

Oppdragsgiver:	SKANSKA NORGE AS
Prosjekt:	BØRSA SKOLE
Rapport:	GEOTEKNISK RAPPORT Vurdering av skredfare Stabiliserende tiltak
Utarbeidet av:	Torbjørn Kjoberg
Ansvarlig:	Torbjørn Kjoberg

DOK. NR: ATK-2014-036-Skred01

A	For kommentarer	TKj	LBj	21.03.14
Rev.	Tekst	Utført av	Kontrollert av:	Dato:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 0
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

INNHOLDSFORTEGNELSE:**SIDE**

1. INNLEDNING	0
2. OMRÅDESTABILITET, VURDERING AV RASFARE IHHT. NVE's VEILEDER	2
3. GEOTEKNISK KATEGORI OG PÅLITELIGHETSKLASSE	6
4. DATA FOR GRUNNFORHOLD.....	7
5. STABILISERENDE TILTAK.....	9
6. OPPSUMMERING	20
7. REFERANSER	21

1. INNLEDNING

Det skal bygges nye bygninger for Børsa barneskole i Skaun kommune til erstatning for eksisterende bygninger som skal rives. Det skal videre settes opp midlertidige skolebygninger (brakkebygg) i byggeperioden.



Fig. 1: Oversiktsbilde over området eksisterende skolebygninger for barneskolen

De nye skolebygningene plasseres på samme stedet som eksisterende skolebygninger.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 1
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

Grunnforholdene i området består i hovedsak av et fast topplag på 2-2,5m over bløt leire til fjell. Det er også indikert/påvist kvikkleire i grunnen.

Vurdering av rasfare:

Vurdering av rasfare skal utføres i henhold til NVE's veileder, referanse 5.

Skredområder hentes fra : www.skrednett.no

Den nye bygningsmassen består av lette konstruksjoner direktefundamentert med hel betongplate på grunnen.

Dette for å minimalisere framtidige setninger og for å minimalisere påvirkningen av den geotekniske stabiliteten av området.

Figuren nedenfor viser nye skolebygninger (P) og midlertidige skolebygninger (M):



Fig. 2: Plan som viser plassering av permanente skolebygninger (P) og midlertidige skolebygninger (M).

Figuren ovenfor viser plasseringen av de nye bygningene i terrenget.

Ny barneskole (P) plasseres på samme stedet som eksisterende barneskolen.

Midlertidig skole (M) plasseres mellom barneskolen og ungdomskolen.

Forutsetning: De nye bygningene skal ikke forverre den geotekniske stabiliteten i området, hverken lokalt eller globalt.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 2
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

2. OMRÅDESTABILITET, VURDERING AV RASFARE IHHT NVE's VEILEDER

Basert på NVE veileder for områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire, ref. (5).

2.1 Flytskjema, fig. 4.1 i ref. (5):

2.1.1 Ligger hele planområdet innenfor en eksisterende faresone?

Fra www.skrednett.no:

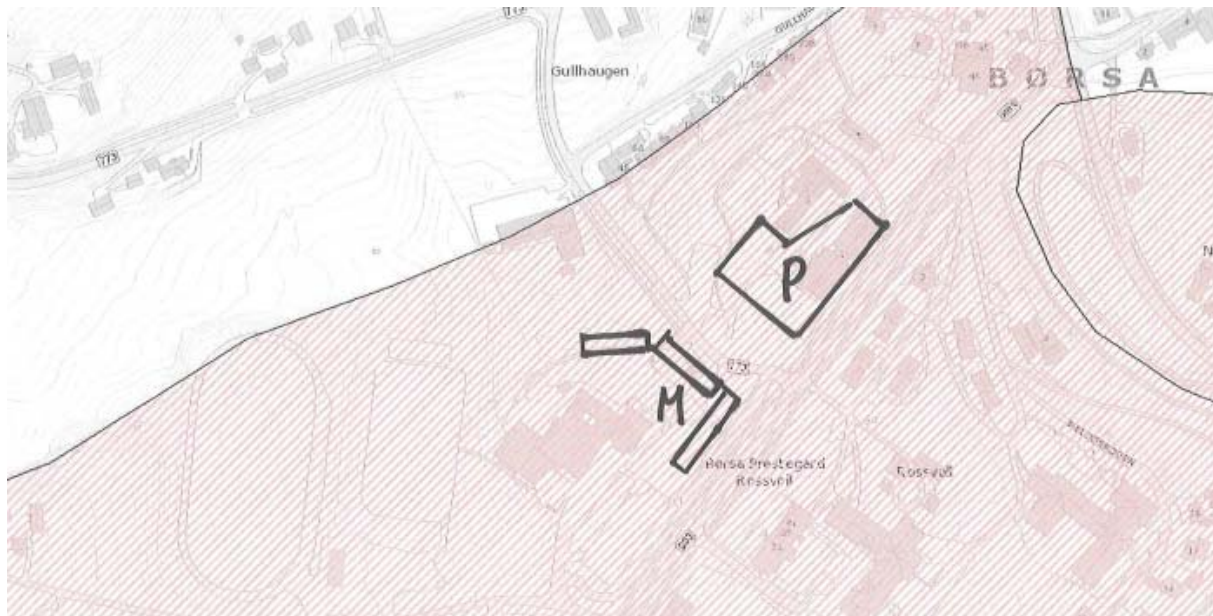


Fig.3: Faresone fra Skrednett.no , med plassering av ny skole (P) og midlertidig skole (M).

Svar: Ja. Den nye skolen og den midlertidige skolen vil bli plassert innenfor registrert kvikkleiresone i Børse sentrum.

Området er plassert i **risikoklasse 3**.

Krav til sikkerhet: $\gamma_m \leq 1,4$

Kontroll: Skjerpet kontroll

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 3
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

2.1.2 Mulig løsneområde og/eller antatte utløpsområder

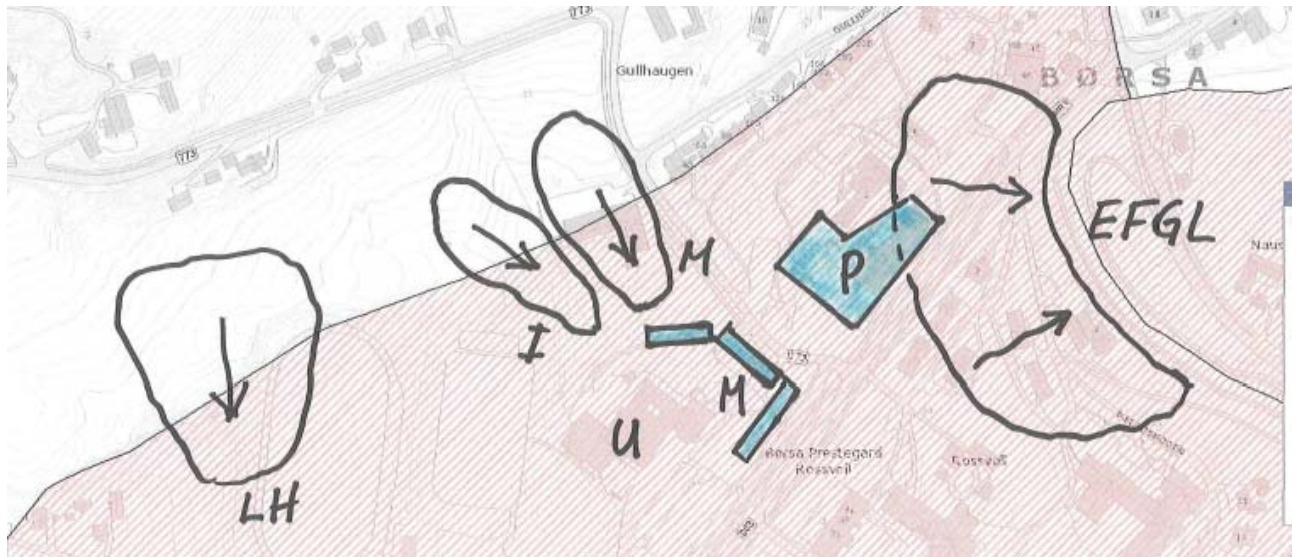


Fig.4: Mulig løsne - og utløpsområde for leirskred er markert på figuren

Markeringene på figuren angir mulige rasområder:

- LH: Ved profil L-L og H-H i ref.(2)
Området omfatter en ravine med åpen bekk.
- I: Ved profil I-I i ref. (2).
Området inneholder et svakt søkk/ravine.
- M: Ved profil M-M i ref.(2)
Området inneholder en markert rygg i terrenget.
- EFGL: Ved profil E-E, F-F, G-G, L-L i ref. (2)
Området omfatter skråningen ned mot Børseelva.
Børseelva er tidligere sikret med oppfylling og plastring.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 4
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

Figuren nedenfor er basert på figur hentet fra ref.(2), (figur nr.3).

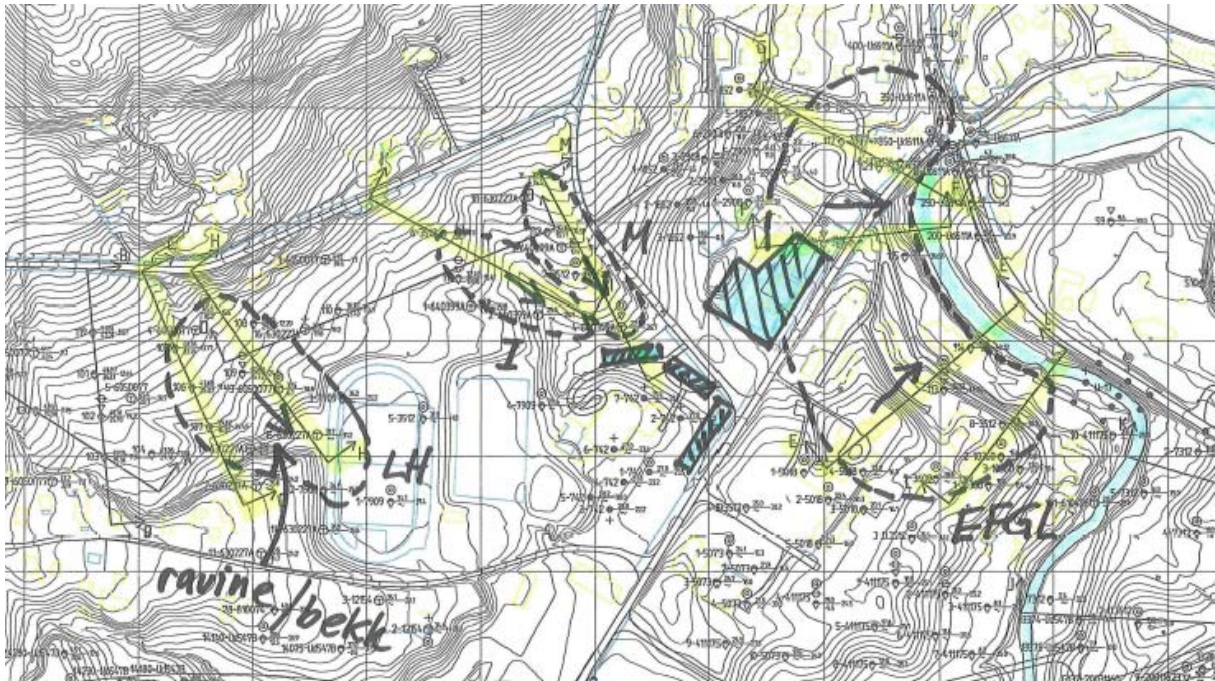


Fig. 5: Profilene C-C, H-H, I-I, M-M, E-E, F-F, G-G og L-L er markert på figuren

2.2 Vurdering av de ulike potensielle rasområdene

2.2.1 Område LH

Feltet dekkes av profilene C-C og H-H.

NGI har beregnet sikkerheten i profil C-C til $FC = 1,13$ og profil H-H til $FC = 1,23$.

Begge profilene har for liten sikkerhet ($FC < 1,4$).

Det potensielle rasområdet er en ravine med en åpen bekk. Utløpsområdet vil bre seg ut over idrettsbanene og eventuelt renne videre vest for ungdomsskolen. Et potensielt ras vil derfor ikke berøre den midlertidige skolen eller ny barneskole.

Konklusjon: Ingen tiltak kreves for område LH for dette prosjektet.

3.2.2 Område I

Område I omfatter en mindre ravine/ senkning i terrenget nord-vest for den midlertidige skolen. Feltet dekkes av profil I-I i NGI-rapport, ref.(2).

Utløpsområdet for et potensielt ras vil kunne nå ned til den midlertidige skolen.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 5
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

NGI har beregnet sikkerheten i profil I-I til $FC = 1,35$ som er mindre enn 1,4.

Konklusjon: Det må derfor gjøres tiltak slik at sikkerheten økes til $FC \geq 1,4$.

2.2.3 Område M

Feltet dekkes av profil M-M.

Det potensielle rasområdet er rygg vest for den midlertidige skolen. Utløpsområdet vil kunne berøre den midlertidige skolen

NGI har beregnet sikkerheten i profil M-M til $FC = 1,45$ ($> 1,4$).

Konklusjon: Ingen tiltak kreves for område M.

2.2.4 Område EFGL

Feltet som danner området EFGL er skråningen ned mot Børsaelva.

Feltet omfatter NGI- profilene: E-E, F-F, G-G og L-L.

Basert på NGI sine beregninger så er sikkerheten i de ulike profilene:

Profil E-E: $FC = 1,20$ ($< 1,4$)

Profil F-F: $FC = 1,56$ ($> 1,4$)

Profil G-G: $FC = 1,39$ ($\approx 1,4$)

Profil L-L: $FC = 1,38$ ($\approx 1,4$), ($FC = 1,29$ i en lokal helning i terrenget)

Det er spesielt omkring profil E-E at sikkerheten er for liten.

Mulig skredutvikling omkring profil L-L:

Det er lav sikkerhet ($FC = 1,29$) for lokal glideflate i skråningen.

Det vurderes at en potensiell rasutvikling herfra ikke vil ha en slik utbredelse at det berører barneskolen.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 6
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

Mulig skredutvikling omkring profil E-E, ned mot Børsaelva:

Figuren nedenfor viser antatt skredutvikling (markert 1-2-3):



Fig.6: Mulig skredutvikling i skråningen ned mot elva.

Det antas at et mulig skred vil starte omkring profil E-E, som har lavest sikkerhet, og at det utvikles derfra. Det er fullt mulig at skredet kan gå lenger bak enn antydnet på figuren. Løsneområdet kan derfor potensielt berøre den nye barneskolen (skravert på figuren)

Konklusjon: Det må gjøres tiltak for å bedre sikkerheten omkring profil E-E.

3. GEOTEKNISK KATEGORI OG PÅLITELIGHETSKLASSE**Geoteknisk kategori:**

Den geotekniske vurderingen gjelder skredvurdering i kvikkleiresone.

Velger derfor geoteknisk kategori 3.

Pålitelighetsklasse:

Skredvurderingen plasseres i pålitelighetsklasse (CC/RC): 3

Kontrollklasse: U (utvidet)

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 7
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

4. DATA FOR GUNNFORHOLD

Det er tatt utgangspunkt i geotekniske rapporter utarbeidet av NGI og Rambøll:

- 1) NGI: Børse sentrum
Grunnundersøkelser. Datarapport
Rapport nr. 20061762-1 , datert 19.februar 2007, referanse 1.
- 2) NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse 2.
- 3) Rambøll: Skaun kommune, Børse barneskole
Oppdrag nr. 6120959, rapport nr. 1, datert 26.02.2013, referanse 3.
- 4) NGI: Teknisk notat til Skaun kommune
Dokumentnr. 20120681-01-TN, datert 17. desember 2012, referanse

Rapport (1):

NGI-rapporten omhandler grunnundersøkelser i forbindelse med utarbeiding av ny reguleringsplan for Børse sentrum. Det er påvist kvikkleire over store deler av Børse sentrum. Rapporten omfatter grunnundersøkelser over områder med fare for kvikkleireskred.

Det er utført dreietrykksonderinger, CPTU og prøveserier.
Dreietrykksonderingen viser bløte masser, med noe økende motstand ned mot fjell.
CPTU sonderingen viser bløte masser, med høye poreovertrykk.
Prøveseriene i dybde 3,5m og 6,5m beskriver massene som middels fast leire, siltig, vanninnhold ca. 40%, skjærstyrke på ca. 30 kPa. Sensitiviteten øker med dybden fra 14 til 35. Dvs. middels til meget sensitiv. Målt gNaCl/l porevann er i området 1,6-3,3 målt som NaCl-ekvivalenter, som er mindre enn 5g/l.
Leiren tenderer mot kvikkleire (sprøbruddoppførsel).
Ødometerforsøk fra dybde 6,3m angir en overkonsolideringsgrad på 1,8.

Rapport (2):

Denne NGI-rapporten gir en oppsummering av utførte grunnundersøkelser for ulike områder i Børse. Utbredelsen av kvikkleire er angitt på snitt i rapporten.

Rapport (3):

Rapporten fra Rambøll dekker området som er regulert til skole.
Det er utført 8 totalsonderinger til fjell, 3 trykksonderinger (CPTU) og 1 prøveserie.
Dybden til fjell varierer fra ca. 7m i nordvestre skråning til ca. 35m i syd.
Borpunktene 5 og 6 ligger i området for skolebygningene. Her varierer dybden til fjell fra ca. 20m til ca. 35m, med størst dybde i syd.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 8
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

Sonderingene viser at grunnen består av ca. 2m tørrskorpe/friksjonsmasser over bløt leire til fjell.

Prøveserien i punkt 3 i sydenden av området angir et vanninnhold fra 30-40%, skjærfasthet på ca. 40 kPa i øvre deler, avtagende til ca. 20 kPa i 10meters dybde, derfra noe økende ned mot fjell. Boringen er avsluttet på en dybde på ca. 35m.

I dybde på 5-10m er det angitt kvikkleire, med sensitivitet på over 100.

Borpunkt 7 i skråningen ved idrettsbanen består av et ca. 2m øvre lag med friksjonsmasser over leire til fjell på ca. 6,5m.

Borpunkt 8 vest for idrettsbanen, i retning elva, er grunnforholdene tilsvarende som for borpunkt 6. Dybde til fjell er ca. 21m.

Rapport (4):

Teknisk Notat fra NGI inneholder stabilitetsvurderinger av området.

Notatet inneholder en geoteknisk utredning av området S1 som inneholder området for ny barneskole og midlertidig skole.

Området ligger innenfor kvikkleiresonen Børse og er vurdert til skredfareklasse Lav (1) og skredfarekonsekvensklasse Meget alvorlig (3).

Stabilitetsvurdering av område S1, ved nåværende barneskole, dvs. nordre del av S1:

Stabiliteten av dette området er akseptabel for dagens situasjon. Ved utbygging i området må det settes krav til at stabilitetsforholdene ikke forverres, verken lokalt eller globalt

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 9
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

5. STABILISERENDE TILTAK

5.1 Område I

Stabiliserende tiltak kontrolleres ved å beregne sikkerheten før og etter at tiltaket er utført. Beregningene utføres med elementprogrammet Plaxis 2D.

Figuren nedenfor viser geometrien til profil I-I, med koordinater for Plaxis-beregningene.

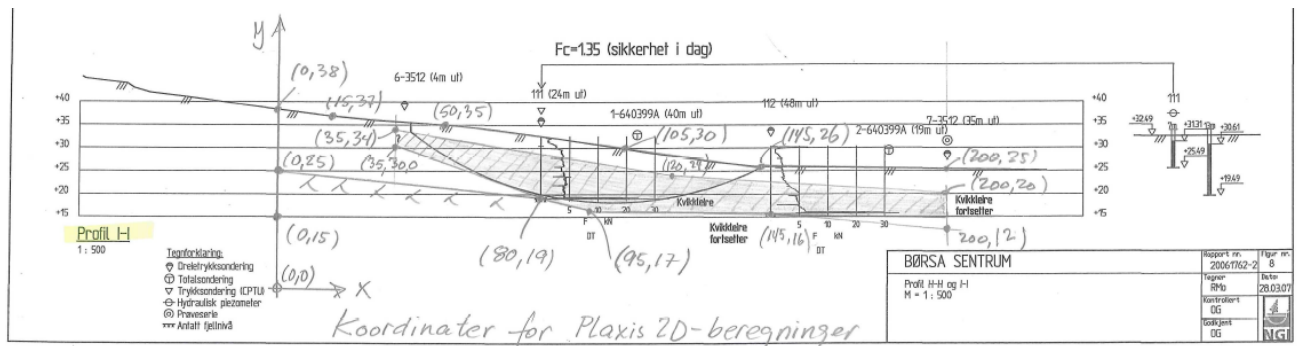


Fig. 7: Profil I-I, med koordinater brukt i Plaxis-beregningene.

Figuren nedenfor viser Plaxis-modellen:

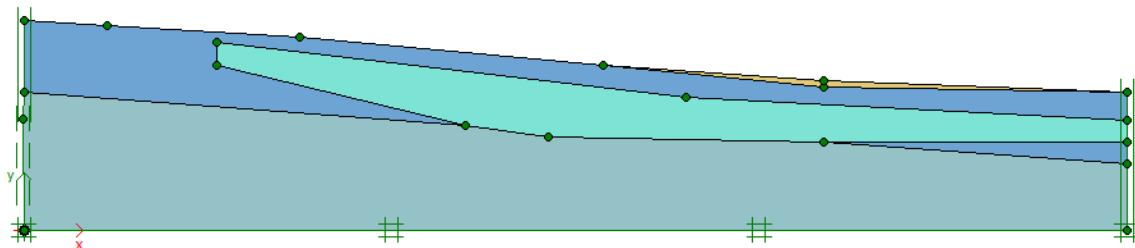


Fig. 8: Plaxis-modell: Gult angir stabiliserende fylling (1,0m fyllingshøyde på de dypeste)

Figurforklaring:

- Grå farge: Fjell
- Blå farge: Leire
- Lys blå farge: Kvikkleire
- Gul farge: Stabiliserende fylling

Beregningsdata:

Beregningene utføres udrenert, med MC-jordmodell.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 10
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

Leire: $C_u = 35 \text{ kPa}$, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $E_u \approx 250 \cdot C_u$

Kvikkleire: $C_u = 19 \text{ kPa}$, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $E_u \approx 250 \cdot C_u$

Skjærfastheten til kvikkleira er tilpasset slik at $F_c \approx 1,35$ ($\Sigma M_{sf} \approx 1,35$ i Plaxisberegningene)

Beregningsresultater:

a) Eksisterende tilstand:

Beregning av sikkerheten til eksisterende tilstand (c- ϕ -reduksjon i Plaxis):

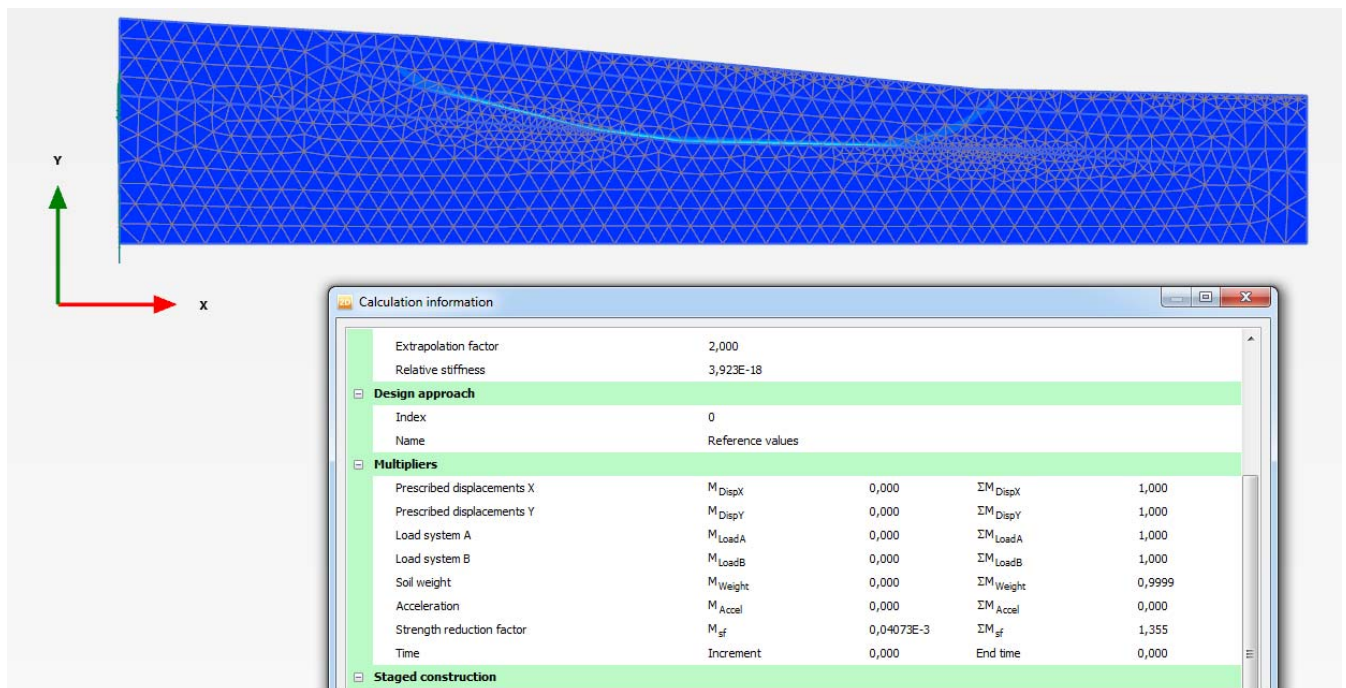


Fig.9: Bruddfigur (inkrementelle skjærtøyninger), $\Sigma M_{sf} = 1,355 \approx 1,35$

Skjærfastheten i kvikkleirelaget er tilpasset slik at stabiliteten for profilet er tilsvarende sikkerheten beregnet av NGI ($F_c = 1,35$).

b) Etter at stabiliserende fylling er utført er lagt ut

Beregning av sikkerhet basert på c- ϕ -reduksjon i Plaxis-modellen:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 11
Prosjekt : Børsla skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

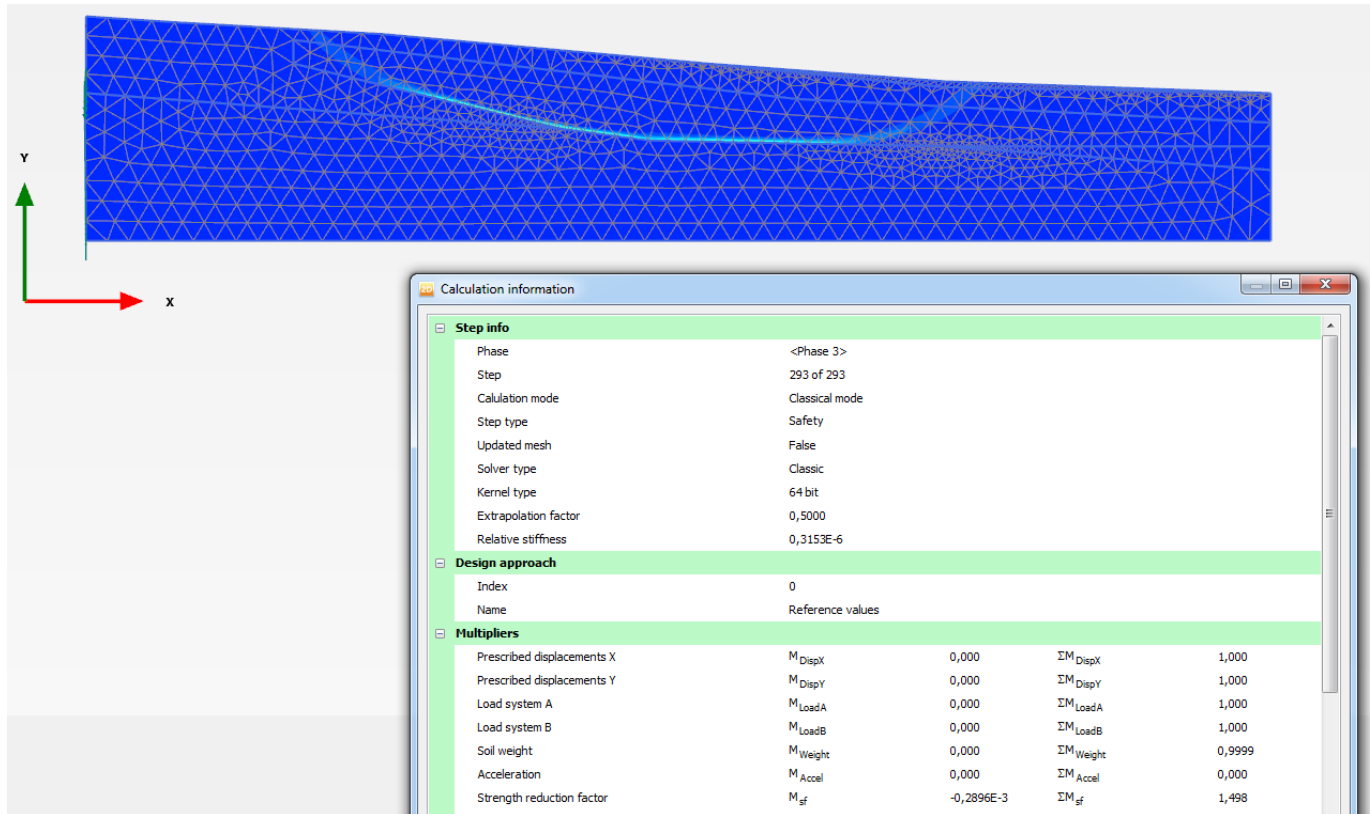


Fig.10 : Bruddfigur (inkrementelle skjærtøyninger), $\Sigma M_{sf} = 1,498 \approx 1,5 > 1,4$, dvs. OK.

Konklusjon: Beregnet sikkerhet etter fylling: $\Sigma M_{sf} = 1,498 \approx 1,5 > 1,4$, dvs. OK.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 12
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

Stabiliserende fylling i terrenget:

På figuren nedenfor er området markert med skravur der det skal legges ut stabiliserende sprengsteinfylling.



Fig.11: Markering av fyllingsområdet.

Skravuren angir ca. plassering av fyllingen i terrenget. Den må tilpasses på stedet.
Fyllingen skal legges i det dypeste søkket med en høyde på ca. 1,0m.
Fyllingen avtrappes i begge retninger over en samlet lengde på ca. 50m

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 13
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

5.2 Område EFGL

5.2.1 Krav til stabilitet

Området omfatter skråningen ned mot Børsaelva.



Fig. 12: Potensielt rasområde EFGL

Området som er omfattet av profil E-E har beregnet stabilitet $FC = 1,17$ før stabiliserende tiltak er gjennomført.

Det er gjennomført tiltak med oppfylling og plastring av Børsaelva. Dette har hevet beregninget sikkerhet til $FC=1,20$.

Nødvendig forbedring basert på NVE's veileder, vedlegg 1:

Basert på figur 3.1, med $FC = 1,17$ må sikkerheten forbedres med 6%.

Krav til sikkerhet blir da: $FC = 1.17 \cdot 1,06 = 1,24$

Konklusjon: Sikkerheten må beregningsmessig heves fra $FC = 1,20$ til $FC = 1,24$.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 14
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

5.2.2 Stabiliserende tiltak

Stabiliserende tiltak blir ny fylling i Børsaelva og eventuelt inn på elvebredden. Figuren nedenfor viser tiltakene:

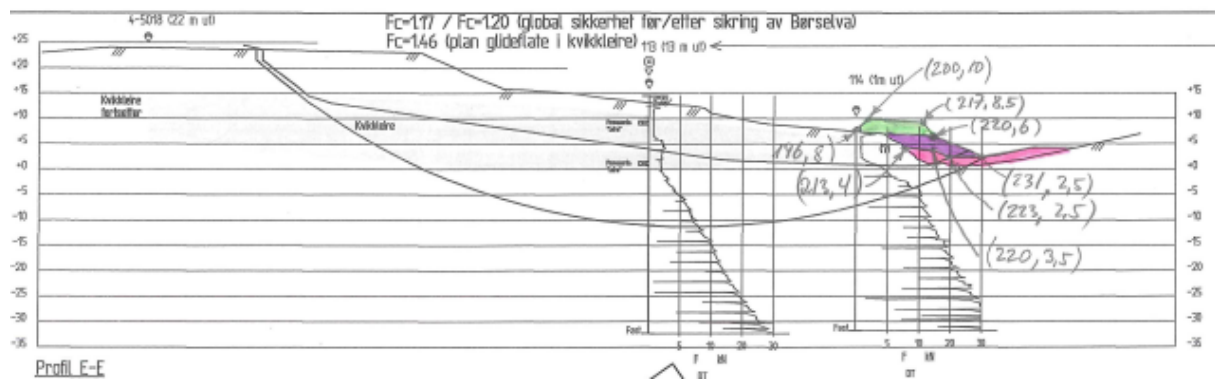


Fig.13: Mulige utbedringstiltak: Lys fiolett=eksisterende fylling i elva,
Mørk fiolett = ny fylling i elva
Grønn = ekstra fylling inn over land

Eksisterende oppfylling og plastring av Børsaelva (lys fiolett) har hevet sikkerheten fra $FC = 1,17$ til $FC = 1,20$.

En ytterligere heving av sikkerheten fra $FC = 1,20$ til $FC = 1,24$ vil kreve en videre oppfylling og plastring enn den som allerede er utført, markert med mørk fiolett og grønt på figuren ovenfor.

Kontrollberegninger av forbedret stabilitet ved bruk av Plaxis 2D.

Kontrollberegningen av effekten av stabiliserende tiltak baseres på utførte grunnundersøkelsene i ref.(1), (2).

Jorddataene er hentet fra NGI rapport, ref.(2), borhull nr. 113, figur A4.

Disse blir tilpasset slik at beregningene for dagens situasjon gir tilnærmet samme sikkerhet som det NGI har beregnet.

Dette vurderes til å være tilstrekkelig nøyaktig til beregne effekten av ulike stabiliserende tiltak.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 15
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

5.2.2.1 Eksisterende tilstand:

Figuren nedenfor viser snitt ved profil E-E, fra ref. (2), fig.3:

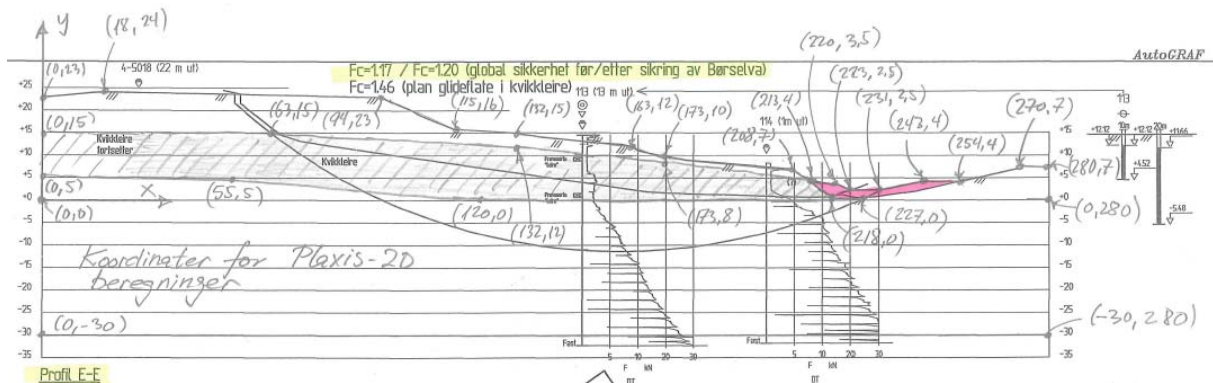


Fig.14: Profil E-E, med koordinater for Plaxis-beregninger. Lys fiolett = utført plastring i elva.

Figuren nedenfor viser tilsvarende Plaxis-modell:

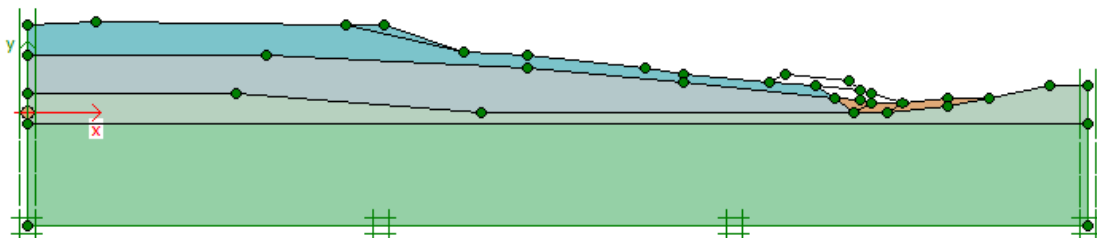


Fig.15: Plaxis-modell for eksisterende tilstand med fylling og plastring i elva

I figuren ovenfor er jordlagene regnet fra toppen og nedover:

- Topplag av leire (blå farge)
- Antatt lag med kvikkleire (grå farge)
- Mellomlag, leire (grå-grønn farge)
- Bunnlag av leire (grønn farge)
- Eksisterende plastring og oppfylling i elva (oransje farge i modellen).

Grunnvannstanden legges ca. 2m under terrengnivå.

Beregningene utføres med drenerte jordstivheter og med udrenert skjærfasthet (type B, i Plaxis), med HS- jordmodell.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 16
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

Jordparametere:

Topplaget av leire:

$$C_u = 30 \text{ kPa}, \gamma = 19 \text{ kN/m}^2, E_{50}^{\text{ref}} \approx 300 \cdot C_u = 300 \cdot 30 = 9\,000 \text{ kPa}$$

$$E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = E_{50}^{\text{ref}}$$

Kvikkleire:

$$C_u = 39 \text{ kPa}, \gamma = 19 \text{ kN/m}^2, E_{50}^{\text{ref}} \approx 200 \cdot C_u = 200 \cdot 39 = 7800 \text{ kPa}$$

$$E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = E_{50}^{\text{ref}}$$

Mellomlag av leire:

$$C_u = 40 \text{ kPa}, \gamma = 19 \text{ kN/m}^2, E_{50}^{\text{ref}} \approx 250 \cdot C_u = 40 \cdot 250 = 10\,000 \text{ kPa}$$

$$E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = E_{50}^{\text{ref}}$$

Bunnlaget av leire:

$$C_u = 40 \text{ kPa} + 2,0 \text{ kPa/m}, \gamma = 19 \text{ kN/m}^2,$$

$$E_{50}^{\text{ref}} \approx 250 \cdot C_{u,\text{middel}} \approx 250 \cdot 60 = 15\,000 \text{ kPa}, E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = E_{50}^{\text{ref}}$$

Plastringstein: $\phi = 42^\circ$, $c = 2 \text{ kPa}$, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $E' = 60000 \text{ kPa}$. (MC jordmodell)

Kontroll for eksisterende tilstand, med $FC = 1,20$:

Kontrollberegning av dagens sikkerhet med tilpasning av jordparameterene slik at bruddberegning (c - ϕ -reduksjon) i Plaxis gir $FC = \Sigma M_{sf} \approx 1,20$.

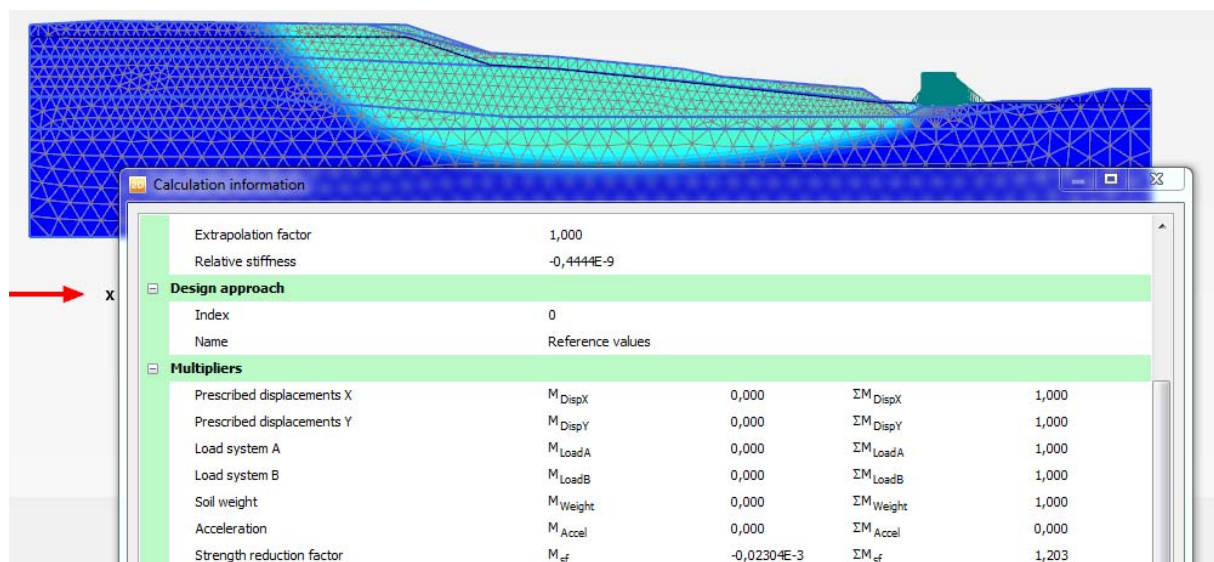


Fig.16: Figuren viser totale deformasjoner ved brudd, $\Sigma M_{sf} = 1,203 \approx 1,20$

Konklusjon: Plaxis-modellen gir tilnærmet samme resultat som NGI-beregningen.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 17
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

Kontroll av opprinnelig tilstand før plastring, med $FC = 1,17$:

Modellen er kontrollert for opprinnelig tilstand (før eksisterende fylling).

Beregningene viser , $\Sigma M_{sf} = 1,16$. Dette er tilnærmet lik NGI sine beregninger som viser $FC = 1,17$.

5.2.2.2 Fylling med sprengsteinmasser ute i Børsaelva:

Figuren nedenfor viser Plaxis-modellen med ny fylling ute i elva (mørk fiolett):

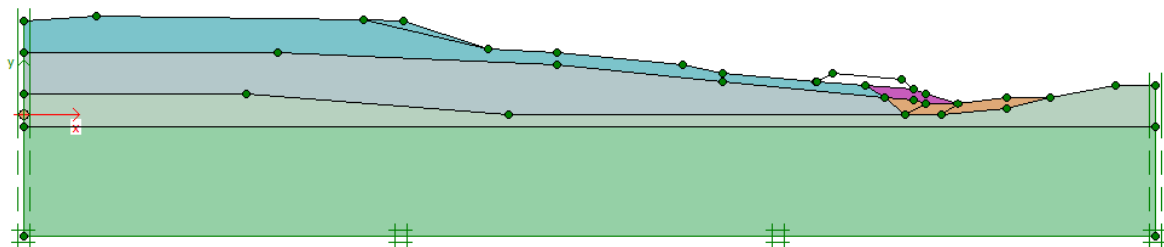


Fig. 17: Plaxis-modell med ny fylling i elva, ny fylling er markert med mørk fiolett farge

Figuren nedenfor viser bruddsituasjonen ved (c-φ-reduksjon) i Plaxis :

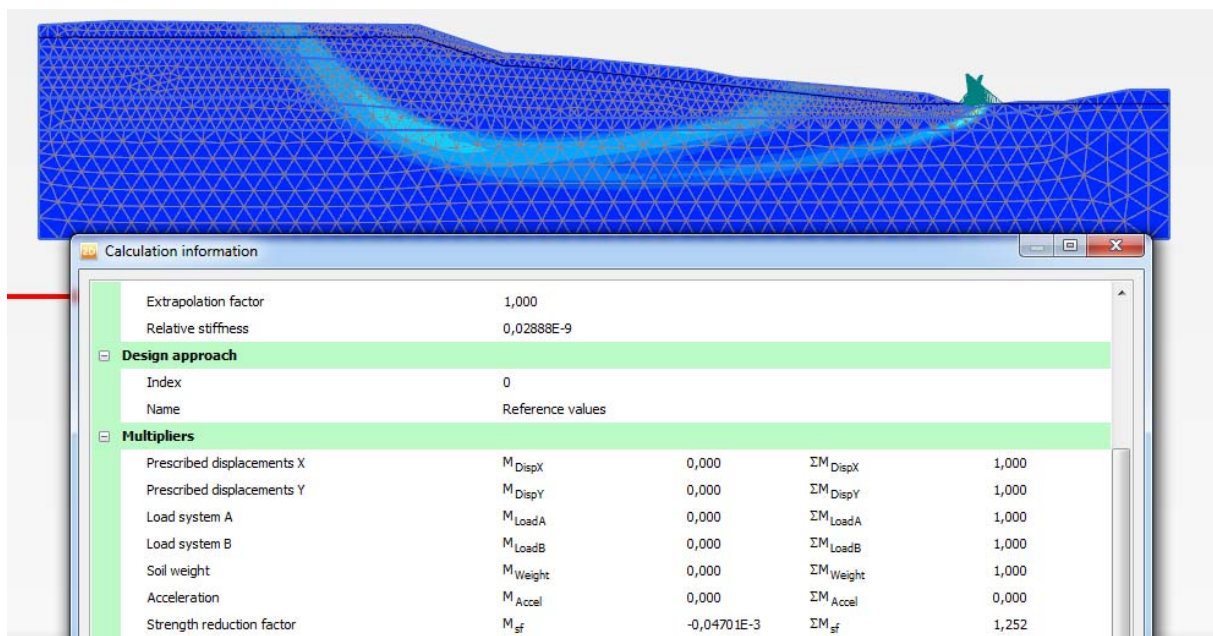


Fig.18: Figuren vise inkrementelle deformasjoner ved brudd, $\Sigma M_{sf} = 1,252 > 1,24$.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 18
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

5.2.2.3 Effekt av fylling inn på elvebredden:

Figuren nedenfor viser Plaxis-modellen med ekstra fylling inn over elvebredden:

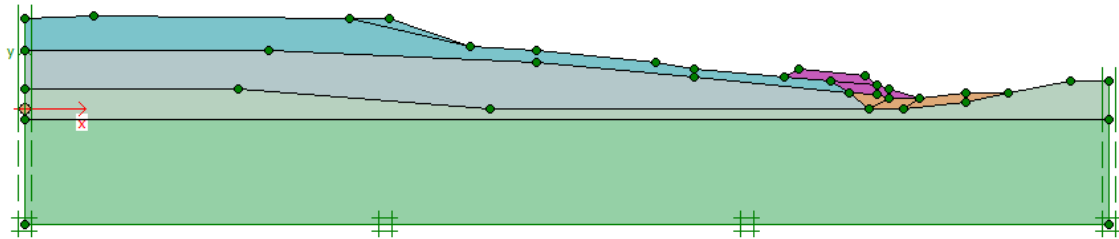


Fig. 19: Ny steinfylling inn over elvebredden

Figuren nedenfor viser bruddsituasjonen ved c-φ-reduksjon i Plaxis:

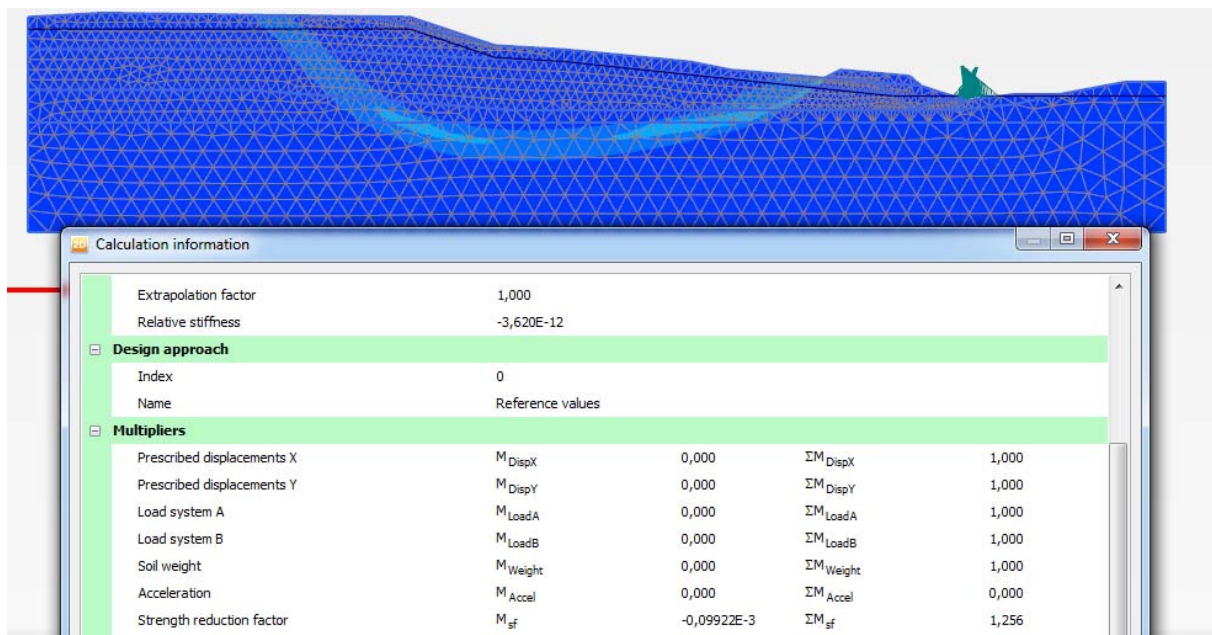


Fig.20: Ekstra fylling inn over elvebredden: $\Sigma M_{sf} = 1,256 > 1,24$.

Beregningene viser at det er liten effekt av å fylle på elvebredden.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 19
Prosjekt : Børse skole	Dato : 21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. : A

5.2.3 Utstrekning av nødvendig fylling i Børsaelva

Figuren nedenfor viser utstrekning av ny fylling i Børsaelva:



Fig.21: Utstrekning av ny fylling i Børsaelva (skravert område)

Det skraverte området på figuren ovenfor viser ca. utstrekning av ny fylling i Børsaelva. Den bør starte oppe ved profil L-L og avsluttes noe ovenfor profil F-F.

Nødvendig fyllingshøyde: Ca. 2,5m

Nødvendig fyllingsbredde: Ca. 15m

Nødvendig fyllingslengde: Ca. 150m, fyllingen avtrappes fra midten og ut mot endene.

Endelig fylling må prosjekteres og godkjennes.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 20
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

6.0 OPPSUMMERING

Skredvurdering i forbindelse med ny barneskole i Børse sentrum er utført i henhold til NVE veileder, med vedlegg 1.

Skolen ligger innenfor registrert kvikkleiresone i Børse sentrum. Området er plassert i risikoklasse 3, med krav til sikkerhet $\gamma_m \geq 1,4$ og med skjerpet kontroll.

Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse for denne skredvurderingen:

- Geoteknisk kategori: 3
- Pålitelighetsklasse: 3
- Kontrollklasse: U (utvidet)

Nødvendige tiltak:

Ravinen vest for den midlertidige skolen (profil I-I) har litt for liten stabilitet:

Stabiliteten må derfor heves noe ved at det fylles ca. 1m i bunn av ravinen.

Fyllingen avtrappes i begge retninger over en samlet lengde på ca. 50m.

Fylling i Børsaelva:

Området ved profil (E-E) har for liten stabilitet. Et potensielt skred vil kunne omfatte skoleområdet. Det betyr at stabiliteten må forbedres med ca. 6% i henhold til NVE's veileder.

Ved toppen av skråningen (profil E-E) er det en fredet bygning slik at det ikke er mulig å slakke skråningen her.

Alternativet blir å fylle med sprengstein inklusive plastring ute i Børsaelva. Fylling på land langs elvebredden har mindre stabiliserende effekt. Utstrekningen av plastringen er ca. fra profil L-L og ned til noe ovenfor profil F-F.

Nødvendig fyllingshøyde: Ca. 2,5m

Nødvendig fyllingsbredde: Ca. 15m

Nødvendig fyllingslengde: Ca. 150m, fyllingen avtrappes fra midten og ut mot endene.

Endelig fylling må prosjekteres og godkjennes.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 21
Prosjekt : Børse skole	Dato :21.03.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred01	Rev. :A

7.0 REFERANSER

1. NGI: Børse sentrum
Grunnundersøkelser. Datarapport
Rapport nr. 20061762-1 , datert 19.februar 2007, referanse (1)
2. NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse (2)
3. Rambøll: Skaun kommune, Børse barneskole
Oppdrag nr. 6120959, rapport nr. 1, datert 26.02.2013, referanse (3).
4. NGI: Teknisk notat til Skaun kommune
Dokumentnr. 20120681-01-TN, datert 17. desember 2012, referanse (4).
5. NVE veileder: Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire
og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
Vedlegg 1: Flom-og skredfare i arealplaner.

Oppdragsgiver:

SKANSKA NORGE AS

Prosjekt:

BØRSA SKOLE

Skredvurderinger

Rapport:

GEOTEKNISK NOTAT

3D beregninger av profil E-E

Utarbeidet av: Torbjørn Kjøberg
Ansvarlig: Torbjørn Kjøberg

DOK. NR: ATK-2014-036-Skred02

A	For kommentarer	TKj	LBj	15.09.14
Rev.	Tekst	Utført av	Kontrollert av:	Dato:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 0
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. :A

INNHOLDSFORTEGNELSE:**SIDE**

1. INNLEDNING	0
2. GEOMETRI OG PROFILDATA	2
3. GRUNNFORHOLD	7
4. STABILITETSBEREGNINGER MED 3D PLAXIS	8
5. KRAV TIL SIKKERHET IHHT. NVE's VEILEDER.....	16
6. KONKLUSJON.....	16
7. REFERANSER	16

1. INNLEDNING**1.1 Generelt**

Dette dokumentet er et tillegg til dok.: ATK-2014-036-Skred01, ref.(1).

I overnevnte dokument ble det konkludert med at området ved profil E-E, i ref.(2) hadde for liten stabilitet i hht. til NVE's veileder slik at stabiliserende tiltak var nødvendig.

Bildet nedenfor viser området med for liten stabilitet:



Fig. 1: Markert område har for liten stabilitet ihht. NVE's veileder.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 1
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

Kartutsnittet nedenfor er hentet fra ref.(2) og viser plasseringen av profil E-E.

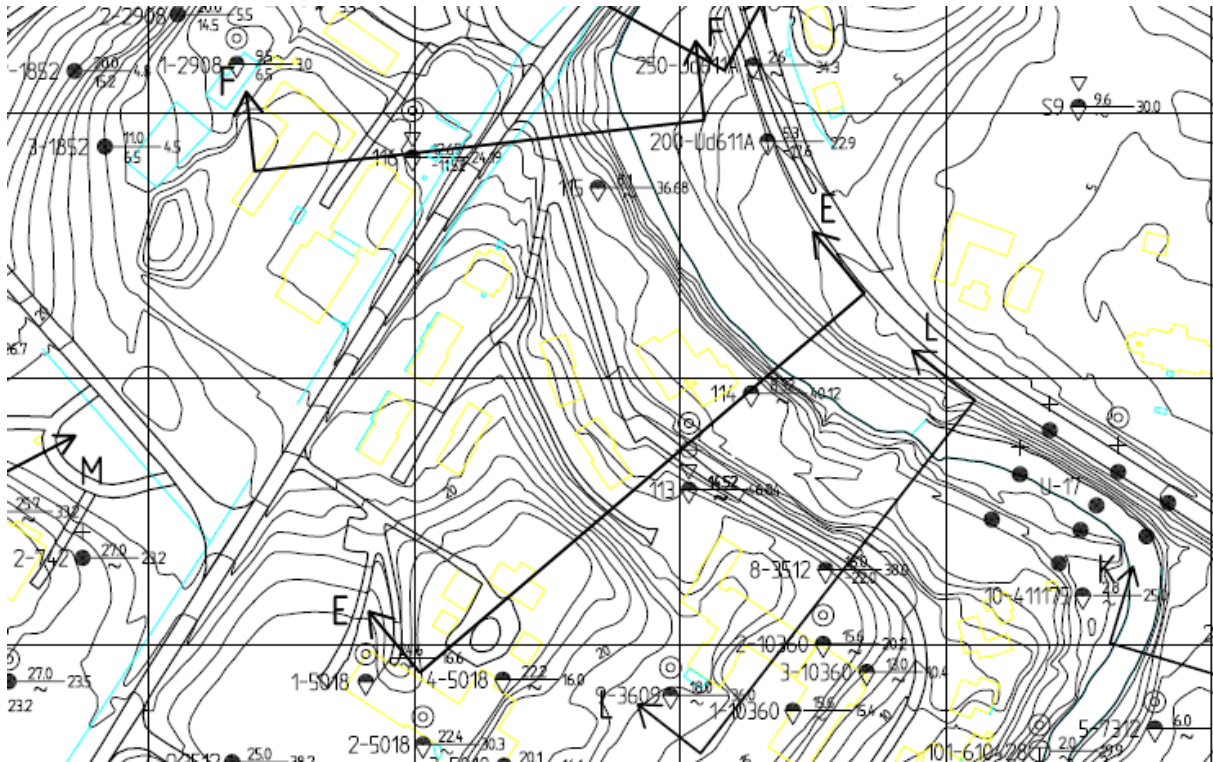


Fig. 2: Plan markering av profil E-E, ref.(2)

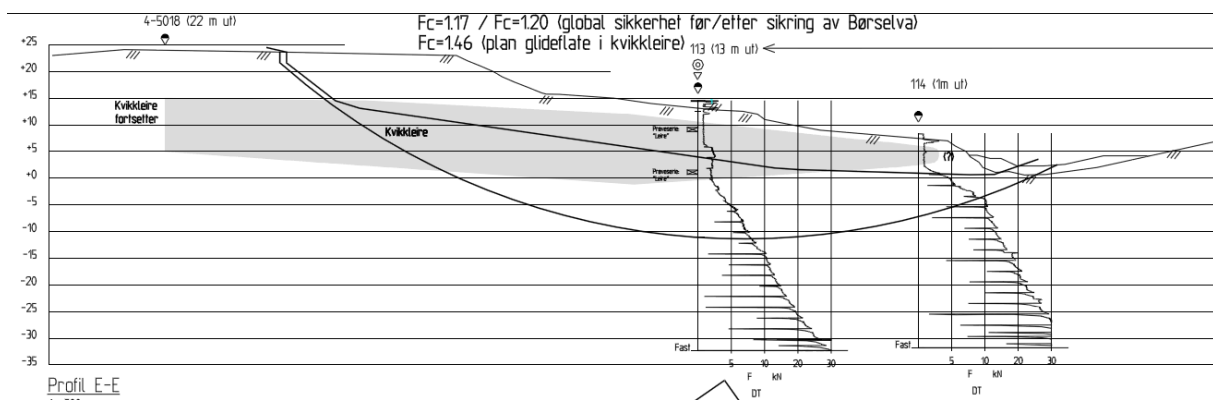


Fig. 3: Profil E-E

Kartet viser at ved profil E-E har øvre del av terrenget et markert framspring. Dette betyr at beregninger basert på 2D-stabilitetsberegninger er konservative på grunn av avlastninger i terrenget på begge sider av profil E-E. En nøyaktigere representasjon av stabilitetsforholdene krever derfor 3D-beregninger.

Dette dokumentet omfatter 3D-beregninger av området ved og rundt profil E-E.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 2
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

2. GEOMETRI OG PROFILDATA

I forbindelse med 3D-beregningene er det gjort tilgjengelig ytterligere dokumentasjon over tidligere sikrings-arbeider utført i Børselva, ref. (4).

Kartutsnittet nedenfor viser profiler i Børselva etter at utbedringsarbeidene ble utført. Profil E-E er tegnet inn for å vise plasseringen i forhold til disse profilene.

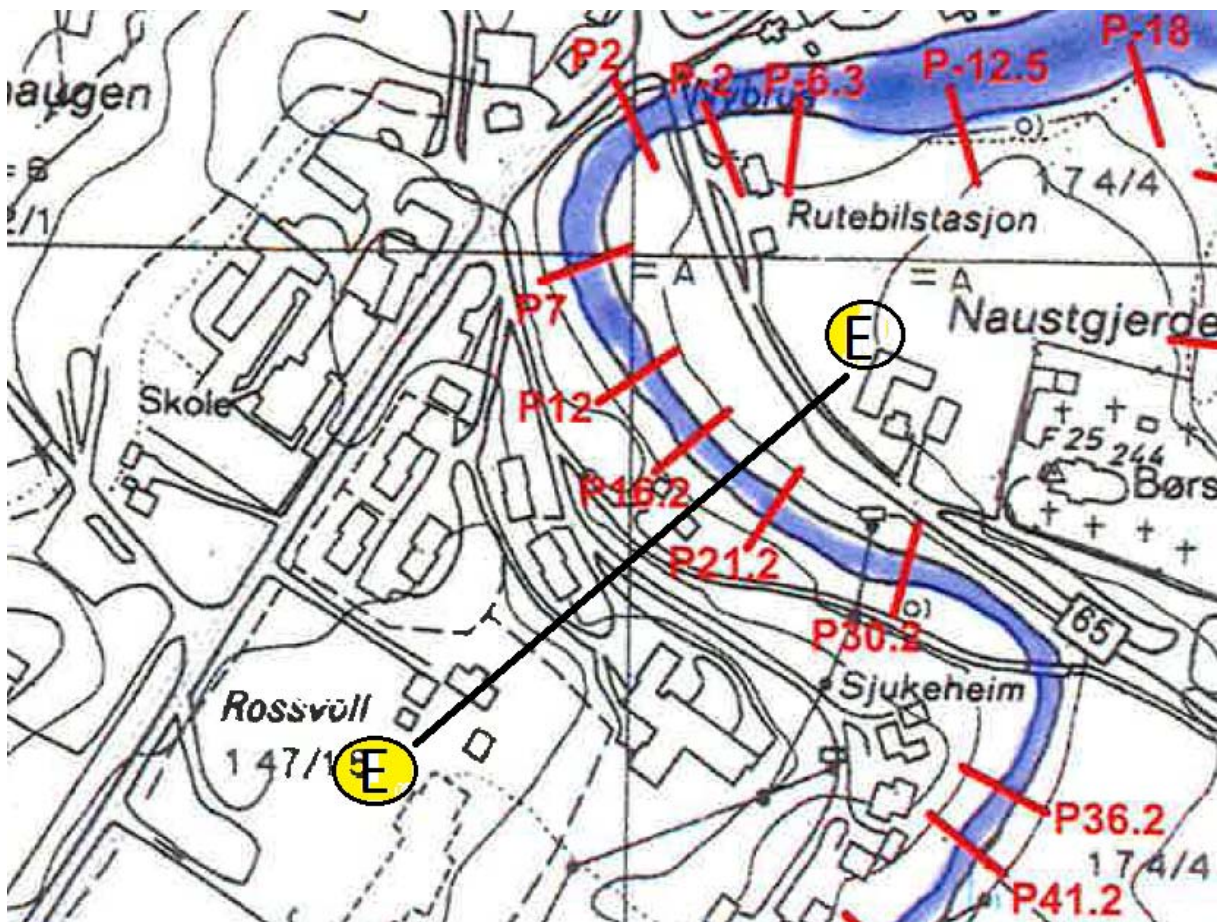


Fig. 4: Profiler i elva, ref.(4). Snitt E-E er tegnet inn for å vise plasseringen

Det framgår av figuren ovenfor at profil 16.2 er representativ for plastring-arbeidene i elva.

Profil 16.2 er vist på figuren nedenfor:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 3
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

Børselva
Skaun kommune

UTM: 0553570
7022278

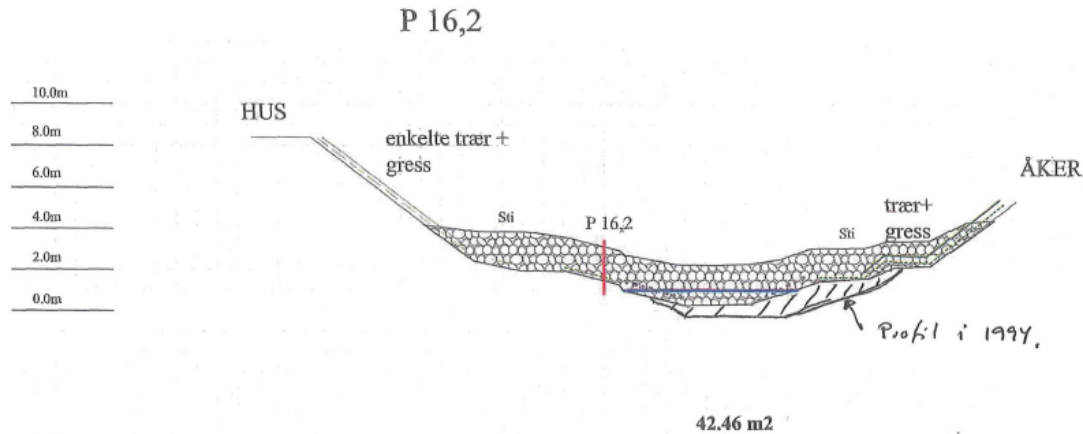


Fig. 5: Profil 16.2

Plastrings-arbeidene er utført i flere omganger (1997, 2007). Skrå skravur angir opprinnelig profil før sikringsarbeidene startet (plan fra 1994).

Ved beregning av stabilitet og eventuelle nødvendige sikringstiltak kan det tas med alle sikringstiltak som er dokumentert utført i elva (i praksis fra 1997 og senere) for vurderingen av eventuell prosentvis forbedring av stabiliteten , basert på NVE's veileder.

Figuren nedenfor viser samlet utbedring i elva som brukes i 3D- beregningene. Dette elveprofilet brukes for hele elvestrekningen som inngår i beregningene.

Børselva
Skaun kommune

UTM: 0553570
7022278

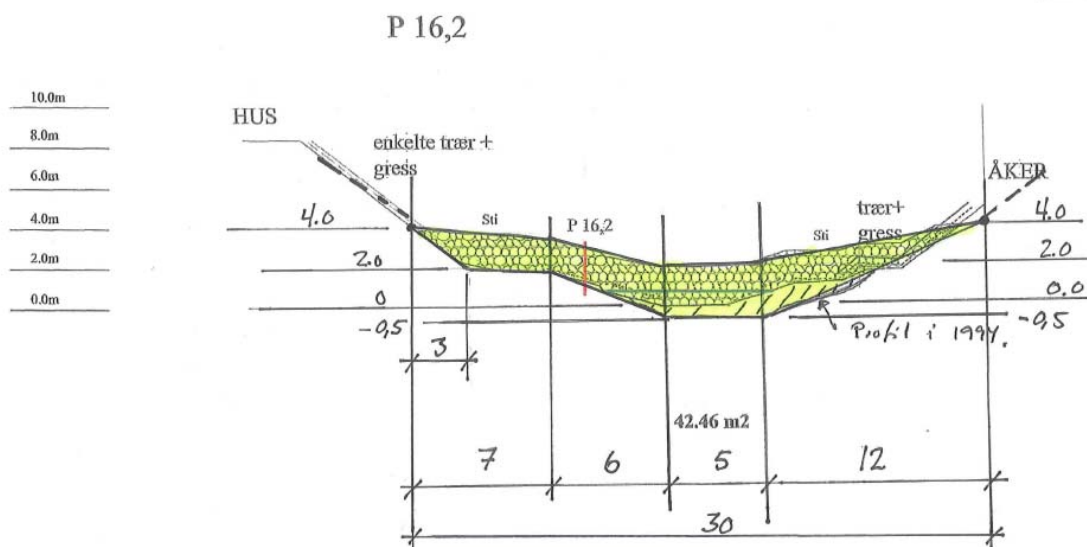


Fig. 6: Representativt elveprofil brukt i 3D-beregningene

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 4
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

Bildet nedenfor viser området som stabilitets-beregnes. Det er lagt inn et rutenett på 20m x 20m for å modellere terrenget.



Fig. 7: Rutenett (20m x 20m) over området som skal stabilitets-beregnes.

Profil D-D samenfaller med profil E-E i ref. (2).

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 5
Prosjekt : Børse skole	Dato :15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. :A

Rutenett med kart-koter er vist på figuren nedenfor:

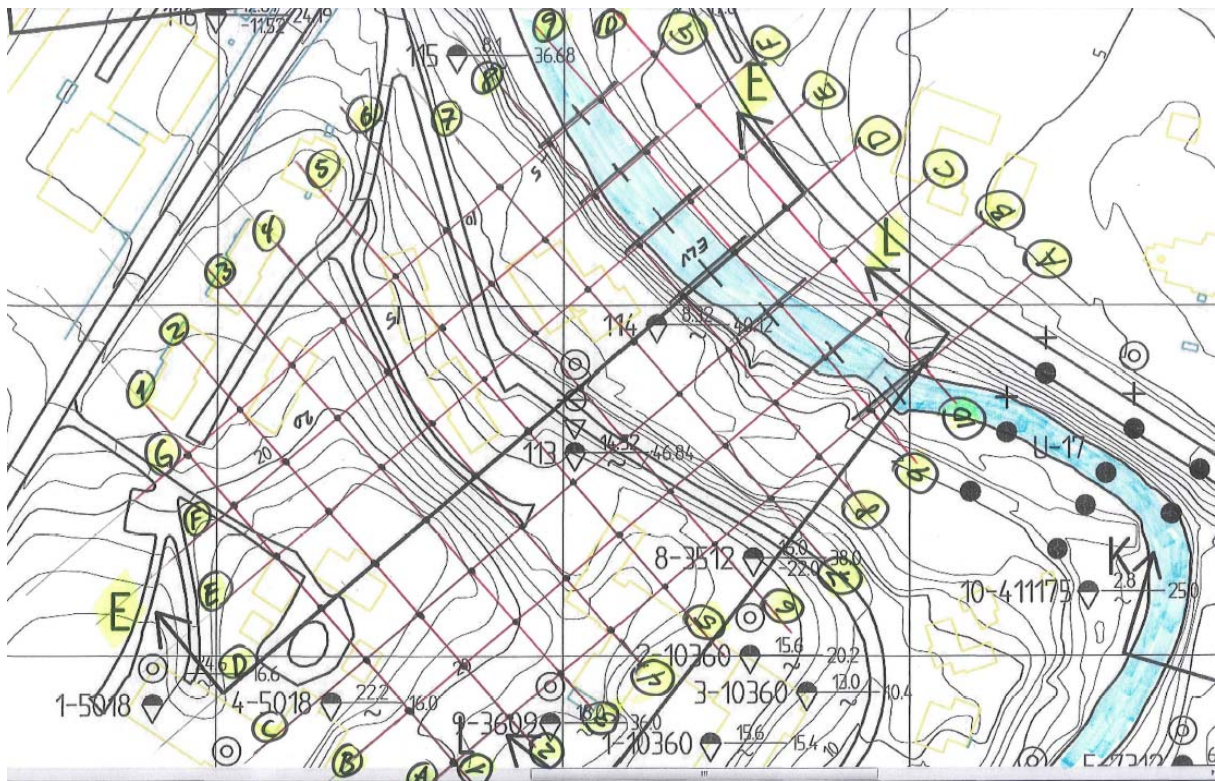


Fig. 8: Kartkoter med innlagt rutenett (20m x 20m) for å modellere terrenget.

Rutenettet på 20m x 20m vurderes tilstrekkelig nøyaktig til å få fram 3D- effekten av topografien rundt framspringet i toppen av terrenget.

Profilene A-G er vist på figuren nedenfor:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 6
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

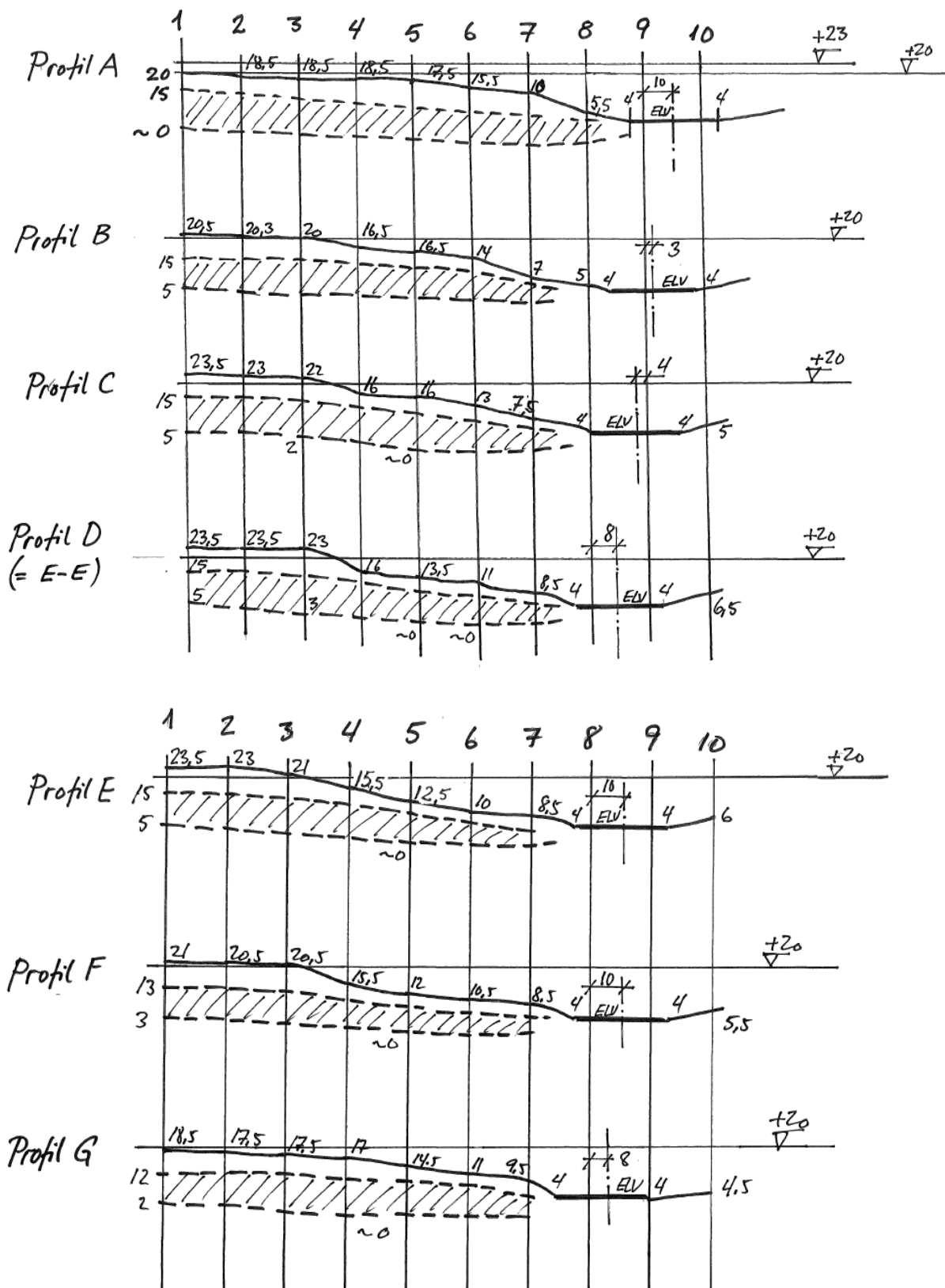


Fig. 9: Profil A-G

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 7
Prosjekt : Børse skole	Dato :15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. :A

Tallene på figur 9 angir kotehøyder i meter. Kotehøydene er tatt fra kart-koter langs profilene. Det er i tillegg utført noe oppmåling i terrenget utført av Skanska i 2014 som kontroll.

Skraverte områder i profilene angir ca. plassering av kvikkleiresoner, basert på profil E-E, ref. (2). Kvikkleiresonen er ekstrapolert til naboprofilene på begge sider av profil E-E.

Elveløpet er markert med ELV. I dette området legges det inn elveprofil basert på fig.6 ovenfor. I området for stabilitetsberegningene er elveløpet tilnærmet horisontalt slik at dette elveprofilet brukes over hele lengden.

Oppsummert:

Stabiliteten ved profil E-E, ref.(2) skal kontrolleres ved bruk av 3D-stabilitetsberegninger. Alle dokumenterte stabiliserende tiltak i Børselva kan tas med i beregningene. Eventuelle nødvendige nye tiltak i elva skal baseres på NVE' veileder.

3. GRUNNFORHOLD

Grunnforholdene for profil E-E er basert på rapporten:

NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse (2)

I denne rapporten er stabiliteten beregnet til $FC = 1,17/1,20$, før og etter tiltak utført i 2007. Beregningene er basert på 2D-stabilitetsberegninger.

Tilsvarende beregninger er utført i dok. ATK-2014-036 –Skred01, ved bruk av 2D Plaxis. 2D-Plaxismodellen ble her tilpasset for å gi tilnærmet samme stabilitet som NGI-beregningene.

3D-beregningene utføres med Plaxis 3D. Det vil i utgangspunktet bli brukt samme jordmodell (HS-jordmodell) og jordparametere som i 2D-Plaxis modellen i ref. (1).

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 8
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

4. STABILITETSBEREGNINGER MED 3D PLAXIS

4.1 Kontrollberegning av profil D-D (E-E)

Det utføres en kontrollberegning av profil D-D for å kalibrere beregningene mot resultatet fra NGI-beregningen av profil E-E for tilfellet før sikring av elveløpet.

NGI har beregnet sikkerheten til $FC = 1,17$ før sikring av elva.

Plaxis-modell ved akse D-D , basert på figur 9 ovenfor:

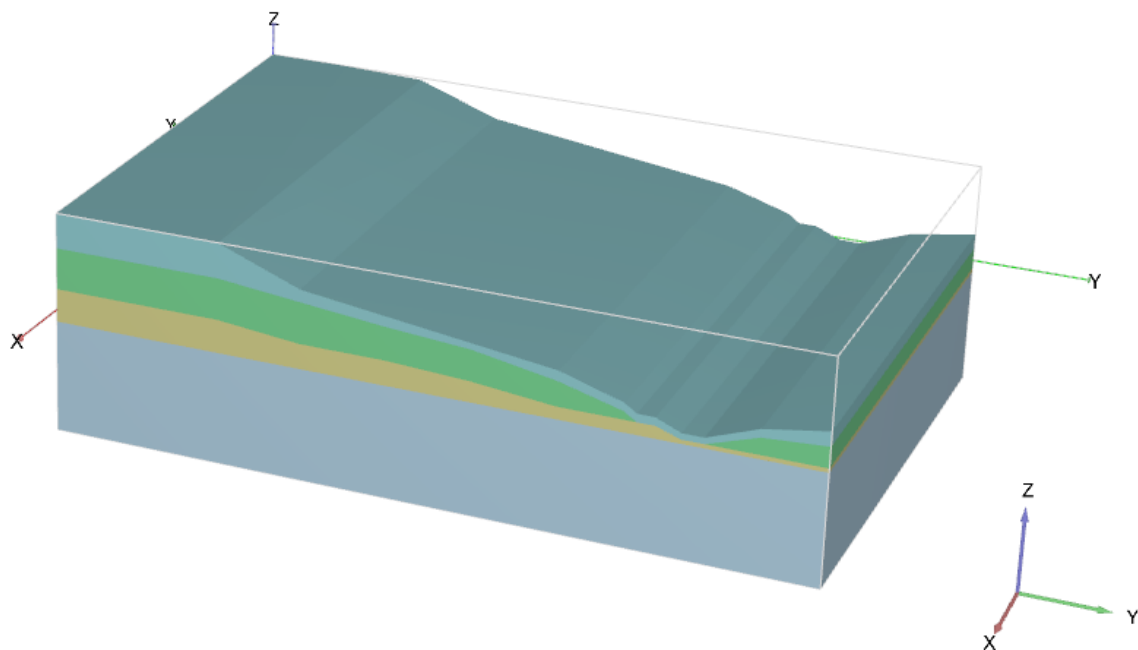


Fig.10: 3D-modell av området basert på profil D-D (lik E-E i NGI-rapporten).

3D-modellen er her uforandret over profilene A-G slik at beregningen simulerer en 2D-beregning av profil D-D.

Figuren nedenfor viser detaljer i elveløpet før sikringsarbeider er utført:

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 9
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

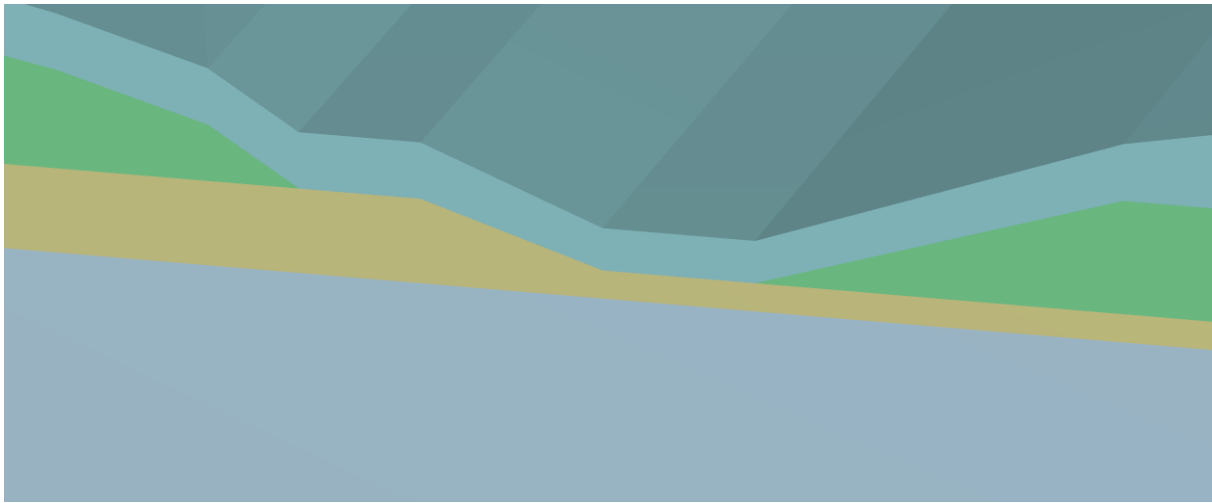


Fig. 11: Detalj av elveløpet (før 1994).

Jordprofil i figuren ovenfor:

- Toppleire: Grå farge
- Kvikkleire: Grønn farge
- Mellomleire: Gul farge
- Bunnleire: Gråblå farge

Figuren nedenfor viser vann-nivå i elveløpet. Vann-nivået i elva er satt til kote +2,0m.

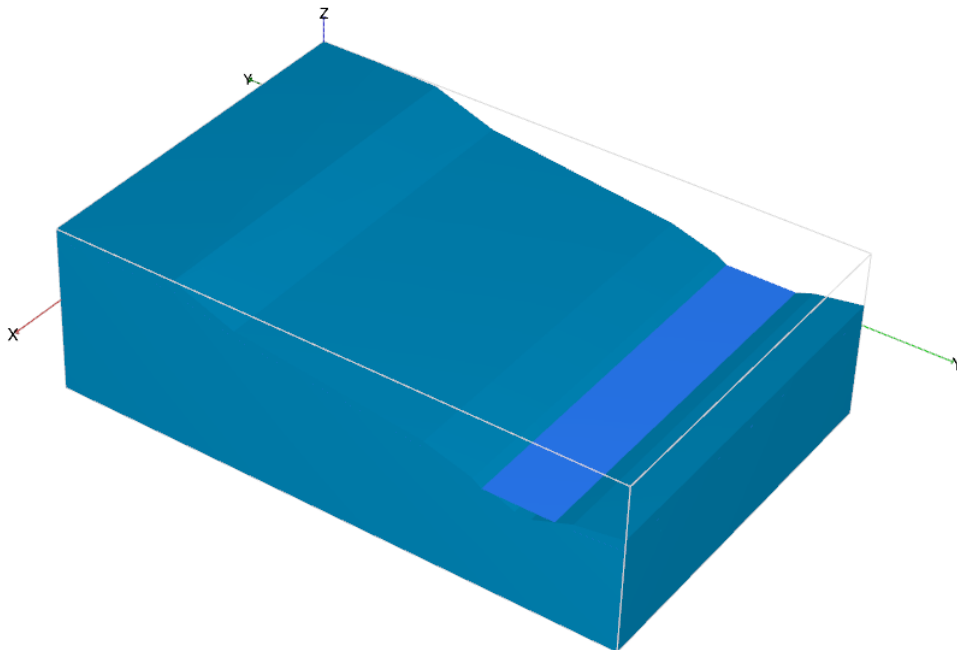


Fig.12: Plaxis-modell med vann-nivå i elva.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 10
Prosjekt : Børsa skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

Jordmodell brukt i beregningene:

- Hardening soil (HS), undrained B

Jorddata brukt i kontrollberegningene:

- Toppkleire(grå): $\gamma = 18 \text{ kN/m}^2$, $E_{50}^{\text{ref}} = 9000 \text{ kN/m}^2$, $C_u = 30 \text{ kPa}$
- Kvikkleire(grønn): $\gamma = 19 \text{ kN/m}^2$, $E_{50}^{\text{ref}} = 7800 \text{ kN/m}^2$, $C_u = 41 \text{ kPa}$
- Mellomleire(gul): $\gamma = 19 \text{ kN/m}^2$, $E_{50}^{\text{ref}} = 10000 \text{ kN/m}^2$, $C_u = 45 \text{ kPa}$
- Bunnleire(gråblå): $\gamma = 20 \text{ kN/m}^2$, $E_{50}^{\text{ref}} = 15000 \text{ kN/m}^2$, $C_u = 45 + 2.1 \text{ kPa/m}$

Elementnett er vist på figuren nedenfor:

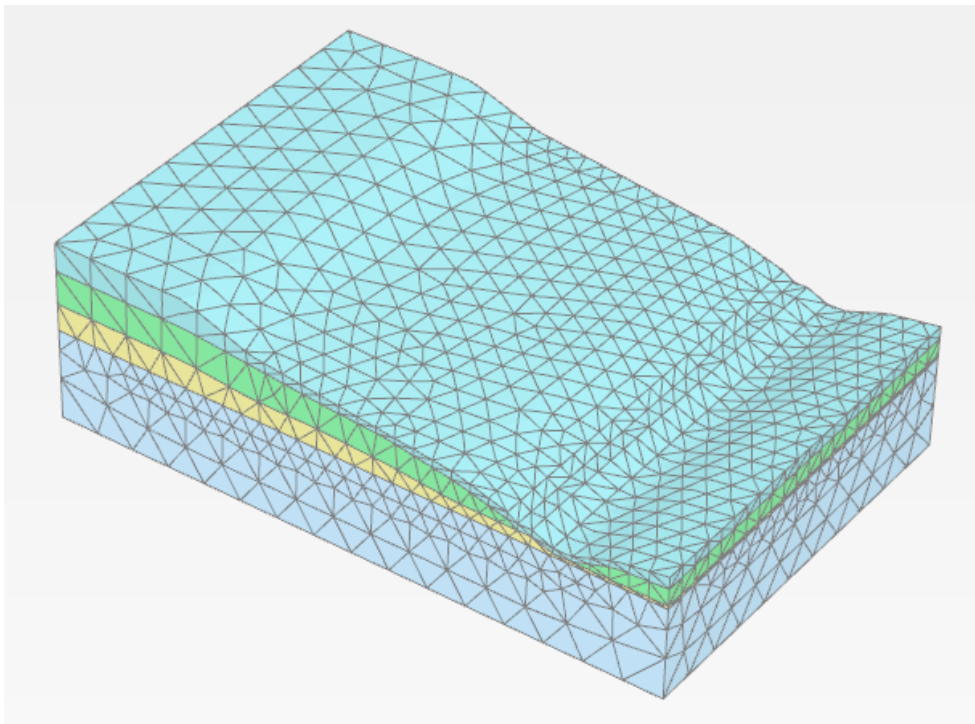


Fig. 13: Elementnett for modellen

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 11
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

Beregning av sikkerhet (c-φ-reduksjon):

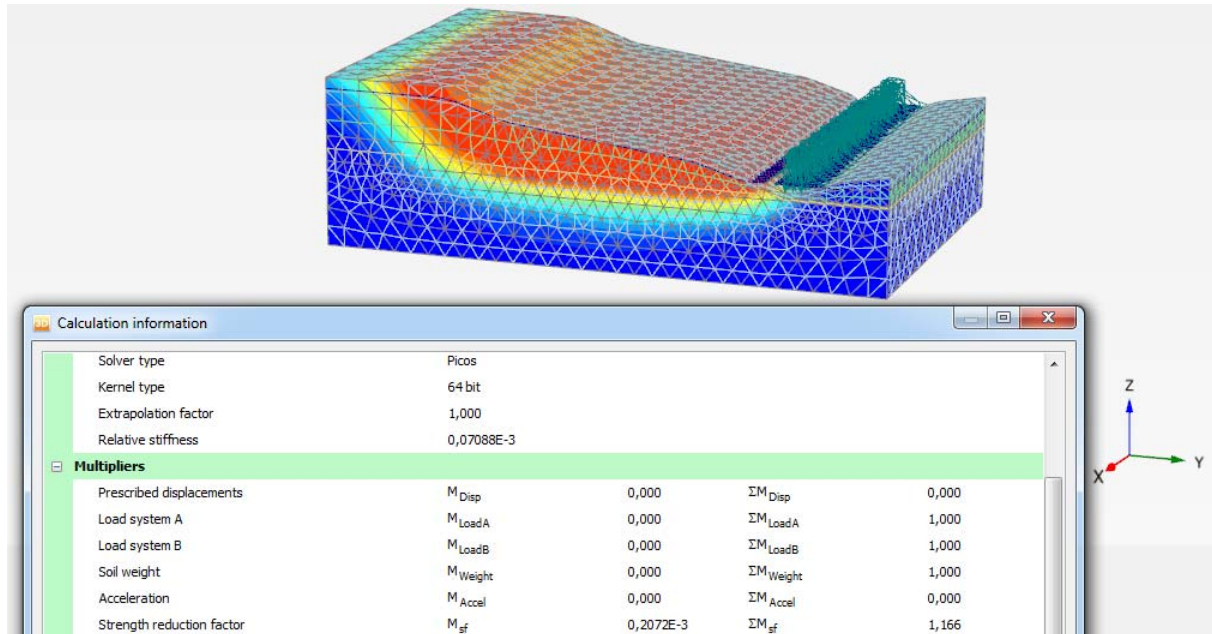


Fig.14: Beregning av sikkerhet (c-φ-reduksjon): $\Sigma M_{sf} = 1,166 \approx 1,17$ (≈ lik NGI beregningen)

Jordparameterene er tilpasset for å gi tilnærmet samme sikkerhet som beregnet av NGI.

(parameteren $\Sigma M_{sf} = \gamma_m$ angir «sikkerhetsfaktoren» = FC i NGI beregningen)

Oppførselen til modellen, og beregnet sikkerhet er tilnærmet lik det som ble beregnet i ref.(1), ved bruk av 2D-Plaxis.

4.2 Stabilitets-beregning av området dekket av profilene A-G, med 3D-modell

4.2.1 Beregninger før sikring i elva (før 1997)

Det brukes de samme jordparameterene som brukt i kontrollberegningene ovenfor.

Terrenget modelleres basert på profilene i figur 9.

Oppdragsgiver	: Skanska Norge AS	Side	: 12
Prosjekt	: Børsa skole	Dato	: 15.09.14
Dok. nummer	: ATK-2014-036-Skred02	Rev.	: A

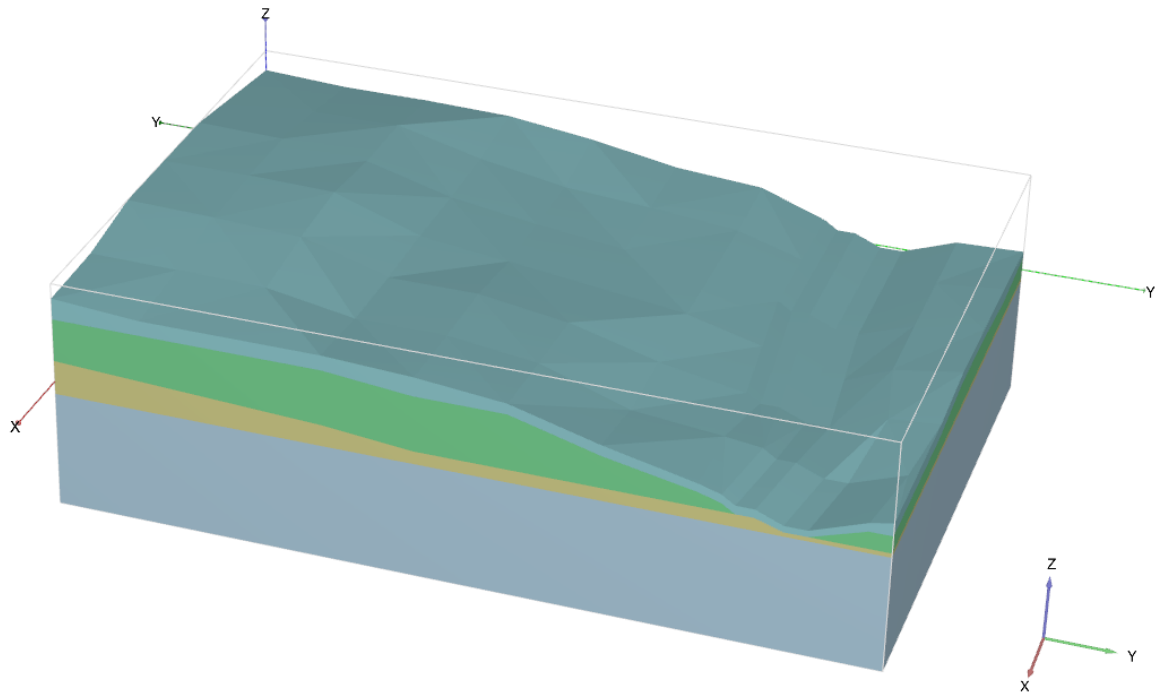


Fig.15: 3D-modell basert på profilene A-G

Figuren nedenfor viser elveløpet i bunn av profilene. Vann-nivå i elva er satt til kote +3,0m.

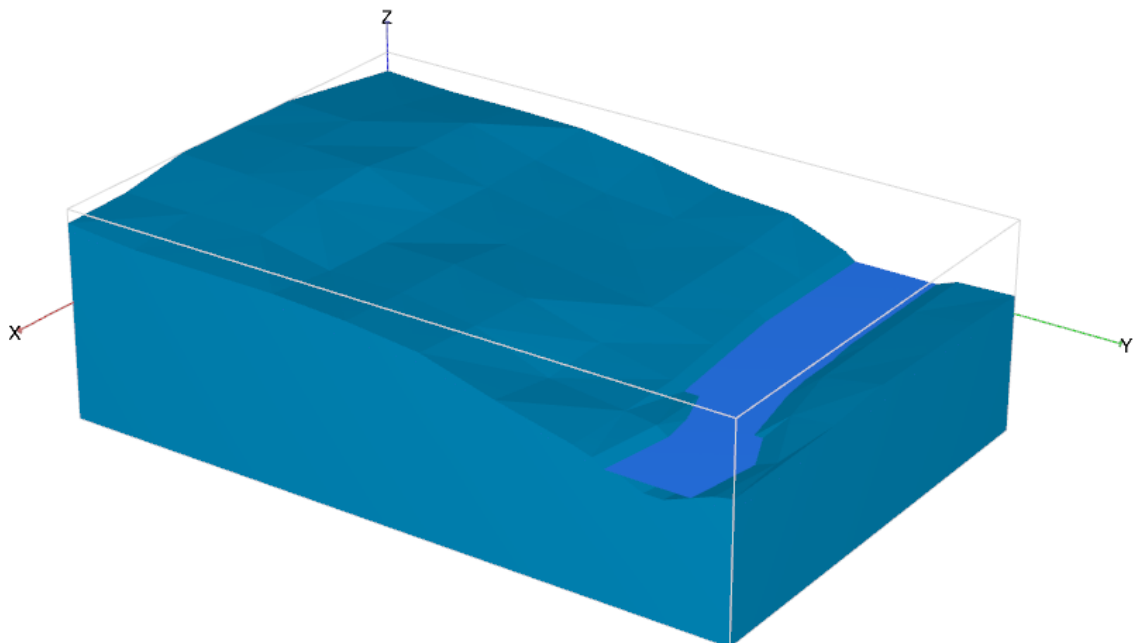


Fig.16: 3D-modell basert på profilene A-G. Blå farge viser elveløpet.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 13
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

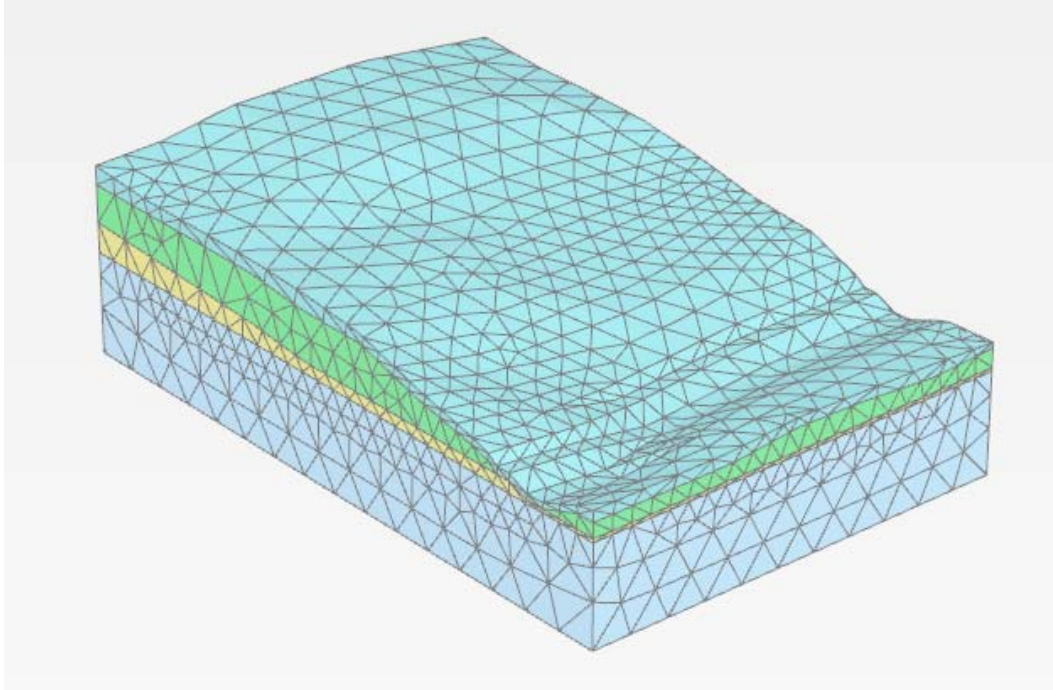


Fig.17: Elementnett i modellen

Beregning av sikkerhet:

Beregning av sikkerhet basert på såkalt c- ϕ -reduksjon
(parameteren $\sum M_{sf} = \gamma_m$ angir «sikkerhetsfaktoren» = FC i NGI beregningen).

Oppdragsgiver	: Skanska Norge AS	Side	: 14
Prosjekt	: Børse skole	Dato	: 15.09.14
Dok. nummer	: ATK-2014-036-Skred02	Rev.	: A

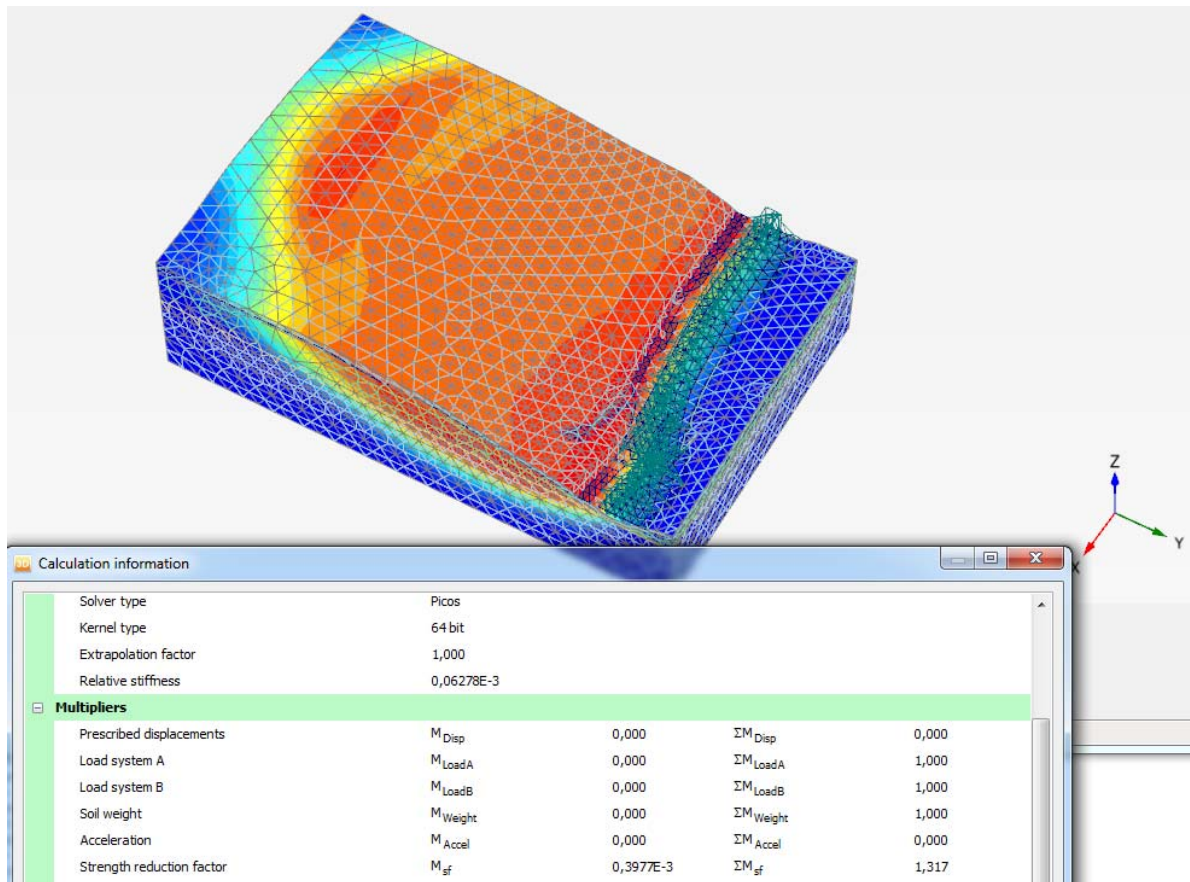


Fig.18: Beregning av sikkerhet (c-φ-reduksjon): $\Sigma M_{sf} = 1,317 \approx 1,32$

Beregningene viser at det er en betydelig økning i beregnet sikkerhet ved å ta i betraktning 3D-topografien av terrenget.

3.2.2 Beregning etter sikring av elva (etter 2007)

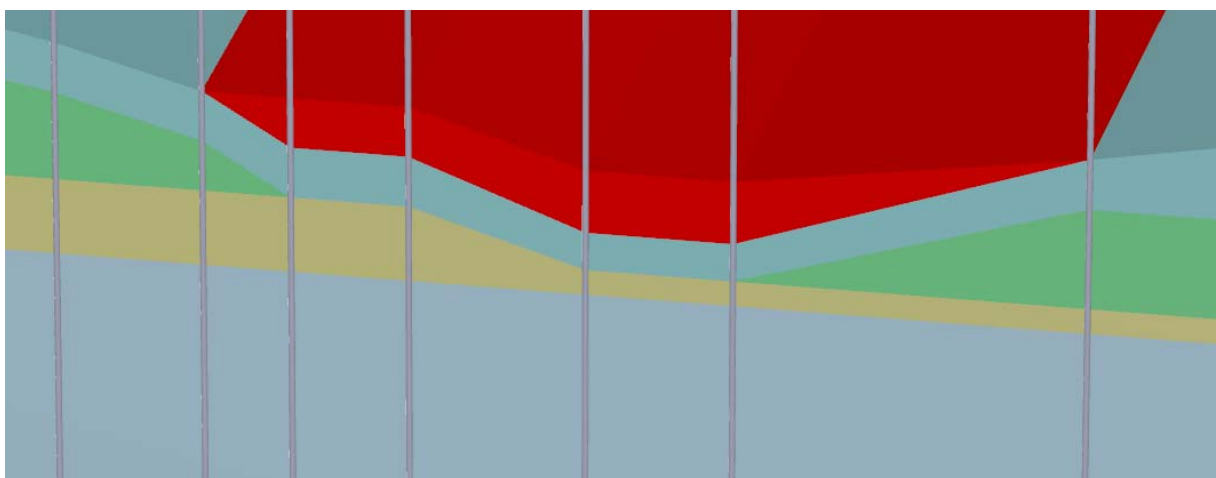


Fig.19: Sikringsarbeid (markert med rødt) utført i elva, etter figur 6 ovenfor.

Oppdragsgiver	: Skanska Norge AS	Side	: 15
Prosjekt	: Børse skole	Dato	: 15.09.14
Dok. nummer	: ATK-2014-036-Skred02	Rev.	: A

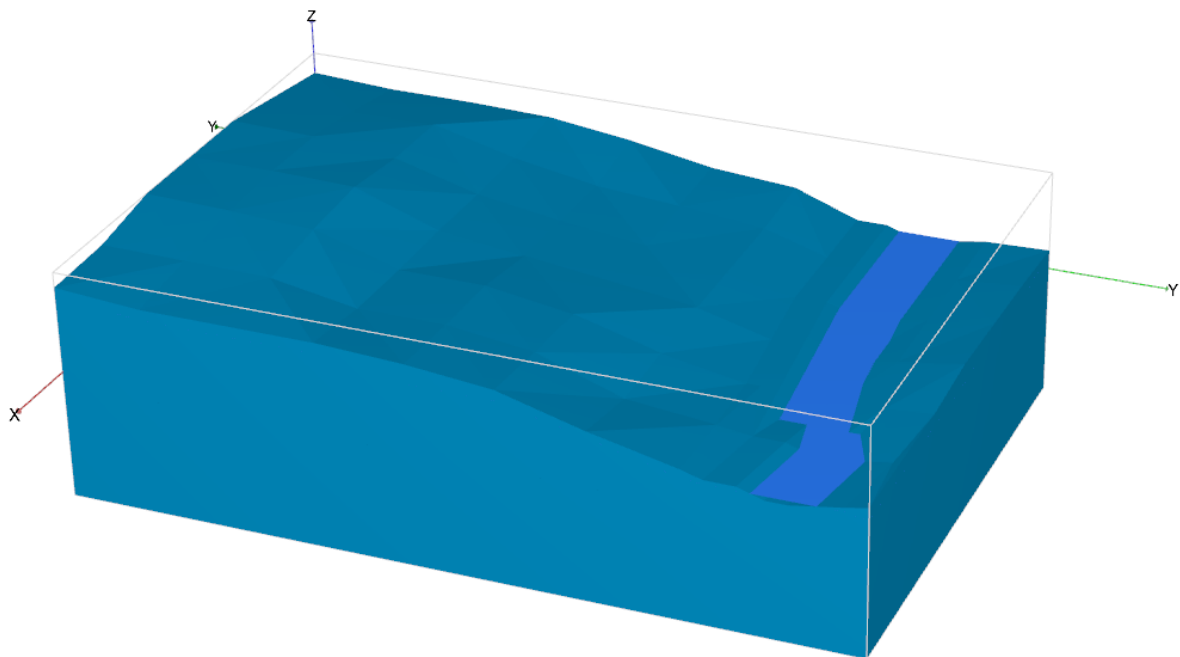


Fig.20: 3D-modell med utførte sikringsarbeider i elva. Blå farge viser elveløpet.

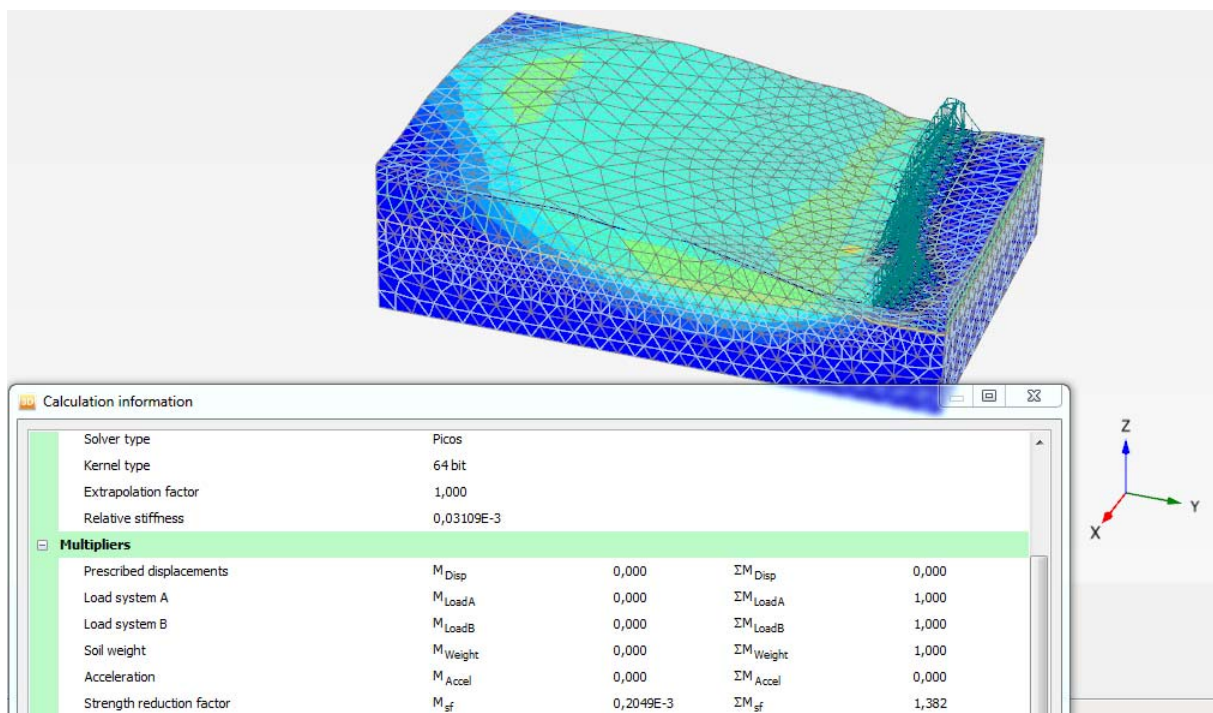


Fig.21: Beregning av sikkerhet (c-φ-reduksjon): $\Sigma M_{sf} = 1,382 \approx 1,38$

Økt beregnet sikkerhet fra sikringsarbeidene i elva: $(1,382/1,317) = 1,049 \approx 5\%$.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 16
Prosjekt : Børse skole	Dato : 15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. : A

5. KRAV TIL SIKKERHET BASERT PÅ NVE's VEILEDER:

I ref. (1), side 2, er det utført en vurdering av rasfare ihht. NVE's veileder.

Krav til sikkerhet: $\gamma_m \geq 1,4$ eller nødvendig forbedring basert på figur 3.1 i ref. (3).

Beregnet sikkerhet etter sikringsarbeidene i 2007: $\gamma_m = 1,38 \approx 1,4$ (tilnærmet tilfredsstilt)

Fra figur 3.1 i ref.(3), med sikkerhet før tiltak er utført på $\gamma_m = 1,32$, er kravet til prosentvis økning ca. 3% for tilfellet *vesentlig forbedring*.

Beregnet økning i sikkerheten fra alle sikringstiltak (1997, 2007) er beregningsmessig ca. 5%.

Det er derfor tilstrekkelig sikkerhet i profil E-E uten ytterligere sikringstiltak.

6. KONKLUSJON

Profil E-E i ref. (2), ned mot Børselva, er stabilitetsberegnet ved bruk av 3D-Plaxis.

3D-beregningene gir en beregningsmessig økning av sikkerheten fra $FC = 1,17$ i 2D-beregningene utført i ref.(1) til $FC = 1,32$, før sikringstiltak ble utført i elveløpet.

Etter at sikringstiltakene i 1997 og 2007 ble utført er beregnet sikkerhet økt til $FC = 1,38 \approx 1,4$.

Krav til sikkerhet ihht. NVE's veileder: $FC \geq 1,4$ eller prosentvis forbedring av sikkerheten.

Basert på en sikkerhet på $FC = 1,32$ før sikringstiltak er utført er kravet til prosentvis økning av sikkerheten ca. 3%. Beregnet økning av sikkerheten er ca. 5%.

Profil E-E har tilfredsstillende sikkerhet uten ytterligere tiltak i Børselva.

7. REFERANSER

1. Skanska: ATK-2014-036-Skred01, rev.A
2. NGI: Børse sentrum
Ny reguleringsplan. Geotekniske vurderinger.
Rapport nr. 20061762-2, datert 2. mai 2007, referanse (2)
3. NVE veileder: Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
Vedlegg 1: Flom-og skredfare i arealplaner.

Oppdragsgiver : Skanska Norge AS	Side : 17
Prosjekt : Børse skole	Dato :15.09.14
Dok. nummer : ATK-2014-036-Skred02	Rev. :A

4. Sikringstiltak i Børselva i 1997 og 2007: Profiler i Børselva