprimering av ensgradig porøs sand kan bil problematisk, ut fra byggetekniske detaljer kan det bli enklere at bruke tynn lag f.eks. knust stein 20/120 under fundamentene og gulv på grunn

2.5 Frost?

Ut fra værdata, frostmengde osv. er det mulig at beregne frostdybden i Elverum og det er omtrent 2,6m. Men ifølge vann og avløp normer skal Vannledningene legges normalt med en overdekning på mellom 2,0 og 4,0 meter under ferdig opparbeidet gate/terreng[3]

Det er anbefalt at fundamenter er minimum 2m dybde fra overflaten, eller spesielt isolerende tiltak.

Teleisolering bør ikke by på problemer med standardiserte løsninger i hht. NBI. Vi trenger ikke grave til frostfri dybde, men benytte markisolering.

2.6 Tversnitt av Gang og sykkelveier, adkomstveier, parkeringsplasser?

Stedlige masser er skjellsand veldig homogent og ensgradert i telefarlighetsklasse T1 følge håndbok V220, kapittel 13, fra Statens vegvesen

3 Sammendrag:

Setninger er begrensende, særlig setningsforskjell mellom fundamenter.

Akser: Akse 11, av, bh og Akse $03^{+2,2}$, ay-bh, samt alle fundamentene i kjelleren skal være 1m bredd.

Andre stripefundamenter skal være 0,6m bredd

Komprimering av ensgradig porøs sand kan bil problematisk, ut fra byggetekniske detaljer kan det bli enklere at bruke tynn lag f.eks. knust stein 20/120 under fundamentene og gulv.

[3] http://www.va-norm.no/VA-norm/Generelle-bestemmelser/5-Transportsystem-vannforsyning/5.5-Styrke-og-overdekning

DRAFT

Bilag A – Laster til fundamenter, Fundamentplan, utført av Sweco

DRAFT

12413001 Mastmovegen bofelleskap

Laster på fundament: 1 etg.

Akse aa, 01-03

	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	16,0	kN/m	16,0	kN/m
Snølast	11,2	kN/m	14,6	kN/m
Totalt	**27,2**	**kN/m**	**30,6**	**kN/m**

Akse aa, 03-11

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	13,8	kN/m	13,8	kN/m
Snølast	9,6	kN/m	12,5	kN/m
Totalt	**23,4**	**kN/m**	**26,3**	**kN/m**

Akse aa, 11-13

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	16,0	kN/m	16,0	kN/m
Snølast	11,2	kN/m	14,6	kN/m
Totalt	**27,2**	**kN/m**	**30,6**	**kN/m**

Akse ae, 01-03

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	16,9	kN/m	16,9	kN/m
Snølast	11,5	kN/m	15,0	kN/m
Totalt	**28,4**	**kN/m**	**31,9**	**kN/m**

Akse ae, 03-11

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	13,6	kN/m	13,6	kN/m
Snølast	11,5	kN/m	15,0	kN/m
Totalt	**25,1**	**kN/m**	**28,6**	**kN/m**

Akse ah, 01-03

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	17,2	kN/m	17,2	kN/m
Snølast	16,2	kN/m	21,1	kN/m
Totalt	**33,4**	**kN/m**	**38,3**	**kN/m**

Akse ah, 03-11

	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	14,5	kN/m	14,5	kN/m
Snølast	11,5	kN/m	15,0	kN/m
Totalt	**26,0**	**kN/m**	**29,5**	**kN/m**

Akse av, 01-11

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	13,1	kN/m	13,1	kN/m
Snølast	8,3	kN/m	10,8	kN/m
Totalt	**21,4**	**kN/m**	**23,9**	**kN/m**

Akse 11, ae-ay

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	9,5	kN/m	9,5	kN/m
Snølast	6,4	kN/m	8,3	kN/m
Totalt	**15,9**	**kN/m**	**17,8**	**kN/m**

Akse 13, ae-av

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	10,7	kN/m	10,7	kN/m
Snølast	7,1	kN/m	9,2	kN/m
Totalt	**17,8**	**kN/m**	**19,9**	**kN/m**

Akse $03^{+2,2}$, ay-bh

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	18,3	kN/m	18,3	kN/m
Snølast	15,8	kN/m	20,5	kN/m
Totalt	**34,1**	**kN/m**	**38,8**	**kN/m**

Punktlast: Akse $03^{+2,2}$ x $ay^{-0,7}$ og $ay^{+0,7}$

Totalt	**-**	**kN/m**	**23,0**	**kN/m**

Punktlast: Akse ay x Akse 11

Totalt	**-**	**kN/m**	**46,0**	**kN/m**

Laster på fundament: 1 etg.

Akse 11, ay-bh

	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	26,9	kN/m	26,9	kN/m
Snølast	15,8	kN/m	20,5	kN/m
Totalt	**42,7**	**kN/m**	**47,4**	**kN/m**

Akse 17$^{+1,4}$, ay-bh

	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	18,5	kN/m	18,5	kN/m
Snølast	21,8	kN/m	28,3	kN/m
Totalt	**40,3**	**kN/m**	**46,8**	**kN/m**

Akse 13, ay-ay$^{+4,4}$

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	11,7	kN/m	11,7	kN/m
Snølast	14,4	kN/m	18,7	kN/m
Totalt	**26,1**	**kN/m**	**30,4**	**kN/m**

Akse 19, as-av

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	11,3	kN/m	11,3	kN/m
Snølast	6,7	kN/m	8,7	kN/m
Totalt	**18,0**	**kN/m**	**20,0**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse ay$^{+4,4}$

Totalt	**-**	**kN/m**	**27,2**	**kN/m**

Akse 21, ay-bh

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	14,4	kN/m	14,4	kN/m
Snølast	14,5	kN/m	18,9	kN/m
Totalt	**28,9**	**kN/m**	**33,3**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse ay$^{+6,9}$

Totalt	**-**	**kN/m**	**83,6**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse bh

Totalt	**-**	**kN/m**	**64,5**	**kN/m**

Akse ay, 13-17$^{+1,4}$

Nyttelast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Egenlast	1,6	kN/m	1,6	kN/m
Snølast	3,5	kN/m	4,6	kN/m
Totalt	**5,1**	**kN/m**	**6,2**	**kN/m**

Laster på fundament: kjeller

Akse 13, av-bh	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	18,0	kN/m	18,0	kN/m
Egenlast	44,6	kN/m	44,6	kN/m
Snølast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Totalt	**62,6**	**kN/m**	**62,6**	**kN/m**

Akse $17^{+1,4}$, av-bh	Karakteristisk		Dimensjonerende	
Nyttelast	20,4	kN/m	20,4	kN/m
Egenlast	60,0	kN/m	60,0	kN/m
Snølast	0,0	kN/m	0,0	kN/m
Totalt	**80,4**	**kN/m**	**80,4**	**kN/m**

∑ linjelast Akse 13

Nyttelast	18,0	kN/m	18,0	kN/m
Egenlast	56,3	kN/m	56,3	kN/m
Snølast	14,4	kN/m	18,7	kN/m
Totalt	**88,7**	**kN/m**	**93,0**	**kN/m**

∑ linjelast Akse $17^{+1,4}$

Nyttelast	20,4	kN/m	20,4	kN/m
Egenlast	78,5	kN/m	78,5	kN/m
Snølast	21,8	kN/m	28,3	kN/m
Totalt	**120,7**	**kN/m**	**127,2**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse $ay^{+4,4}$

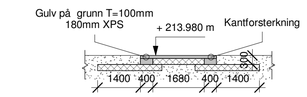
Totalt	**-**	**kN/m**	**27,2**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse $ay^{+6,9}$

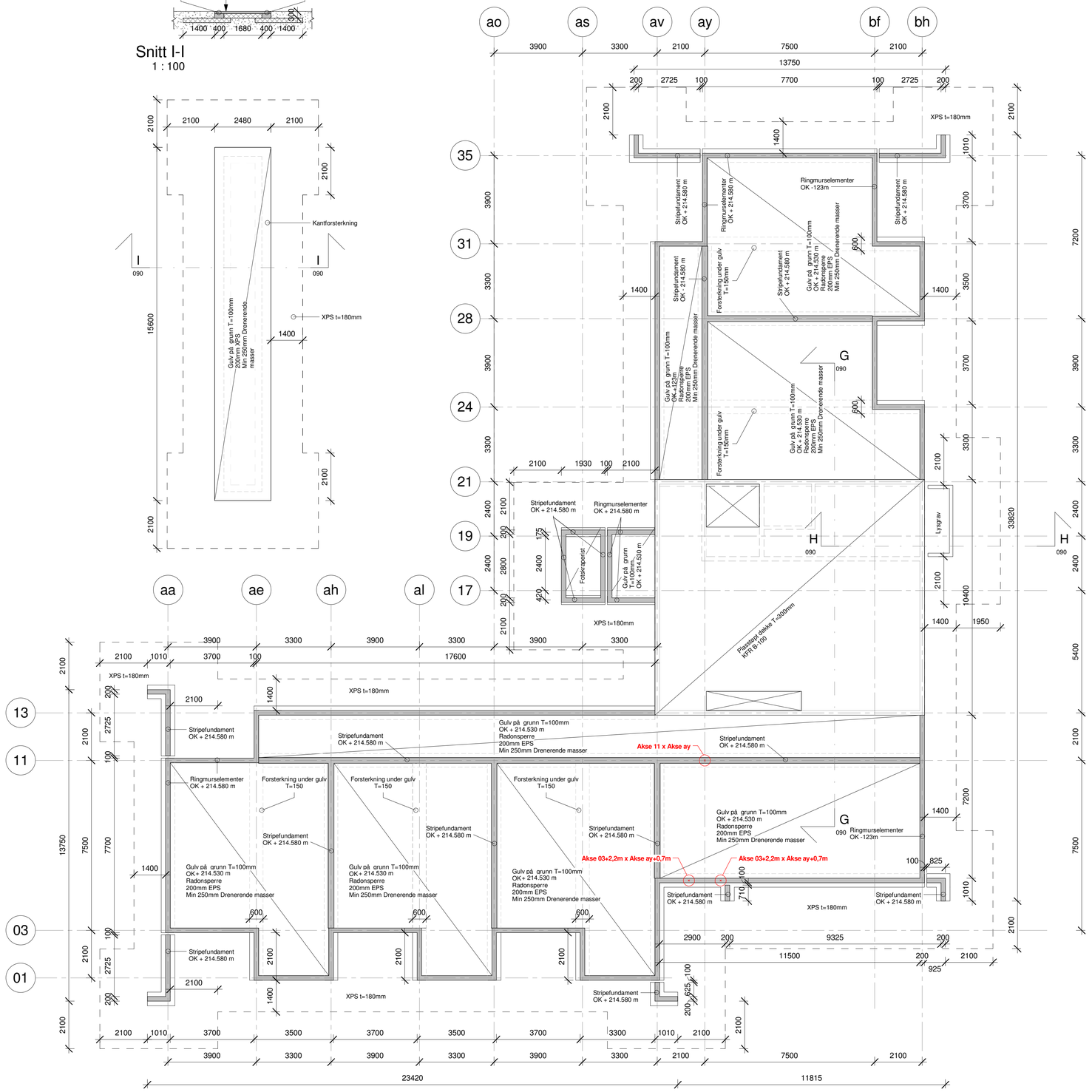
Totalt	**-**	**kN/m**	**83,6**	**kN/m**

Punktlast: Akse 13 x Akse bh

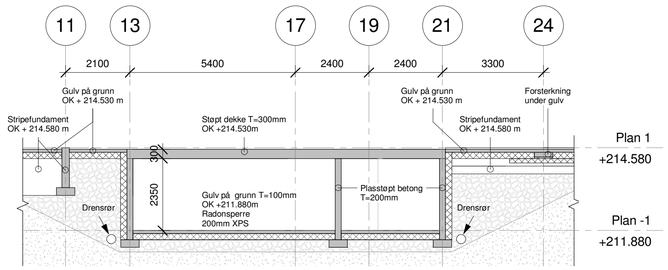
Totalt	**-**	**kN/m**	**64,5**	**kN/m**



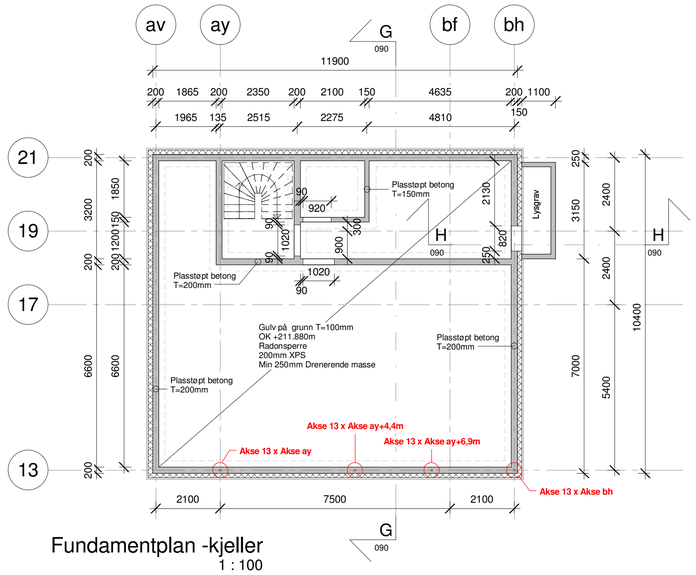
Snitt I-I
1 : 100



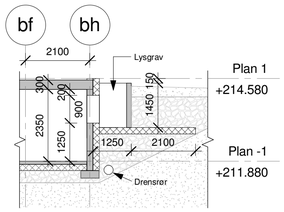
Fundamentplan
1 : 100



Snitt G-G
1 : 100



Fundamentplan -kjeller
1 : 100



Snitt H-H
1 : 100

Generelt: Under alle lastbærende ringmurer: såleblokk
Under alle lastbærende stripefundamenter/vegger: såle B=600 T=250

Tegningstittel: Fundamentplan	Dokumentnummer:
Tegningsstatus: Forprosjekt	12413001-B-090-X-2

Mastmovegen

FORELØPIG 28.08.15

Rev. Nr.	Endring	Utfört	Kontr.	Ansv.	Revision Date
2	Detaljprosjektering	moor	hhat	khog.	2015-08-27
1	Forprosjekt	moor	hhat	khog.	2015-04-09

Elverum kommune Mastmovegen bofellesskap	moor	hhat	khog	2015-04-07
	Målestokk 1 : 100		Format A1
Fundamentplan Forprosjekt	Oppdragsleder: Paul Moore		
	Oppdragsnr. 12413001		
SWECO	Disiplin: B	Tegningsnummer: 090	Status: X / Rev: 2

C:\Users\nomoor\Documents\Revit\RIB_Mastmovegen_2015_09_01_nomoor.rvt
27.08.2015 12:39:01

Bilag B – Beregninger bæreevne og setninger

DRAFT

Setningsbergninger, 1.etasje, typiske akser

Width of fundament	0,6	m
Strip load (linjelast)	30	kN/m
Strip load/width	50	kN/m2
m, sand	200	
m, morene	400	

Spenningsfordeling
Braja M Das

Elevation [	Material	Unit weight kn/n	preassure kn/m2	waterpreassure kn/m2	effective pressure kn/m2	x=0 z	2z/B	Table 9.3 bls 235 Load factor	Additional load kN/m2	ε [%]	Δδ [mm]	δ [mm]
214	Skjellsand	16,5	0	0	0							
213,5	Skjellsand	16,5	8,25	0	8,25							
213	Skjellsand	16,5	16,5	0	16,5	0	0	1	50	0,004092734	0,002046	0,002046
212,5	Skjellsand	16,5	24,75	0	24,75	0,5	1,666667	0,64	32	0,002558322	0,001279	0,003326
212	Skjellsand	16,5	33	0	33	1	3,333333	0,36	18	0,001396866	0,000698	0,004024
211,5	Skjellsand	16,5	41,25	0	41,25	1,5	5	0,248	12,4	0,000902	0,000451	0,004475
211	Skjellsand	16,5	49,5	9,81	39,69	2	6,666667	0,198	9,9	0,000742017	0,000371	0,004846
210,5	Skjellsand	16,5	57,75	9,81	47,94	2,5	8,333333	0,148	7,4	0,000515214	0,000258	0,005104
210	Skjellsand	16,5	66	9,81	56,19	3	10	0,098	4,9	0,00032001	0,00016	0,005264
209,5	Morene	20	76	9,81	66,19	3,5	11,66667	0,048	2,4	7,30922E-05	3,65E-05	0,0053
209	Morene	20	86	9,81	76,19	4	13,33333	0	0	0	0	0,0053
208,5	Morene	20	96	9,81	86,19	4,5	15		0	0	0	0,0053
208	Morene	20	106	9,81	96,19	5	16,66667		0	0	0	0,0053
207,5	Morene	20	116	9,81	106,19	5,5	18,33333		0	0	0	0,0053
207	Morene	20	126	9,81	116,19	6	20		0	0	0	0,0053
206,5	Morene	20	136	9,81	126,19	6,5	21,66667		0	0	0	0,0053
206	Morene	20	146	9,81	136,19	7	23,33333		0	0	0	0,0053
205,5	Morene	20	156	9,81	146,19	7,5	25		0	0	0	0,0053
205	Morene	20	166	9,81	156,19	8	26,66667		0	0	0	0,0053
204,5	Morene	20	176	9,81	166,19	8,5	28,33333		0	0	0	0,0053
204	Morene	20	186	9,81	176,19	9	30		0	0	0	0,0053
										Total setninger		**0,0053 m**

0,5 cm

33 Setningsfare

Setninger kan oppstå når en jordart utsettes for større belastning enn den tidligere har hatt. Kornskjelettet trykkes da sammen slik at porevann presses ut. Slik belastning kan f.eks. komme fra en bygning eller oppfylte masser. Setninger kan også oppstå hvis grunnvannsstanden senkes pga. utgraving eller drenering.

Det blir størst setning i vannrike jordarter, slik som i leire og organiske jordarter. Dersom en mer grovkornet, mineralsk jordart er forurenset med organiske materialer, kan også denne jordarten gi store setninger. Meget løst lagret sand kan også gi en del setninger. På grunn av sandens ofte ujevne lagringstetthet kan det oppstå små, men skarpe setningsdifferanser som vil være skadelige for bygget.

Hvis tomta inneholder tette jordarter, f.eks. leire, kan setningene utvikle seg over meget lang tid, ofte flere år. Jordarter som slipper igjennom mye vann, f.eks. sand, gir ofte momentane setninger. Det er først og fremst setningsforskjeller mellom de ulike delene av fundamentene som kan gi skader på bygninger. Setningsforskjeller gir en setningshelning som vist i fig. 33. Se også tabell 33.

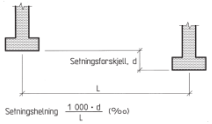


Fig. 33
Setningsforskjell og setningshelning

Tabell 33
Setningshelning og skade på bygninger
Orienterende verdier

Setningshelning, ‰	Skade
< 2	Ingen synlige skader på vanlige bygg
2 – 3	Synlige, stort sett ufarlige skader
3 – 7	Konstruktive skader
> 7	Ødeleggende skader

Referencer:
http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/janbu-characteristics-01/

http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/511101.pdf

Janbu characteristics

Values of the Janbu modulus m and of stress exponent j (according Canadian Foundation Engineering Manual 1992)

Soil	Janbu modulus m	Stress index j
Very dense to dense till, glacial till	1000 – 300	1
Gravel	400 – 40	0.5
Dense sand	400 – 250	0.5
Medium condition sand	250 – 150	0.5
Loose sand	150 – 100	0.5
Dense silt	200 – 80	0.5
Medium condition silt	80 – 60	0.5
Loose silt	60 – 40	0.5
Hard to very stiff clay	60 – 20	0
Medium to stiff clay	20 – 10	0
Soft claye silt	10 – 5	0
Soft marine clays	20 – 5	0
Organic clays	20 – 5	0
Peats	5 – 1	0

Analysis for sands and silts after Janbu

For sands and silts the stress exponent j receives the value around 0,5, for the reference stress σ_r = 100 kPa the resulting settlement equals to the sum of partial settlements of individual layers. It can be derived from the following formula:

$$s_i = \frac{h_i}{5\,m_i} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}}\right)$$

where:	$\sigma_{or,i}$	vertical component of geostatic stress in the middle of ith layer
	$\sigma_{z,i}$	vertical component of incremental stress (e.g. stress due to structure surcharge) inducing layer compression
	m_i	Janbu modulus in the ith layer
	h_i	thickness of the ith layer

Setningsbergninger, 1.etasje, typiske akser

Width of fundament	1	m
Strip load (linjelast)	47,4	kN/m
Punktlast	46	kN
Grunntrykk	62,7	kN/m2
m, sand	200	
m, morene	400	

Spenningsfordeling
Braja M Das

Elevation [	Material	Unit weight kn/r kn/m3	preassure kn/m2	waterpreassure kn/m2	effective pressure kn/m2	x=0 z	2z/B	Table 9.3 bls 235 Load factor	Additional load kN/m2	ε [%]	Δδ [mm]	δ [mm]
214	Skjellsand	16,5	0	0	0							
213,5	Skjellsand	16,5	8,25	0	8,25							
213	Skjellsand	16,5	16,5	0	16,5	0	0	1	62,7	0,004837419	0,002419	0,002419
212,5	Skjellsand	16,5	24,75	0	24,75	0,5	1	0,818	51,2886	0,003745074	0,001873	0,004291
212	Skjellsand	16,5	33	0	33	1	2	0,55	34,485	0,002470363	0,001235	0,005526
211,5	Skjellsand	16,5	41,25	0	41,25	1,5	3	0,396	24,8292	0,001706295	0,000853	0,00638
211	Skjellsand	16,5	49,5	9,81	39,69	2	4	0,306	19,1862	0,001373083	0,000687	0,007066
210,5	Skjellsand	16,5	57,75	9,81	47,94	2,5	5	0,248	15,5496	0,001044164	0,000522	0,007588
210	Skjellsand	16,5	66	9,81	56,19	3	6	0,208	13,0416	0,000824554	0,000412	0,008
209,5	Morene	20	76	9,81	66,19	3,5	7	0,168	10,5336	0,000311739	0,000156	0,008156
209	Morene	20	86	9,81	76,19	4	8	0,128	8,0256	0,000224109	0,000112	0,008268
208,5	Morene	20	96	9,81	86,19	4,5	9	0,088	5,5176	0,000146276	7,31E-05	0,008342
208	Morene	20	106	9,81	96,19	5	10	0,048	3,0096	7,61248E-05	3,81E-05	0,00838
207,5	Morene	20	116	9,81	106,19	5,5	11	0,008	0,5016	1,21547E-05	6,08E-06	0,008386
207	Morene	20	126	9,81	116,19	6	12		0	0	0	0,008386
206,5	Morene	20	136	9,81	126,19	6,5	13		0	0	0	0,008386
206	Morene	20	146	9,81	136,19	7	14		0	0	0	0,008386
205,5	Morene	20	156	9,81	146,19	7,5	15		0	0	0	0,008386
205	Morene	20	166	9,81	156,19	8	16		0	0	0	0,008386
204,5	Morene	20	176	9,81	166,19	8,5	17		0	0	0	0,008386
204	Morene	20	186	9,81	176,19	9	18		0	0	0	0,008386
										Total setninger		**0,0084 m**

0,8 cm

33 Setningsfare

Setninger kan oppstå når en jordart utsettes for større belastning enn den tidligere har hatt. Kornskjelettet trykkes da sammen slik at porevann presses ut. Slik belastning kan f.eks. komme fra en bygning eller oppfylte masser. Setninger kan også oppstå hvis grunnvannsstanden senkes pga. utgraving eller drenering.

Det blir størst setning i vannrike jordarter, slik som i leire og organiske jordarter. Dersom en mer grovkornet, mineralsk jordart er forurenset med organiske materialer, kan også denne jordarten gi store setninger. Meget løst lagret sand kan også gi en del setninger. På grunn av sandens ofte ujevne lagringstetthet kan det oppstå små, men skarpe setningsdifferanser som vil være skadelige for bygget.

Hvis tomta inneholder tette jordarter, f.eks. leire, kan setningene utvikle seg over meget lang tid, ofte flere år. Jordarter som slipper igjennom mye vann, f.eks. sand, gir ofte momentane setninger. Det er først og fremst setningsforskjeller mellom de ulike delene av fundamentene som kan gi skader på bygninger. Setningsforskjeller gir en setningshelning som vist i fig. 33. Se også tabell 33.

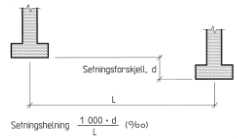


Fig. 33
Setningsforskjell og setningshelning

Tabell 33
Setningshelning og skade på bygninger
Orienterende verdier

Setningshelning, ‰	Skade
< 2	Ingen synlige skader på vanlige bygg
2 – 3	Synlige, stort sett ufarlige skader
3 – 7	Konstruktive skader
> 7	Ødeleggende skader

Janbu characteristics

Values of the Janbu modulus m and of stress exponent j (according Canadian Foundation Engineering Manual 1992)

Soil	Janbu modulus m	Stress index j
Very dense to dense till, glacial till	1000 – 300	1
Gravel	400 – 40	0.5
Dense sand	400 – 250	0.5
Medium condition sand	250 – 150	0.5
Loose sand	150 – 100	0.5
Dense silt	200 – 80	0.5
Medium condition silt	80 – 60	0.5
Loose silt	60 – 40	0.5
Hard to very stiff clay	60 – 20	0
Medium to stiff clay	20 – 10	0
Soft claye silt	10 – 5	0
Soft marine clays	20 – 5	0
Organic clays	20 – 5	0
Peats	5 – 1	0

Analysis for sands and silts after Janbu

For sands and silts the stress exponent j receives the value around 0,5, for the reference stress σ_r = 100 kPa the resulting settl
equals to the sum of partial settlements of individual layers. It can be derived from the following formula:

$$s_i = \frac{h_i}{5.m_i}.\left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}}\right)$$

where:	$\sigma_{or,i}$	vertical component of geostatic stress in the middle of ith layer
	$\sigma_{z,i}$	vertical component of incremental stress (e.g. stress due to structure surcharge) inducing layer com
	m_i	Janbu modulus in the ith layer
	h_i	thickness of the ith layer

Referencer:
http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/janbu-characteristics-01/

http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/511101.pdf

Setningsbergninger, kjeller, typiske akser

Width of fundament	1	m
Strip load (linjelast)	93	kN/m
Punktlast	27,2, 83,6 og 64,5	kN
Grunntrykk	121	kN/m2
m, sand	200	
m, morene	400	

Spenningsfordeling
Braja M Das

Elevation [masl]	Material	Unit weight kn/m kn/m3	preassure kn/m2	waterpreassure kn/m2	effective pressure kn/m2	x=0 z	2z/B	Table 9.3 bls 235 Load factor	Additional load kN/m2	ε [%]	Δδ [mm]	δ [mm]
214	Skjellsand	16,5	0	0	0							
213,5	Skjellsand	16,5	8,25	0	8,25							
213	Skjellsand	16,5	16,5	0	16,5							
212,5	Skjellsand	16,5	24,75	0	24,75							
212	Skjellsand	16,5	33	0	33					0	0	0
211,5	Skjellsand	16,5	41,25	0	41,25	0	0	1	121	0,006315	0,003158	0,003158
211	Skjellsand	16,5	49,5	9,81	39,69	0,5	1	0,818	98,978	0,005476	0,002738	0,005895
210,5	Skjellsand	16,5	57,75	9,81	47,94	1	2	0,55	66,55	0,003776	0,001888	0,007783
210	Skjellsand	16,5	66	9,81	56,19	1,5	3	0,396	47,916	0,002707	0,001354	0,009137
209,5	Morene	20	76	9,81	66,19	2	4	0,306	37,026	0,001012	0,000506	0,009643
209	Morene	20	86	9,81	76,19	2,5	5	0,248	30,008	0,000788	0,000394	0,010037
208,5	Morene	20	96	9,81	86,19	3	6	0,208	25,168	0,000634	0,000317	0,010354
208	Morene	20	106	9,81	96,19	3,5	7	0,168	20,328	0,000493	0,000247	0,010601
207,5	Morene	20	116	9,81	106,19	4	8	0,128	15,488	0,000363	0,000181	0,010783
207	Morene	20	126	9,81	116,19	4,5	9	0,088	10,648	0,000242	0,000121	0,010903
206,5	Morene	20	136	9,81	126,19	5	10	0,048	5,808	0,000128	6,39E-05	0,010967
206	Morene	20	146	9,81	136,19	5,5	11	0,008	0,968	2,07E-05	1,04E-05	0,010978
205,5	Morene	20	156	9,81	146,19	6	12		0	0	0	0,010978
205	Morene	20	166	9,81	156,19	6,5	13		0	0	0	0,010978
204,5	Morene	20	176	9,81	166,19	7	14		0	0	0	0,010978
204	Morene	20	186	9,81	176,19	7,5	15		0	0	0	0,010978
										Total setninger		**0,0110 m**

1,1 cm

33 Setningsfare

Setninger kan oppstå når en jordart utsettes for større belastning enn den tidligere har hatt. Kornskjelettet trykkes da sammen slik at porevann presses ut. Slik belastning kan f.eks. komme fra en bygning eller oppfylte masser. Setninger kan også oppstå hvis grunnvannsstanden senkes pga. utgraving eller drenering.

Det blir størst setning i vannrike jordarter, slik som i leire og organiske jordarter. Dersom en mer grovkornet, mineralsk jordart er forurenset med organiske materialer, kan også denne jordarten gi store setninger. Meget løst lagret sand kan også gi en del setninger. På grunn av sandens ofte ujevne lagringstetthet kan det oppstå små, men skarpe setningsdifferanser som vil være skadelige for bygget.

Hvis tomta inneholder tette jordarter, f.eks. leire, kan setningene utvikle seg over meget lang tid, ofte flere år. Jordarter som slipper igjennom mye vann, f.eks. sand, gir ofte momentane setninger. Det er først og fremst setningsforskjeller mellom de ulike delene av fundamentene som kan gi skader på bygninger. Setningsforskjeller gir en setningshelning som vist i fig. 33. Se også tabell 33.

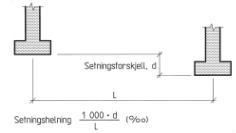


Fig. 33
Setningsforskjell og setningshelning

Tabell 33
Setningshelning og skade på bygninger
Orienterende verdier

Setningshelning, ‰	Skade
< 2	Ingen synlige skader på vanlige bygg
2 – 3	Synlige, stort sett ufarlige skader
3 – 7	Konstruktive skader
> 7	Ødeleggende skader

Janbu characteristics

Values of the Janbu modulus *m* and of stress exponent *j* (according Canadian Foundation Engineering Manual 1992)

Soil	Janbu modulus *m*	Stress index *j*
Very dense to dense till, glacial till	1000 – 300	1
Gravel	400 – 40	0.5
Dense sand	400 – 250	0.5
Medium condition sand	250 – 150	0.5
Loose sand	150 – 100	0.5
Dense silt	200 – 80	0.5
Medium condition silt	80 – 60	0.5
Loose silt	60 – 40	0.5
Hard to very stiff clay	60 – 20	0
Medium to stiff clay	20 – 10	0
Soft claye silt	10 – 5	0
Soft marine clays	20 – 5	0
Organic clays	20 – 5	0
Peats	5 – 1	0

Analysis for sands and silts after Janbu

For sands and silts the stress exponent *j* receives the value around 0,5, for the reference stress σ_r = 100 *kPa* the resulting settlement equals to the sum of partial settlements of individual layers. It can be derived from the following formula:

$$s_i = \frac{h_i}{5.m_i}.\left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}}\right)$$

where:	$\sigma_{or,i}$	vertical component of geostatic stress in the middle of ith layer
	$\sigma_{z,i}$	vertical component of incremental stress (e.g. stress due to structure surcharge) inducing layer compression
	m_i	Janbu modulus in the ith layer
	h_i	thickness of the ith layer

Referencer:
http://www.finesoftware.eu/help/geo5/en/janbu-characteristics-01/

http://www.fig.ol.no/~atso0701/NS%20tabeller/511101.pdf

Bæreevne - effektivspenningsanalyse
Seksjon 6.2, håndbok V220

	Skal fylles ut
	Beregnes automatically

a)

φ:	33	°
tan φ:	0,649408	
a	0	kpa
Dybde Grunnvann	3,5	m

b)

Materialfaktor γM:	1,3
tan φd:	0,499544

c)
Ytre laster, dvs. vertikallast Fv og horisontallast Fh samt moment M bestemmes.
Det medtas statiske drenerte laster (vekt av konstruksjon) og kortvarige udrenerte tilleggslaster (trafikk etc.). Partialfaktorer for lastvikrninger ⍰F, bestemmes i henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (se kapittel 0 og håndbok N400;).

Vertikallast Fv=Fvd+Fvu	30	KN/m
Horisontallast Fh=Fhd+Fhu:	0	KN/m
Moment M=Md+Mu:	0	KNm/m

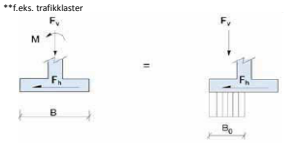
Statisk, drenert vertikal lastandel Fvd*: 30 KN/m
Udrenert vertiakl lastandel Fvu**: 0 KN/m

*f.eks. Egenvekt
**f.eks. trafikklaster

d)

Fundamentbredde B:	0,6
Effektiv fundamentbredde B0:	0,6

$$B_0 = B - 2 \cdot \left|\frac{M}{F_v}\right|$$



Figur 6.1 Effektiv sålebredde B_0.

e)

Vertikaltrykk under sålen qv: 50

$$\bar{q}_v = \frac{F_v}{B_0} = \frac{F_{vd} + F_{vu}}{B_0}$$

f)

Bq:	0,35
qvu=Fvu/B0:	0
Δub:	0
rb	0,00

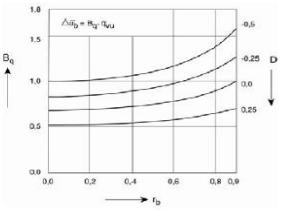
Bq: Poreovertrykksresponsfaktor (fra diagr. i SVVs hb016, kap.6)

$$r_b = \frac{\bar{\tau}_b}{\left(\bar{q}_v + a - \Delta\bar{u}_b\right) \cdot \tan\phi_d} = \frac{F_h / B_0}{\left(\bar{q}_v + a - B_q \cdot \bar{q}_{vu}\right) \cdot \tan\phi_d}$$

a = attraksjon for masser under såle
$\bar{q}_{vu} = \bar{q}_v - \bar{q}_{vd}$ = udrenert andel av vertikaltrykk
$\Delta\bar{u}_b = B_q \cdot \bar{q}_{vu}$ = udrenert poreovertrykk
B_q = poretrykksresponsfaktor, se figur 6.2

Horisontalt terreng foran støttemur og landkar		Skrått terreng foran støttemur og landkar	
ruhet r_b	materiale under såle	ruhet r_b	materiale under såle
≤ 0,9	sand, grus og sprengstein	≤ 0,8	grus og sprengstein
≤ 0,8	leire og silt *	≤ 0,7	leire, silt og sand*

*Det forutsettes at leire/silt er uforstyrret, drenert og ufrossen, slik at fundamentet ikke kan gli på underlaget.



Figur 6.2 Poreovertrykksresponsfaktor B_q (D = poretrykksparameter, det vises til kapittel 2, 3 og 4).

Jordart	D-parameter
Umettede og sterkt overkonsoliderte leirer	D = + 0,5
Svakt overkonsoliderte Leirer	D = 0
Normalkonsoliderte leirer	0 ≥ D ≥ -0,5
Kvikkleirer	-0,5 ≥ D ≥ -1

Figur 2.40 Poretrykksparametere D i leire og leirig silt.

Poretrykksparameteren: D ⍰ -0,25. (jordart = siltig sand).
Page 6-18

g)

Bæreevnefaktor*

Nq:	12
Nγ	10
Nu:	4

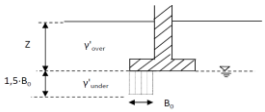
h)

h) Midlere vertikal bæreevne ($\bar{\sigma}_v$) beregnes etter formelen:

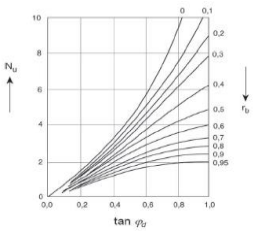
$$\bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \tfrac{1}{2} \cdot N_\gamma \cdot \gamma'_{under} \cdot B_0 - N_u \cdot \Delta\bar{u}_b - a$$

der:
$p' = \gamma'_{over} \cdot z$ = vertikalt effektivt overlagringstrykk ved u.k. såle (det må vurderes om massene foran fundamentet midlertidig kan bli fjernet), hvor
γ'_{over} = effektiv tyngdetetthet av massene over sålenivå.
γ'_{under} = midlere effektiv tyngdetetthet under såle i dybde inntil 1,5 ganger B_0
$\Delta\bar{u}_b$ = udrenert poreovertrykk mot u.k. såle pga. kortvarig tilleggslast P_{var}, se f)

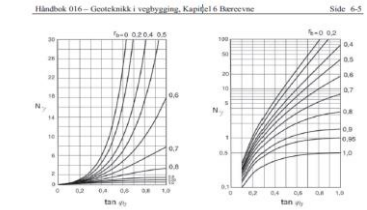
γ'over:	14	kN/m3
γ'under:	14	kN/m3
z:	1,5	m
p':	21	kN/m2
σv:	294	Kpa



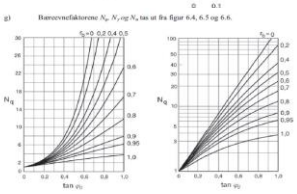
Krav: σv > qv	Ok



Figur 6.6 Bæreevnefaktor N_u (etter Nordal, 1989, Ref. 4)



Figur 6.5 Bæreevnefaktor N_γ vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m. fl. 1976, Ref. 3)



Figur 6.4 Bæreevnefaktor N_q vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m.fl. 1976, Ref. 3)

Bæreevne - effektivspenningsanalyse
Seksjon 6.2, håndbok V220

	Skal fylles ut
	Beregnes automatically

a)

φ:	33	°
tan φ:	0,649408	
a	0	kpa
Dybde Grunnvann	3,5	m

b)

Materialfaktor γM:	1,3
tan φd:	0,499544

c)
Ytre laster, dvs. vertikallast Fv og horisontallast Fh samt moment M bestemmes.
Det medtas statiske drenerte laster (vekt av konstruksjon) og kortvarige udrenerte tilleggslaster (trafikk etc.). Partialfaktorer for lastvikrninger ⍰F, bestemmes i henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (se kapittel 0 og håndbok N400;).

Vertikallast Fv=Fvd+Fvu	62,73333	KN/m
Horisontallast Fh=Fhd+Fhu:	0	KN/m
Moment M=Md+Mu:	0	KNm/m

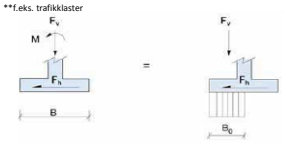
Statisk, drenert vertikal lastandel Fvd*:	62,73333	KN/m
Udrenert vertiakl lastandel Fvu**:	0	KN/m

*f.eks. Egenvekt
**f.eks. trafikklaster

d)

Fundamentbredde B:	1
Effektiv fundamentbredde B0:	1

$$B_0 = B - 2 \cdot \left|\frac{M}{F_v}\right|$$



Figur 6.1 Effektiv sålebredde B_0.

e)

Vertikaltrykk under sålen qv: 62,73333

$$\bar{q}_v = \frac{F_v}{B_0} = \frac{F_{vd} + F_{vu}}{B_0}$$

f)

Bq:	0,35
qvu=Fvu/B0:	0
Δub:	0
rb	0,00

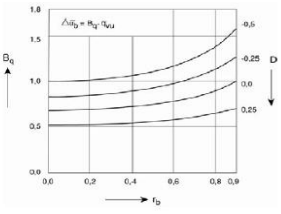
Bq: Poreovertrykksresponsfaktor (fra diagr. i SVVs hb016, kap.6)

$$r_b = \frac{\bar{\tau}_b}{\left(\bar{q}_v + a - \Delta\bar{u}_b\right) \cdot \tan\phi_d} = \frac{F_h / B_0}{\left(\bar{q}_v + a - B_q \cdot \bar{q}_{vu}\right) \cdot \tan\phi_d}$$

a = attraksjon for masser under såle
$\bar{q}_{vu} = \bar{q}_v - \bar{q}_{vd}$ = udrenert andel av vertikaltrykk
$\Delta\bar{u}_b = B_q \cdot \bar{q}_{vu}$ = udrenert poreovertrykk
B_q = poretrykksresponsfaktor, se figur 6.2

Horisontalt terreng foran støttemur og landkar		Skrått terreng foran støttemur og landkar	
ruhet r_b	materiale under såle	ruhet r_b	materiale under såle
≤ 0,9	sand, grus og sprengstein	≤ 0,8	grus og sprengstein
≤ 0,8	leire og silt *	≤ 0,7	leire, silt og sand*

*Det forutsettes at leire/silt er uforstyrret, drenert og ufrossen, slik at fundamentet ikke kan gli på underlaget.



Figur 6.2 Poreovertrykksresponsfaktor B_q (D = poretrykksparameter, det vises til kapittel 2, 3 og 4).

Dimensjonerende Grunntrykk Kritiske akser 1. etasje

Håndbok 016 – Geoteknikk i vegbygging, Kapittel 2 Laboratoriesund..-Geot. param. Side 2-34

2.9.5 Effektivspenningsanalyse

2.9.5.1 *Dimensjonering av støttemur og landkar*

Plassering		Materiale		Dim. tyngdetetthet γ kN/m³	Karakteristisk indre friksjonsvinkel φ grader	tan φ	Attraksjon a kN/m²
Bak og foran landkar og støttemur	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein **		19	42	0,90	0 - 10
		Grus		19	38	0,78	0
		Sand		18	36	0,73	0
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus		19	33	0,70	0
		Sand		17	33	0,65	0
		Silt		18	31	0,60	0
		Leire og lettere silt	Fast ***	20	26	0,49	0
			Bløt ***	19	20	0,36	0
Under landkar-såle	Tilførte komprimerte Masser *	Sprengstein ** og ***		19	42-45	0,90/1,0	10
		Grus *****		19	38/40	0,78/0,84	10
		Sand		18	36	0,73	10
	Naturlige, ikke komprimerte masser	Grus	Fast	19	38	0,78	0-10
			Løse	18	36	0,73	0-5
		Sand	Fast	18	36	0,73	0-10
			Løse	17	33	0,65	0-5
		Silt	Fast	19	33	0,65	0-10
			Bløt	18	31	0,60	0-5
		Leire og lettere silt	Fast ***	19	26	0,49	0-20
			Bløt ***	19	20	0,36	0-5

* Gjelder lagvis utlagte og komprimerte masser på land.
** Sprengstein. Gjelder også maskinkult. Høyere verdier av a kan vurderes avhengig av steinstørrelse.
*** Leire (eller leitig silt), fasthetsparametrene må bestemmes på uforstyrrede prøver.
**** For sprengstein av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.
***** For grus av god kvalitet brukt under landkaret kan den høyeste verdien benyttes.

Jordart	D-parameter
Umettede og sterkt overkonsoliderte leirer	D = + 0,5
Svakt overkonsoliderte Leirer	D = 0
Normalkonsoliderte leirer	0 ≥ D ≥ -0,5
Kvikkleirer	-0,5 ≥ D ≥ -1

Figur 2.40 Poretrykksparametere D i leire og leirig silt.

Poretrykksparameteren: D ⍰ -0,25. (jordart = siltig sand).
Page 6-18

g)

Bæreevnefaktor*

Nq:	12
Nγ	10
Nu:	4

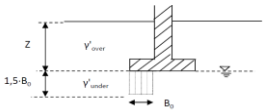
h)

h) Midlere vertikal bæreevne ($\bar{\sigma}_v$) beregnes etter formelen:

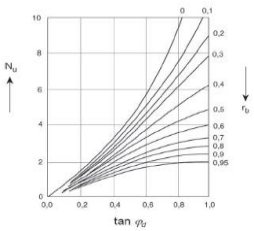
$$\bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \tfrac{1}{2} \cdot N_\gamma \cdot \gamma'_{under} \cdot B_0 - N_u \cdot \Delta\bar{u}_b - a$$

der:
$p' = \gamma'_{over} \cdot z$ = vertikalt effektivt overlagringstrykk ved u.k. såle (det må vurderes om massene foran fundamentet midlertidig kan bli fjernet), hvor
γ'_{over} = effektiv tyngdetetthet av massene over sålenivå.
γ'_{under} = midlere effektiv tyngdetetthet under såle i dybde inntil 1,5 ganger B_0
$\Delta\bar{u}_b$ = udrenert poreovertrykk mot u.k. såle pga. kortvarig tilleggslast P_{var}, se f)

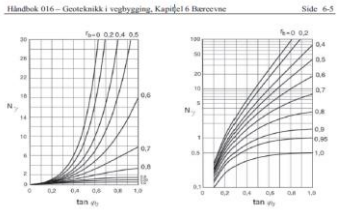
γ'over:	14	kN/m3
γ'under:	14	kN/m3
z:	2	m
p':	28	kN/m2
σv:	406	Kpa



Krav: σv > qv	Ok

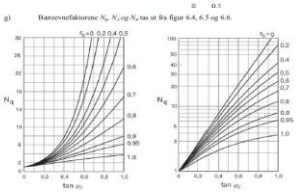


Figur 6.6 Bæreevnefaktor N_q (etter Nordal, 1989, Ref. 4)



Figur 6.5 Bæreevnefaktor N_γ vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m. fl. 1976, Ref. 3)

g) Bæreevnefaktorene N_q, N_γ og N_u tas ut fra figur 6.4, 6.5 og 6.6.



Figur 6.4 Bæreevnefaktor N_q vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m.fl. 1976, Ref. 3)

Dimensjonerende Grunntrykk Kjeller

Bæreevne - effektivspenningsanalyse
Seksjon 6.2, håndbok V220

	Skal fylles ut
	Beregnes automatically

a)

φ:	33	°
tan φ:	0,649408	
a	0	kpa
Dybde Grunnvann	0,5	m

b)

Materialfaktor γM:	1,3
tan φd:	0,499544

c)
Ytre laster, dvs. vertikallast Fv og horisontallast Fh samt moment M bestemmes.
Det medtas statiske drenerte laster (vekt av konstruksjon) og kortvarige udrenerte tilleggslaster (trafikk etc.). Partialfaktorer for lastvikrninger γF, bestemmes i henhold til NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 (se kapittel 0 og håndbok N400;).

Vertikallast Fv=Fvd+Fvu	121,8667	KN/m
Horisontallast Fh=Fhd+Fhu:	0	KN/m
Moment M=Md+Mu:	0	KNm/m

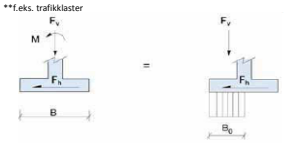
Statisk, drenert vertikal lastandel Fvd*:	121,8667	KN/m
Udrenert vertiakl lastandel Fvu**:	0	KN/m

*f.eks. Egenvekt
**f.eks. trafikklaster

d)

Fundamentbredde B:	1
Effektiv fundamentbredde B0:	1

$$B_0 = B - 2 \cdot \left|\frac{M}{F_v}\right|$$



Figur 6.1 Effektiv sålebredde B_0.

e)

Vertikaltrykk under sålen qv: 121,8667

$$\bar{q}_v = \frac{F_v}{B_0} = \frac{F_{vd} + F_{vu}}{B_0}$$

f)

Bq:	0,35
qvu=Fvu/B0:	0
Δub:	0
rb	0,00

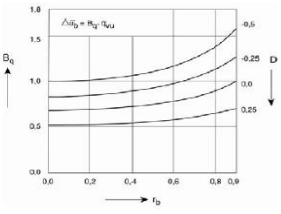
Bq: Poreovertrykksresponsfaktor (fra diagr. i SVVs hb016, kap.6)

$$r_b = \frac{\bar{\tau}_b}{\left(\bar{q}_v + a - \Delta\bar{u}_b\right) \cdot \tan\phi_d} = \frac{F_h / B_0}{\left(\bar{q}_v + a - B_q \cdot \bar{q}_{vu}\right) \cdot \tan\phi_d}$$

a = attraksjon for masser under såle
$\bar{q}_{vu} = \bar{q}_v - \bar{q}_{vd}$ = udrenert andel av vertikaltrykk
$\Delta\bar{u}_b = B_q \cdot \bar{q}_{vu}$ = udrenert poreovertrykk
B_q = poretrykksresponsfaktor, se figur 6.2

Horisontalt terreng foran støttemur og landkar		Skrått terreng foran støttemur og landkar	
ruhet r_b	materiale under såle	ruhet r_b	materiale under såle
≤ 0,9	sand, grus og sprengstein	≤ 0,8	grus og sprengstein
≤ 0,8	leire og silt *	≤ 0,7	leire, silt og sand*

*Det forutsettes at leire/silt er uforstyrret, drenert og ufrossen, slik at fundamentet ikke kan gli på underlaget.



Figur 6.2 Poreovertrykksresponsfaktor B_q (D = poretrykksparameter, det vises til kapittel 2, 3 og 4).

Jordart	D-parameter
Umettede og sterkt overkonsoliderte leirer	D = + 0,5
Svakt overkonsoliderte Leirer	D = 0
Normalkonsoliderte leirer	0 ≥ D ≥ -0,5
Kvikkleirer	-0,5 ≥ D ≥ -1

Figur 2.40 Poretrykksparametere D i leire og leirig silt.

Poretrykksparameteren: D = -0,25. (jordart = siltig sand).
Page 6-18

g)

Bæreevnefaktor*

Nq:	12
Nγ	10
Nu:	4

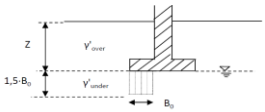
h)

h) Midlere vertikal bæreevne ($\bar{\sigma}_v$) beregnes etter formelen:

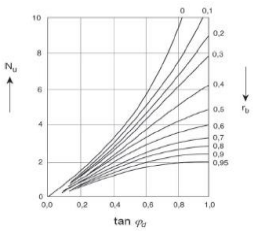
$$\bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \tfrac{1}{2} \cdot N_\gamma \cdot \gamma'_{under} \cdot B_0 - N_u \cdot \Delta\bar{u}_b - a$$

der:
$p' = \gamma'_{over} \cdot z$ = vertikalt effektivt overlagringstrykk ved u.k. såle (det må vurderes om massene foran fundamentet midlertidig kan bli fjernet), hvor
γ'_{over} = effektiv tyngdetetthet av massene over sålenivå.
γ'_{under} = midlere effektiv tyngdetetthet under såle i dybde inntil 1,5 ganger B_0
$\Delta\bar{u}_b$ = udrenert poreovertrykk mot u.k. såle pga. kortvarig tilleggslast P_{var}, se f)

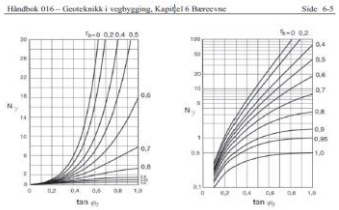
γ'over:	14	kN/m3
γ'under:	14	kN/m3
z:	2,5	m
p':	35	kN/m2
σv:	490	Kpa



Krav: σv > qv	Ok

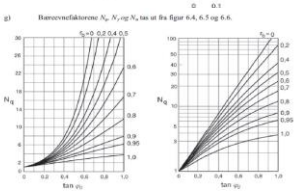


Figur 6.6 Bæreevnefaktor N_q (etter Nordal, 1989, Ref. 4)



Figur 6.5 Bæreevnefaktor N_γ vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m. fl. 1976, Ref. 3)

g) Bæreevnefaktorene N_q, N_γ og N_u tas ut fra figur 6.4, 6.5 og 6.6.



Figur 6.4 Bæreevnefaktor N_q vist med lineær og med logaritmisk skala. (etter Janbu m.fl. 1976, Ref. 3)