

# ØSTFOLDBANEN VL

## (SKI) - MOSS

### Høienhaldgata nr. 5, 7 og 9 Grunnlag for anbefaling av nødvendige tiltak Km 58,990 – 59,270

00E	Første utgave	18.03.2025	TJO	JOG	JBH	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
<b>Tittel:</b> <b>Østfoldbanen VL</b> <b>(Ski) - Moss</b> <b>Høienhaldgata nr. 5, 7 og 9</b> <b>Grunnlag for anbefaling av nødvendige tiltak</b> <b>Km 58,990-59,270</b>		Ant. sider	Fritekst 1d			
		<b>35</b>	Fritekst 2d			
			Entreprise			
			Produsent	Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen		
		Prod. dok. nr.				
		Erstatning for				
Erstattet av						
Prosjekt: 960168 Parsell: 20		Dokument nr. <b>SMS-20-A-11368</b>			Rev. <b>00E</b>	
		Dokument nr.			Rev.	

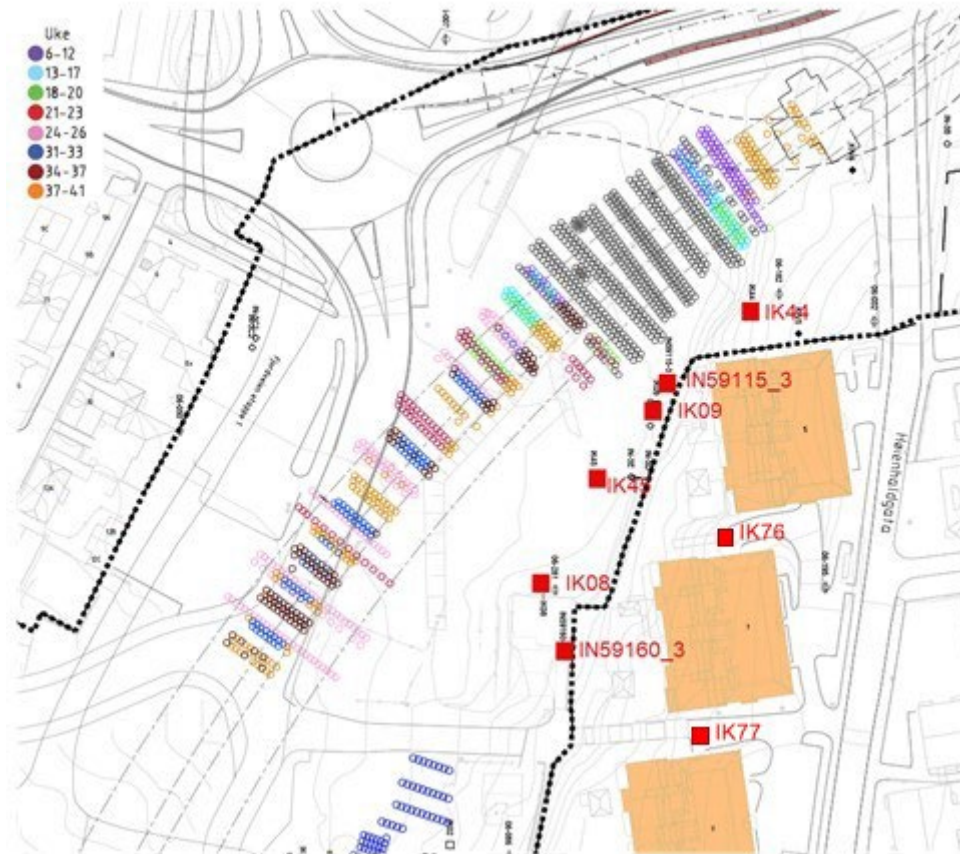
---

<b>1</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DAGENS SITUASJON.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>FORUTSETNINGER FOR PROSJEKTERING AV ARBEIDENE FORAN HØIENHALDGATA ...</b>	<b>5</b>
3.1	GEOMETRI BYGG .....	5
3.2	VEKT AV BYGG .....	5
3.3	FUNDAMENTERING.....	6
3.4	SETNINGER.....	6
3.5	SETNINGSROBUSTHET.....	8
3.6	OVERSIKT OVER GRUNNARBEIDER FOR JERNBANEKULVERTEN .....	8
<b>4</b>	<b>PÅGÅENDE STABILISERINGSTILTAK .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>BOLIGBLOKKENE I HØIENHALDGATA OG STABILITET .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>UTFORDRINGER MED Å HA BOLIGBLOKKENE I HØIENHALDGATA INNTIL ANLEGGET .</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>HVA ER NYTT I PROSJEKTET SIDEN 2023?.....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>USIKKERHET I BEREGNINGENE.....</b>	<b>17</b>
8.1	GRUNNFORHOLD .....	17
8.2	GEOMETRI .....	17
8.3	BYGGENE .....	18
8.4	JORDMODELL .....	18
8.5	BEREGNINGER .....	19
8.6	SAMLET VURDERING AV RESULTATER OG USIKKERHET .....	20
<b>9</b>	<b>HVA VILLE SKJE HVIS MAN IKKE HADDE NY KUNNSKAP? .....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>ALTERNATIVE TILTAK FOR Å KOMME VIDERE .....</b>	<b>23</b>
10.1	MOTFYLLING .....	25
10.2	GRUNNFORSTERKNING.....	25
10.2.1	<i>Kalksementpeler, tradisjonelle.....</i>	<i>26</i>
10.2.2	<i>Kalksementpeler installert med wet-mixing.....</i>	<i>26</i>
10.2.3	<i>Grunnfrysing.....</i>	<i>27</i>
10.3	JETPELER.....	27
10.4	REFUNDAMENTERE BLOKKENE .....	28
10.5	RIVE BLOKKENE.....	30
10.5.1	<i>Høienhaldgata 9.....</i>	<i>31</i>
<b>11</b>	<b>BYGGING AV JERNBANEKULVERTEN .....</b>	<b>33</b>
<b>12</b>	<b>SAMLET VURDERING, ANBEFALING.....</b>	<b>34</b>
<b>13</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>35</b>

---

## 1 BAKGRUNN

I forbindelse med byggingen av prosjektet Sandbukta-Moss-Såstad gjennom Moss sentrum har det foregått grunnforsterkning som forberedelse for etablering av byggegrop for jernbanekulverten fra Mossetunnelen og ned til den nye stasjonen. Arbeidene har bestått i å etablere tverrribber av jetpeler i den framtidige byggegropa.



Figur 1-1: Utførte jetpeleribber og plassering av helningskanaler (Inklinometer) pr. uke 41/2024, figur fra /ref.11/ supplert med nye inklinometere 2025

Under disse arbeidene ble det før sommeren 2024 registrert økende deformasjoner i helningskanalene i dypereliggende lag med kvikkleire foran boligblokkene i Høienhaldgata 5-7.

Som en følge av dette ble arbeidene med etablering av jetpeler i området stoppet i oktober 2024, og det har etter dette vært arbeidet med å analysere og vurdere konsekvenser og tiltak for Høienhaldgata 5 og 7. Dette notatet oppsummerer hva som er utført, hvilke tiltak som er vurdert og hvilke tiltak som anbefales.

## 2 DAGENS SITUASJON

Arbeidene med jetpeler foran Høyenhaldgata 5-9 er stoppet. Deformasjoner i grunnen, poretrykk og setninger på boligblokkene i Høyenhaldgata følges opp kontinuerlig.

Etter at arbeidene ble stoppet har deformasjonshastighetene avtatt. Stabiliteten, og dermed risikoen for uønskede konsekvenser for blokkene, er for øyeblikket tilfredsstillende.

Deformasjonene har imidlertid fortsatt etter at arbeidene stoppet. Deformasjonene alene vil etter hvert kunne medføre at den dypere liggende kvikkleira mister fasthet (softening) og stabiliteten forverres. Videre er det en betydelig risiko for at deformasjonshastighetene øker hvis arbeidene med jetpeling startes opp igjen.

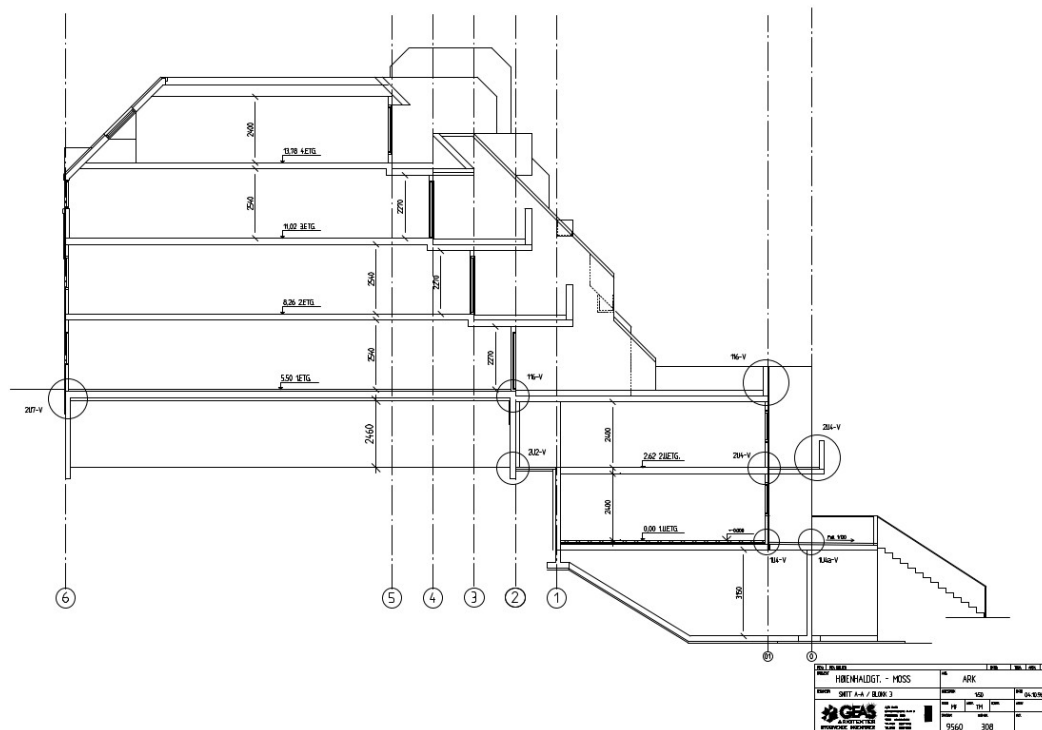
---

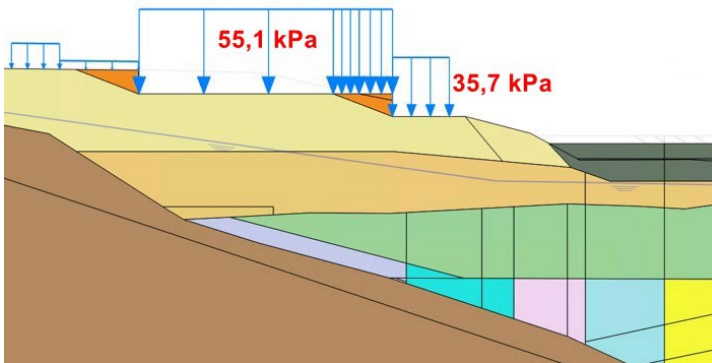
### 3 FORUTSETNINGER FOR PROSJEKTERING AV ARBEIDENE FORAN HØIENHALDGATA

Som grunnlag for vurderinger av påvirkning på boligblokkene i Høienhaldgata har prosjektet innhentet grunnlagsdata om byggene. Basert på dette er byggene modellert. Bygningsmodellen er benyttet til å beregne vekten fra byggene på terreng og setningsrobustheten til byggene (ref. /1/).

#### 3.1 Geometri bygg

Byggene har en hoved bygningskropp på 4 boligetasjer over en felles P-kjeller. Foran P-kjelleren er det to etasjer med boliger. På deler av nr. 5 og 7 er det en kjelleretasje under deler av de fremre leilighetene. Blokkene fremstår som terrasseblokker med front mot anleggsområdet. Et typisk snitt er vist under (ref./10/).





Figur 3-2: Dimensjonerende flatelaster fra bygg (ULS), vist i beregningsmodell, laster fra ref./1/.

Lastene er inndata for de numeriske beregningene av stabilitet, se senere avsnitt.

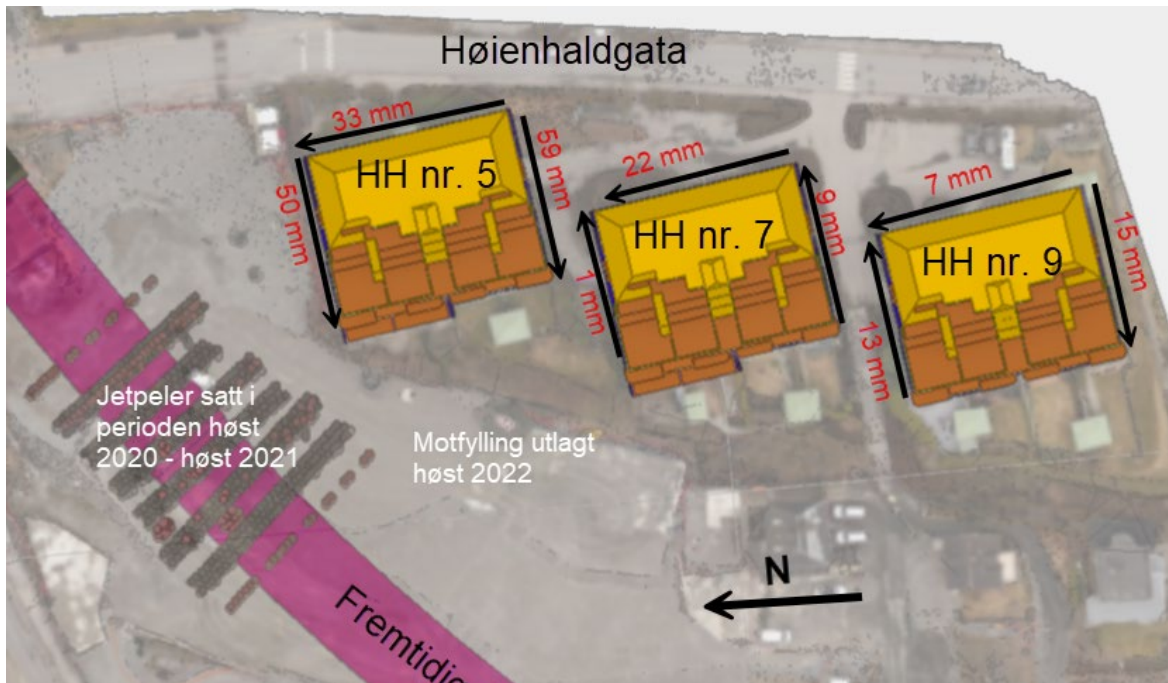
### 3.3 Fundamentering

Boligblokkene i Høyenhaldgata er direktefundamentert på stripefundamenter under bærevegger / søyler. Retningslinjer for prosjekteringen av fundamenteringen ble utarbeidet av Noteby (ref. /2/).

I notatet beskriver Noteby grunnforholdene som «Boringene viser at løsmassene består av morene. Materialet inneholder alle fraksjoner fra stein til leire.»

### 3.4 Setninger

Det foreligger ikke historiske setningsmålinger på blokkene. I 2022 utførte Bane NOR en innmåling av brystningen på byggene. Under forutsetning av at disse var horisontale ved ferdigstillelse av blokkene, var skjevsetningene på byggene inntil 59 mm (Høyenhaldgata 5) mot vest. Disse skjevsetningene inkluderer eventuelle skjevsetninger forårsaket av utførte grunnarbeider av MossIA. Resultatene fra målingene er presentert i notat om deformasjoner på Høyenhaldgata 5-7 utarbeidet av AAJ for Bane NOR, (ref. /1/) og er vist i figur under.



Figur 3-3: Skjevsetninger innmålt på fasader i 2022, ref. /1/

I forhold til størrelse på blokkene er disse skjevsetningene relativt små og uten ulemper i praksis.

Ved oppstart av prosjektet ble det installert setningsbolter på byggene som har blitt nivellert jevnlig. Basert på målingene som presenteres dette som fargelagte kart over bygg, se under (ref. /1/).



Figur 3-4: Setningsnivellement boligblokkene i Høienhaldgata

Eventuelle historiske setninger før prosjektet Sandbukta-Moss-Såstad gjennom Moss sentrum har ikke vært mulig å kunne dokumentere.

### 3.5 Setningsrobusthet

Basert på tilgjengelige tegninger av byggene har AAJ modellert dem opp og vurdert setningsrobusthet. Dette er dokumentert i eget notat, ref. /1/.

Skjevsetningene slik de er i dag representerer ingen fare for bygningstekniske skader eller svekkelse av byggene.

Det er imidlertid en fare for sprekker og riss i bærende deler av byggene hvis grunnforsterkningsarbeider og grunnarbeidene for kulverten medfører ytterligere skjevsetninger på grunn av deformasjoner av støttekonstruksjonen for byggegropen og reduserte poretrykk i løsmassene under byggene, (ref./3/).

### 3.6 Oversikt over grunnarbeider for jernbanekulverten

Hensikten med grunnarbeidene foran boligblokkene i Høienhaldgata er å kunne bygge en betongtunnel (eller ofte benevnt betongkulvert) som en forlengelse av Mossetunnelen. Betongtunnelen skal bygges i en opp mot 30 meter dyp byggegropp foran byggene.



En illustrasjon av dimensjon og dybden på gropa i forhold til blokkene er vist under.



*Figur 3-5: Illustrasjon av byggegrop. Stivere fjernet for å visualisere dybde.*

## 4 PÅGÅENDE STABILISERINGSTILTAK

Foran Høyenholdgata 5-7 er det tidligere i prosjektet etablert områdestabiliserende tiltak i form av en motfylling. På denne fyllingen stod det i perioden fra vinteren 2024 til vinteren 2025 et prosesseringsanlegg for jetpeler. En del av dette prosessanlegget var en shaker som tar ut de grove fraksjonene fra returmasser fra jetpeler. Dette medførte mye vibrasjoner i grunnen og ble sett på som en bidragsyter til de målte deformasjonene i øvre lag i grunnen. Denne shakeren ble i november 2024 flyttet til vest for den planlagte byggegropen og er ikke lenger i influensområdet for boligblokkene i Høyenholdgata.

For å kunne bremse den pågående deformasjonsutviklingen og samtidig bedre stabiliteten prosjekteres det en utvidelse av dagens motfylling. Motfyllingen er planlagt lagt ut i fire etapper der etappe 1 og 2 er ferdig lagt ut medio mars, se også avsnitt 10.1. Etappe 3 og 4 er under planlegging og legges ut i løpet av våren 2025.

Før byggegropa kan tas ut må det imidlertid etableres ytterligere tiltak. Hvilke tiltak som er aktuelle er ikke avklart og ulike løsninger er diskutert senere i notatet.

---

## 5 BOLIGBLOKKENE I HØIENHALDGATA OG STABILITET

Uavhengig av de utfordringene som er kommet fram i prosjektet med hensyn på områdestabilitet og omfang av kvikkleire, har faren for setninger på blokkene vært et tema. I funksjonsbeskrivelsen for totalentreprisen ble dette reflektert i krav (ref. /4/):

### 2.3 Innvirkning på nabobygg og infrastruktur

#### 2.3.1 Poretrykk

Effekten på grunnvannstanden i nærområdet til anleggsaktivitetene vil avhenge av valgte anleggsmetoder og anleggstid.

E16-2.3.1.1.1 Leverandøren skal umiddelbart iverksette nødvendige tiltak for å hindre grunnvannssenkning som kan resultere i skader på eksisterende bygninger og konstruksjoner.

E16-2.3.1.1.2 Midlertidig reduksjon i anleggstiden av poretrykk ved bergoverflaten skal begrenses til 5 m innenfor en avstand på 10 m fra utgravinger (dvs. innenfor 10 m

<b>BANE NOR</b> Sandbukta-Moss-Såstad	Kravspesifikasjon grunnarbeider – dagsoner Del I	Side:	5 av 13
		Dok.nr:	SMS-00-A-34076
		Rev.:	01E
		Dato	12.12.2017

fra utgravings støttestruksjoner) og innenfor 50 m til hver side for tunnelenes senterlinje.

Figur 5-1: Utklipp fra Kravspesifikasjon grunnarbeider, ref. /4/

#### 2.3.3 Deformasjoner og setninger

E16-2.3.3.1.1 Horisontaldeformasjon av støttestruksjoner skal generelt begrenses til 80 mm.

E16-2.3.3.1.2 For den sørøstre støttestruksjonen for sentrumskulverten, skal horisontaldeformasjonen begrenses til 50 mm mellom km 59,050 og km 59,200.

Figur 5-2: Utklipp fra Kravspesifikasjon grunnarbeider, ref. /4/

Fundamenteringene av blokkene ble tilsynelatende ikke sjekket ut i detaljplanen før utarbeidelse av grunnlaget for totalentreprisen:

## 2 GENERELLE KRAV

### 2.1 Orientering om grunnforhold

For beskrivelse av grunnforhold, henvises det til Vedlegg E Del I i dokumentene 'Datarapport – utførte grunnundersøkelser' og tegningene SMS-00-V-34010 til og med -34046.

Leverandør må selv vurdere behovet for ytterligere grunnundersøkelser i prosjekteringsfasen.

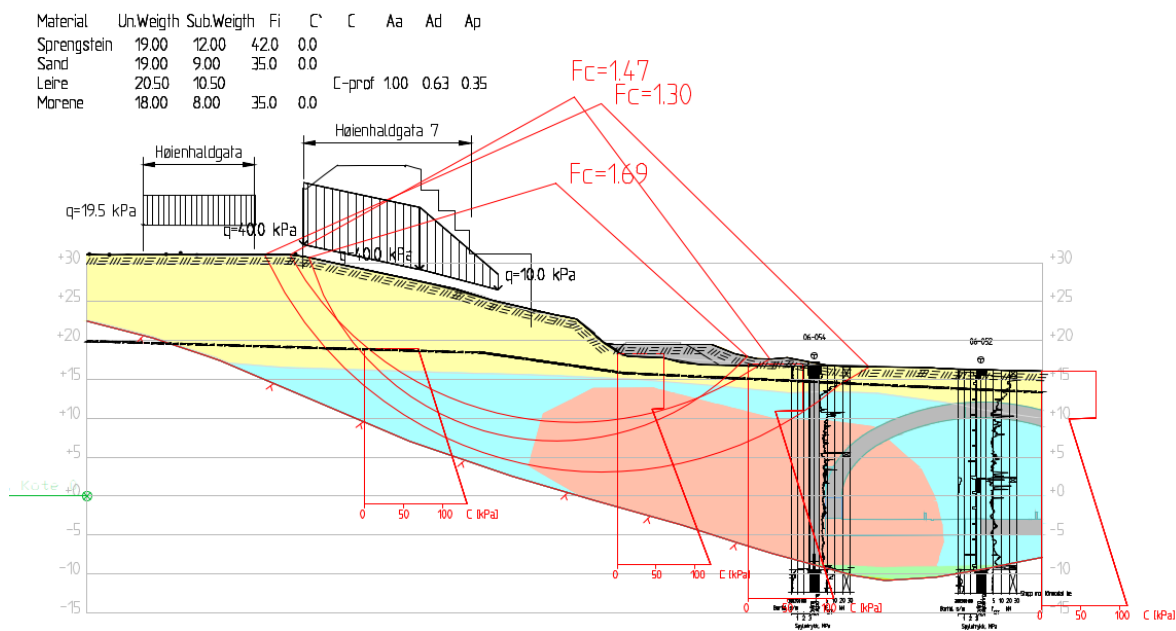
Nærliggende bygg til dagsonene er ikke kartlagt i forhold til fundamenteringsmetode.

E16-2.1.1.1.1 Leverandøren skal innen to måneder før byggestart kartlegge fundamenteringsmetode for nærliggende bygg med hensyn på rystelser og setninger.

Figur 5-3 Utklipp fra Kravspesifikasjon grunnarbeider, ref. /4/

Utfordringene med boligblokkene i Høienhaldgata ble først synliggjort under detaljprosjekteringen for totalentreprenøren, da det ble avdekket at utfordringene med områdestabilitet var betydelig større enn antatt. Det ble blant annet avdekket at stabiliteten ved blokkene var dårlig og lavere enn det som var akseptabelt. Det var også blitt avklart at blokkene var direktefundamentert i løsmasser og dermed lå på drivende side i en stabilitetsvurdering. Stabiliteten ved oppføring av blokkene ble redusert på grunn av last fra byggene på toppen av skråningen.

Som et umiddelbart tiltak ble det avlastet nord for blokkene og lagt ut en motfylling foran blokkene, (ref. /5/). Motfyllingen brakte beregnet stabilitet fra en lav sikkerhet på  $F = 1,17$  til  $1,30$  som fortsatt var relativt lav, men vurdert som tilfredsstillende i henhold til krav i NVE Veiledning 1/2019 *Sikkerhet mot kvikkleireskred* (ref. /13/) for bygging av jernbanekulvert.



Figur 5-4: Stabilitetsberegning ved Høienhaldgata 7 med motfylling, ref. /5/

Etter ferdigstillelse av jernbaneanlegget skulle beregnet stabilitet forbedre seg ytterligere til  $F = 1,56$ .

Disse beregningene ble utført før prosjektet ble optimalisert og beregnede sikkerheter etter at anlegget er ferdig er noe endret uten at dette endrer situasjonen av betydning.

---

## **6 UTFORDRINGER MED Å HA BOLIGBLOKKENE I HØIENHALDGATA INNTIL ANLEGGET**

Deformasjonskravet i totalentreprisen og detaljprosjekteringen for totalentreprenøren, medførte at støtteveggen for byggegropa måtte være kraftig og stiv. Utvendige stag som vist i geoteknisk fagrapport (ref. /12/) var ikke forenlig med å redusere påvirkning på blokkene og krav til poretryksreduksjon. Totalentreprenøren prosjekterte derfor en slissevegg avstivet med innvendig forspente stivere. Beregningsmessig var denne løsningen tilfredsstillende.

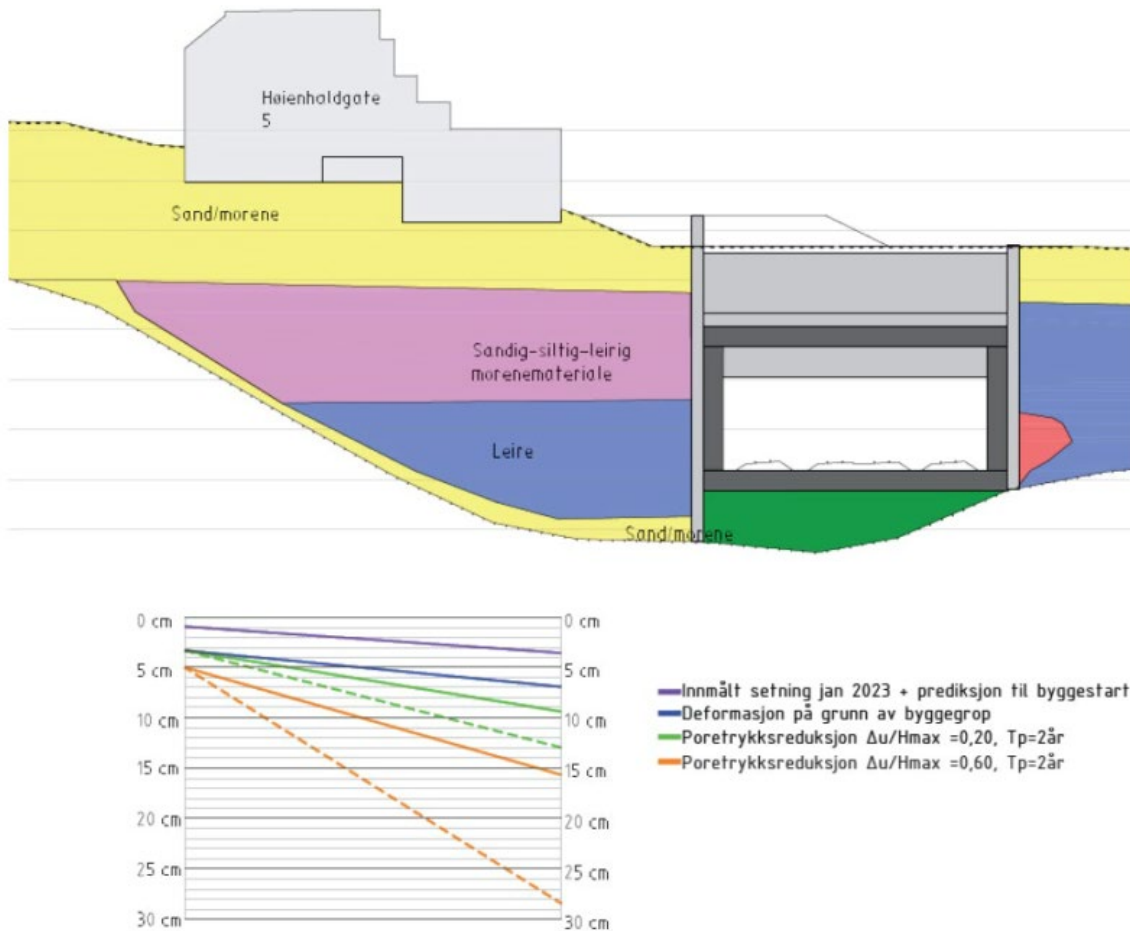
Etter at totalentreprisen ble avsluttet og AAJ overtok detaljprosjekteringen av byggegroppen, ble slisseveggen erstattet av en dobbelt sekantpelvegg ut fra krav til stivhet for å ytterligere redusere potensialet for deformasjoner på boligblokkene i Høienhaldgata, samt et ønske om en mer robust utførelse.

I begge løsningene var det forutsatt etablert tverrgående ribber av jetpeler med ca. 50 % dekningsgrad.

For å tilfredsstille krav til poretryksreduksjon ble det i tillegg til flere vanninfiltrasjonsbrønner også prosjektert en injeksjonsskjerm rundt hele byggegropa.

Til tross for alle prosjekterte tiltak, viste oppdaterte beregninger at blokkene kunne få, i det mest ugunstige scenariet, betydelige skjevsetninger, (ref. /3/).

---



Figur 6-1: Beregnede setninger som følge av anleggsarbeidene for Høienholdgate 7. Stiplede linjer viser setninger ved full konsolidering, ref. /3/

Figuren viser at vi kan få opp mot 25 cm skjevsetning ved full konsolidering på grunn av reduserte poretrykk fra utgravingen.

Dette var et av forholdene som gjorde at Bane NOR våren 2023 tilbød seg å kjøpe ut beboere i boligblokkene i Høienholdgate 5 og 7.

## 7 HVA ER NYTT I PROSJEKTET SIDEN 2023?

Parallelt med detaljprosjekteringen av byggegrop og betongtunnel i Kransen Nord, ble det prosjektert tiltak for områdestabilitet i Kransen Syd. Allerede under installasjon av vertikaldren, som forberedelse for utlegging av motfylling, ble det målt deformasjoner i leira. Dette medførte intense geotekniske vurderinger og nye beregninger av stabiliteten der deformasjoner og tøyninger var sentrale. Beregningen viste at en kunne få initiert brudd i leira kun forårsaket av tøyninger uten at leira var påført en lastøkning.

I beregningene benyttes en avansert materialmodell (NGI ADP Soft) for kvikkleire som tar hensyn til reduksjon av skjærstyrke ved tøyninger forbi maksimalstyrke (strain softening) og som kan benyttes for beregninger i kvikkleire, (ref. /13/ og /14/).

Målingene av små deformasjoner dypt nede i leira er muliggjort av installasjon av fjernavleste permanente inklinometere. Tilsvarende inklinometere er også installert i Kransen Nord foran boligblokkene i Høienhaldgata.

Når det da ble målt deformasjoner i kvikkleira i Kransen Nord under arbeidene med jetpeler (som i utgangspunktet er et stabiliserende tiltak), var det grunn til å se på stabilitetssituasjon i Kransen Nord på nytt.

---



## 8 USIKKERHET I BEREGNINGENE

For å kunne beregne stabilitet i en skråning som ved boligblokkene i Høienhaldgata, trenger vi best mulig kunnskap og verktøy:

- Grunnforhold; jorda, lagdeling i dybden, sideveis variasjoner, jordparametere
- Geometri på skråningen
- Vekt og geometri på byggene
- En modell for å beskrive jordoppførselen
- Et beregningsprogram som kan kombinere jordmodell og alle ytre parametere

### 8.1 Grunnforhold

Det er utført relativt omfattende grunnundersøkelser i Kransen Nord. Det er imidlertid ikke utført borer under selve blokkene. I tillegg har det vært svært vanskelig å ta opp uforstyrrede prøver av det øvre laget med blandingsjord. Blokkene ligger delvis på og foran Raet (endemorene fra istiden) som gjør at grunnen varierer mye både i dybden og i utstrekning.



Figur 8-1: Ra-morenen (grønt). Kilde NGU web

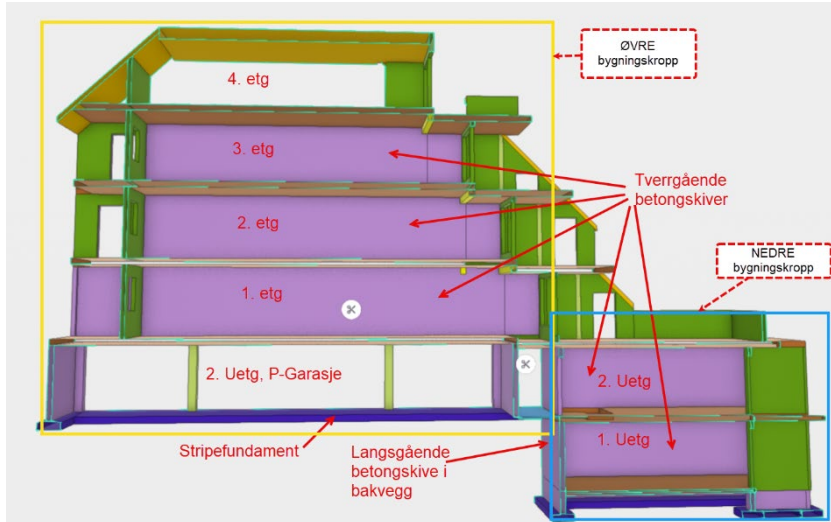
Det vil derfor alltid være en viss usikkerhet om jorda er modellert helt korrekt.

### 8.2 Geometri

Geometrien på skråningen er under kontroll ved at den regelmessig skannes.

### 8.3 Byggene

Vekt og geometri på byggene er modellert så nøyaktig som mulig ut fra tilgjengelige data.



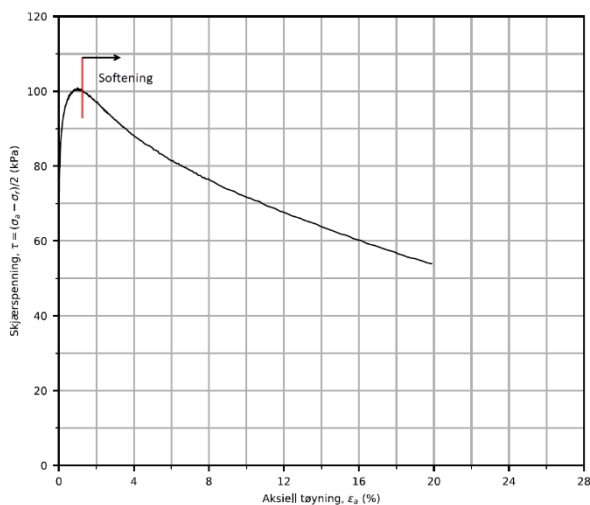
Figur 8-2: Snitt fra 3D modell av Høienhaldgata blokk, ref. /1/

Modelleringen gir grunnlag for å vurdere robustheten til byggene til å tåle fremtidige skjevsetninger forårsaket av anlegget, (ref. /1/). Modellen benyttes også til å beregne bygningslasten på terreng som inngår som drivende kraft i stabilitetsberegningene.

### 8.4 Jordmodell

I beregningen er det tatt i bruk en jordmodell i Plaxis utviklet av NGI som tar hensyn til «strain-softning», NGI ADP Soft. Modellen er ikke kommersielt tilgjengelig, men ble tatt i bruk av NGI på problemstillingene i Kransen Syd.

Modellen kan modellere hele arbeidskurven til et sprøbruddmateriale, se figur under.



Figur 8-3: Arbeidskurve for kvikkleire i borpunkt 06-375 foran Høienhaldgate 5. Prøven er tatt i dybde 27,33 m og viser hvor softening begynner.

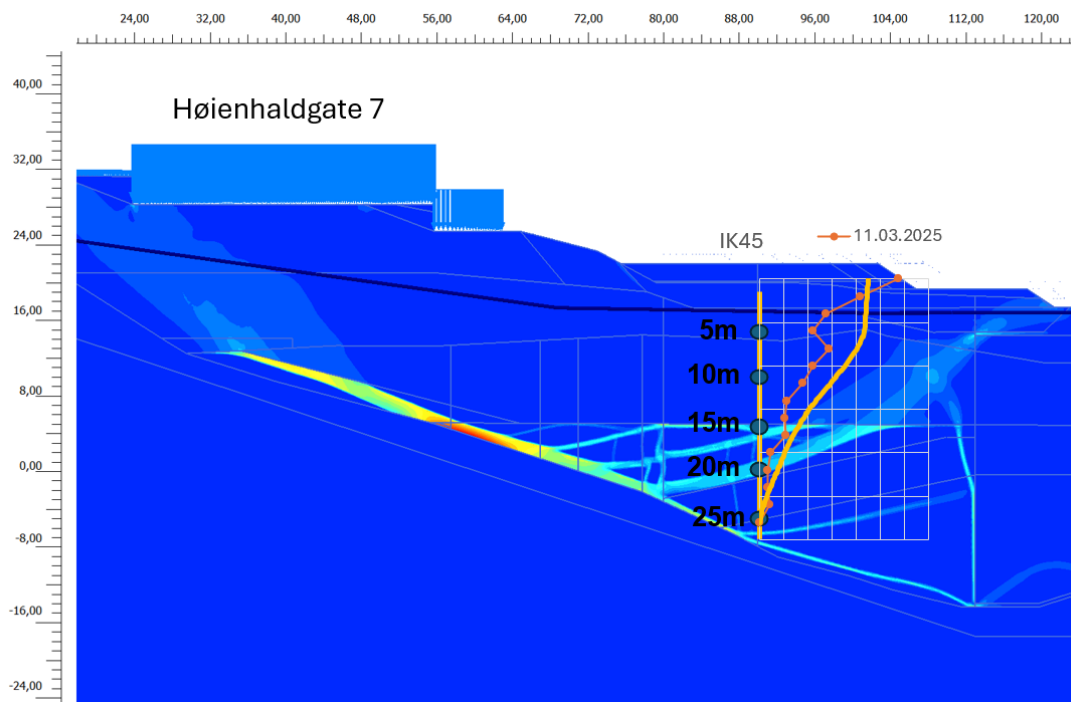
Modellen er ikke tidligere blitt brukt av Geovita i prosjektering. Til støtte for bruken av modellen og valg av settet med jordparametere, har Geovita fått støtte og bistand både fra NGI og NTNU.

Modellen har ikke mulighet for å inkludere effekten av tid, det vil si effekten av konsolidering av jord mens arbeidene pågår. Dette er en konservativ forenkling i modellen.

Ettersom modellen ikke er i vanlig bruk i det geotekniske miljøet, er erfaringene med modellen naturlig nok begrenset og dette i seg selv innebærer en usikkerhet i om jorda modelleres helt korrekt.

## 8.5 Beregninger

Det er utført beregninger for å kunne simulere de deformasjonene som måles. Beregningene viser at kvikkleira er nær en full utnyttelse av styrken og at den vil komme til et begynnende brudd med mulighet for progressiv bruddutvikling hvis deformasjonene fortsetter.



Figur 8-4. Illustrasjon som viser beregnet brudd i kvikkleire sammen med målte deformasjoner i IK45 (orange prikkete linje) og grense for softening (gul linje).

Beregningene er utført i siste versjon av Plaxis 2D, som er et gjennomprøvet beregningsprogram for geoteknikk. Beregningene utføres i plan tilstand (2D) og har ikke med eventuelle 3D-effekter fra geometri. Det er trolig at en i Kransen Nord ved boligblokkene i Høienhaldgata har en viss 3D-effekt. Det betyr at beregningene med Plaxis 2D er noe konservative.

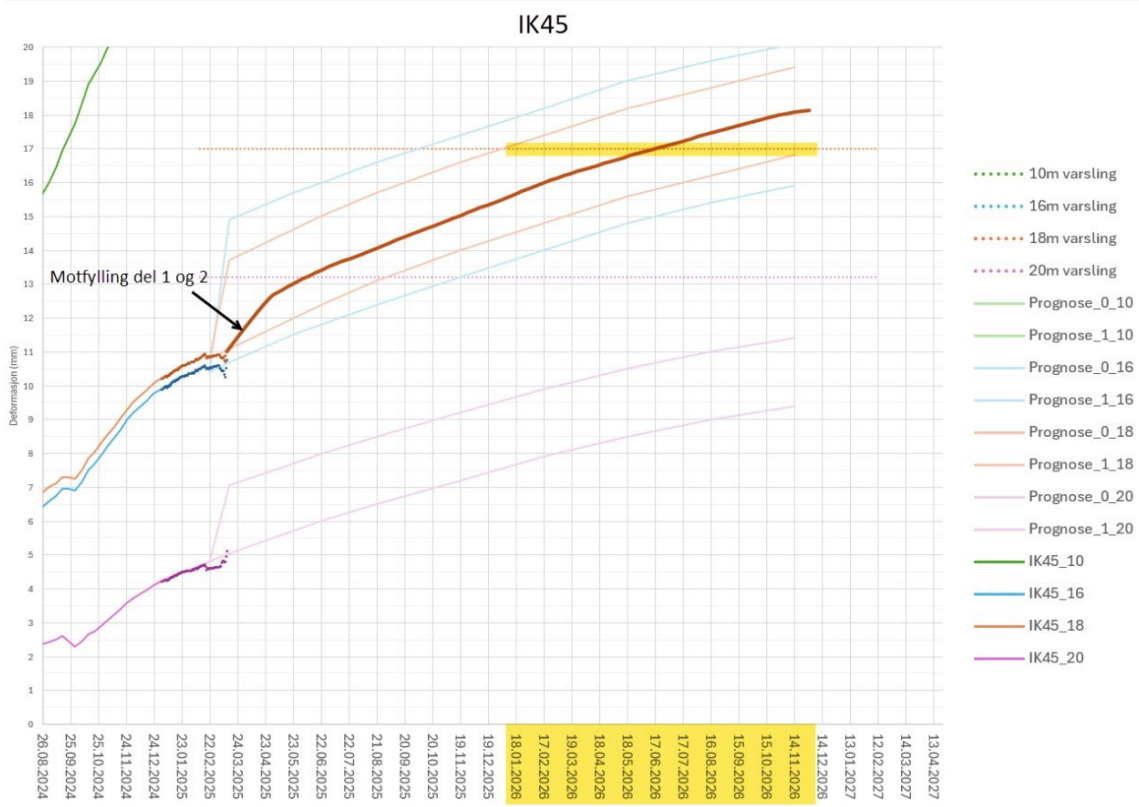
Beregningene av sikkerhetsnivå med NGI ADP Soft gir ikke samme definisjon av sikkerhet som ved beregninger med tradisjonelle jordmodeller. Det er derfor innført et sikkerhetsprinsipp der kvikkleiren skal ha en viss margin til et deformasjonstak med tanke på en begynnende bruddeformasjon. I tillegg økes vekt av jord for å fremtvinge bruddeformasjoner. Sikkerheten betegnes SFMweighth. Denne er ikke direkte sammenlignbar med tradisjonelle sikkerhet beregnet i Plaxis med styrkereduksjon av jorda. Det er derfor en viss usikkerhet hvilket sikkerhetsnivå man trenger å oppnå eller dokumentere i de avanserte beregningene med NGI ADP Soft. I Kransen Nord har det vært et mål å få samme SFMweighth sikkerhet som før arbeidene med jetpeler startet i 2024.

## **8.6 Samlet vurdering av resultater og usikkerhet**

Samlet sett er vår vurdering at modellene som benyttes er de som i størst mulig grad klarer å modellere forholdene ved boligblokkene i Høyenholdgata. Bruken av modellene er støttet av NGI og NTNU og har også vært presentert for det geotekniske Fagrådet i prosjektet Sandbukta-Moss-Såstad gjennom Moss sentrum. Modellene vurderes til å være samlet på noe konservativ side.

Resultatene viser at leira i dag er nær kritisk deformasjon som kan gi begynnende softening. Med dagens målte deformasjonshastigheter, justert med en antatt avtagende tendens, så vil kvikkleiren komme til et begynnende brudd rundt sommeren 2025 hvis ikke tiltak treffes. Kvikkleirebrudd er progressive, det vil si at det kan utvikle seg raskt i tid og omfang når et brudd først starter.

Resultatene fra beregningene viser videre at å legge ut en ekstra motfylling gjør at leiren tåler mer og hever derformasjonstaket. Det er derfor i mars 2025 startet opp arbeider med å legge ut en ekstra motfylling. Vi vurderer imidlertid at deformasjonene vil fortsette etter at motfyllingen er lagt ut. Ved å framskrive dagens deformasjonshastighet, justert med en antatt avtagende tendens og lagt til beregnede deformasjoner fra selve motfyllingen, så vil kvikkleiren komme til et begynnende brudd i løpet av vinteren 2026.



Figur 8-5: Deformasjonsprognose med utlagt motfylling

## **9 HVA VILLE SKJE HVIS MAN IKKE HADDE NY KUNNSKAP?**

Hadde man stått i utfordringene i Kransen Nord bare for få år siden, uten de kunnskapene man har fått fra Kransen sør og den omfattende instrumenteringen i Kransen Nord, hvordan ville vi da ha styrt grunnarbeidene?

Man ville da ha gjennomført prosjekteringen med klassiske stabilitetsberegninger. Videre ville man ha fulgt responsen fra arbeidene med å måle setninger på boligblokkene i Høyenhaldgata, poretrykk i grunnen og med inklinometere på støttekonstruksjonen.

Så langt i arbeidene ville ingen av disse målingene ha varslet eller indikert at man var på vei mot en situasjon med brudd i grunnen.

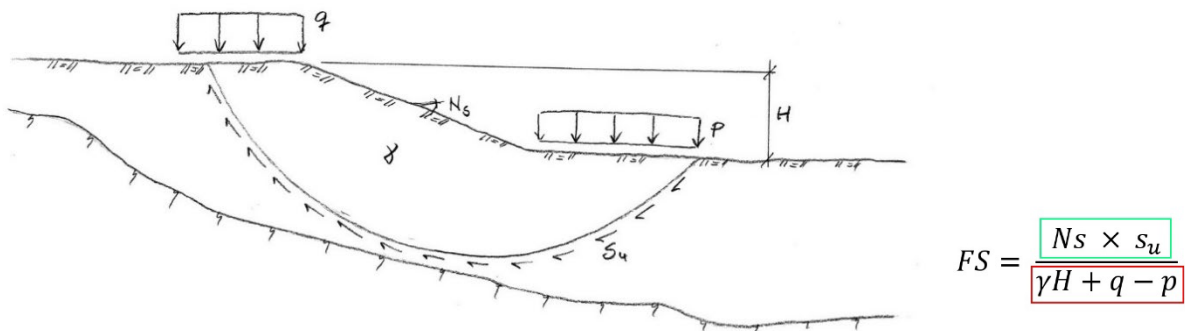
Man ville risikert et plutselig og uventet brudd i kvikkleire foran og under blokkene med store deformasjoner og muligens delvis sammenstyrting av byggene.

---

## 10 ALTERNATIVE TILTAK FOR Å KOMME VIDERE

Det er vurdert flere tiltak for å kunne komme videre med grunnarbeidene. Målet med tiltakene er å heve sikkerhetsnivået til et akseptabelt nivå og ha tiltak som er robuste med hensyn på den etterfølgende byggegrova for kulverten.

Sikkerheten ved boligblokkene i Høyenhaldgata er en klassisk geoteknisk stabilitetssituasjon som kan illustreres generelt med etterfølgende figur:

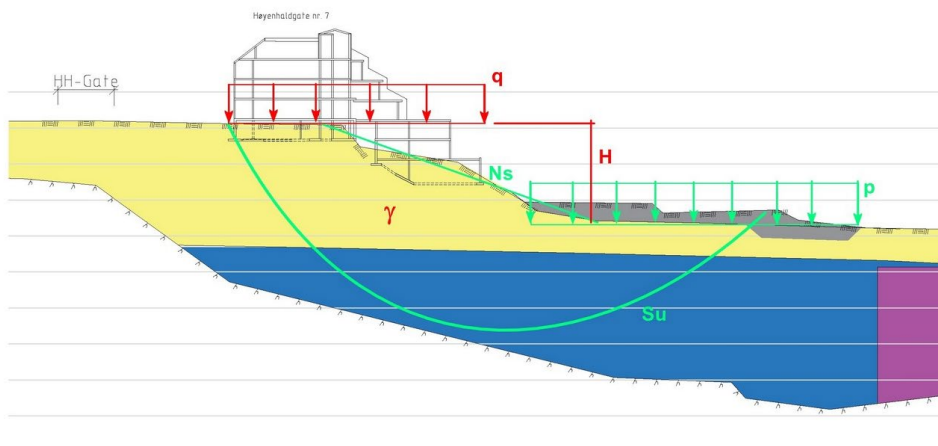


Figur 10-1: Prinsipiell stabilitetsfigur

Ut fra prinsippfiguren så er det kun begrensede virkemidler for å forbedre beregnet sikkerhet (FS Factor of Safety):

- $N_s$  Stabilitetstallet er primært en funksjon av skåningshelning, dybden til berg eller fast lag og 3D-effekter
- $s_u$  Skjærstyrke i jorda
- $\gamma$  Tyngden av jorda
- $H$  Skråningshøyden
- $q$  Last på topp av skråning
- $p$  Last på fot av skråning (motfylling)

Et snitt gjennom Høyenhaldgata 7 viser hvordan stabilitetsforholdene kan sammenlignes med prinsippfiguren:



$$FS = \frac{N_s \times s_u}{\gamma H + q - p}$$

Figur 10-2: Stabilitetssnitt Høienhaldgata 7

Stabilitetsfaktoren ( $N_s$ ) er vanskelig å endre. Geometrien er gitt. En utslaking av skråningen krever at blokkene rives.

Skjærstyrken av jorda ( $s_u$ ) kan forbedres med ulike grunnforsterkninger.

Tyngden av jorda ( $\gamma$ ) er gitt. Ved en eventuell riving av blokkene kan jorda erstattes delvis med lette masser.

Skråningshøyden ( $H$ ) er gitt dersom Høienhaldgata beholdes.

Vekten av blokkene ( $q$ ) er drivende. Effekten av vekten kan kun fjernes ved enten å refundmentere blokkene til berg (og jekke laster over på pelene) eller rive blokkene.

Den grå fyllingen ( $p$ ) er motfyllingen som ble lagt ut etter stabilitetsforholdene ble oppdaget i 2021/2022. Ytterligere motfylling vil øke  $p$ .

Dette viser at det i praksis kun er tre metoder for å øke beregnet sikkert:

- Bedre stabilitet med å legge ut en motfylling i foten (øke  $p$ )
- Forbedre styrken i jorda med grunnforsterkning (øke  $s_u$ )
- Redusere lasten på toppen ved å refundmentere eller rive boligblokkene i Høienhaldgata (reduere  $q$ )

I tillegg kan en tenke seg å skjære av skjærsirkelen med en støttevegg i forkant av blokkene. En slik vegg må avstives i topp og fot. En installasjon av vegg med avstivning vil være utfordrende med de gitte grunn- og stabilitetsforholdene. Det er neppe mulig å benytte borede løsninger på grunn av utfordringer med høye trykk under boring med uforutsette negative effekter i grunnen. Ramming av en tung spunt vil kunne få problemer med droppstein og andre mulige hindringer i grunnen.

Det er også usikkert om det er realistisk å få gjennomført tiltaket tidsnok. Det er derfor vurdert at å etablere en støttevegg i foten av Høienhaldgata 5 og 7 ikke er gjennomførbar.



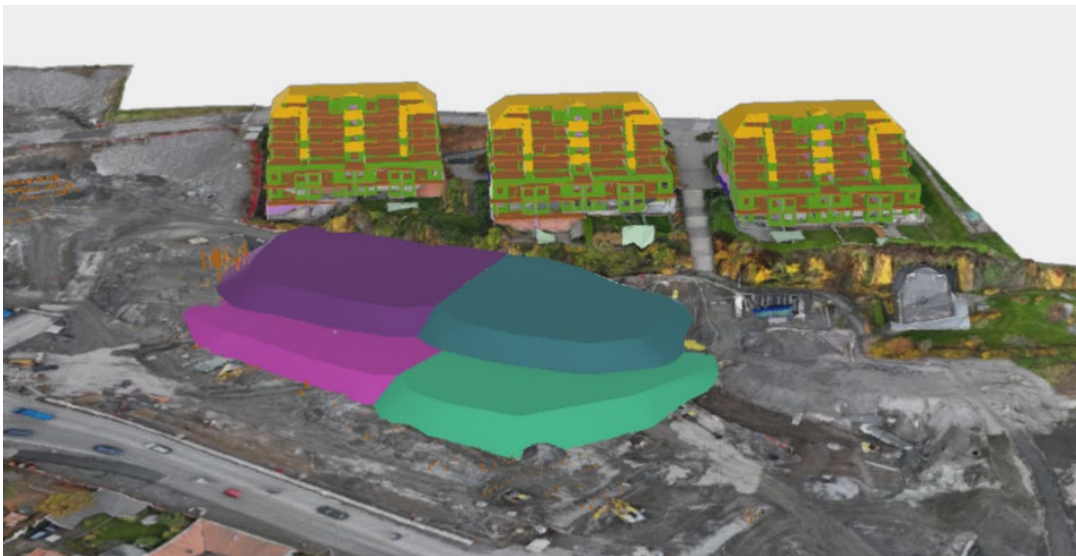
## 10.1 Motfylling

En motfylling vil gi en umiddelbar økning av beregnet stabilitet. Det er derfor at motfylling er et tiltak en normalt vil forsøke å ta i bruk der en oppdager dårlig stabilitet under utførelse av anleggsarbeider. En motfylling er raskt å etablere og vil gi tid til å gjennomføre ytterligere stabiliseringstiltak.

I Kransen Nord vil en motfylling gi en tilleggsdeformasjon i leira, både horisontalt og vertikalt. Men samtidig vil en motfylling øke robustheten mot videre deformasjoner og skal også redusere fremtidig deformasjonshastighet i leira (det benyttes mye *rate* som uttrykk for deformasjonshastighet i prosjektet).

Innledningsvis ble den lave stabiliteten i Kransen Nord forbedret med en motfylling før de øvrige anleggsarbeidene tilbake i 2022.

En motfylling må imidlertid ikke lages så stor at den i seg selv skaper et lokalstabilitetsproblem og dette er en del av prosjekteringen. I Kransen Nord er det modellert og prosjektert en motfylling av begrenset omfang. Motfyllingen legges ut i fire etapper. Medio mars er etappe 1 og 2 lagt ut.



Figur 10-3: Motfylling, legges ut i fire etapper.

Motfylling er vurdert til å være det eneste tiltaket som raskt kan etableres for å forbedre stabilitetssituasjonen ved boligblokkene i Høyenhaldgata og gi tilstrekkelig tid for å kunne utføre ytterligere forbedrende tiltak.

## 10.2 Grunnforsterkning

Flere ulike grunnforsterkningsmetoder er blitt vurdert:

- Kalksementpeler satt i ribber, tradisjonell utførelse
- Kalksementpeler satt i ribber, utført med wet-mixing
- Grunnfrysing som ribber eller blokk

- Jetpeler satt i ribber

### 10.2.1 Kalksementpeler, tradisjonelle

Kalksementpeler satt i ribber er i utgangspunktet et effektivt og kostnadsgunstig alternativ for grunnforsterkning. Imidlertid er det i Kransen Nord grunnforhold som er ugunstig for installasjon av kalksementpeler. I 2020 ble det gjennomført testforsøk med installasjon av jetpeler ved ulike steder i prosjektet. Testene er rapportert i eget notat, (ref. /6/). Testfelt nr. 2 var i området ned for boligblokkene i Høyenhaldgata:



Figur 10-4: Utsnitt av Vedlegg C i testrapport KS-peler, ref. /6/

Fra rapporten (ref. /6/):

*Kransen Test Field 2 was completed on the January 23, 2020. Based on the soil conditions in Test Field 2 and the difficulty of column installation, DDSM column installation will not be feasible in this area of the project.*

Kalksementpeler er derfor vurdert, som så langt i prosjektet, til ikke å være et alternativ i Kransen Nord med grunnforhold med faste toppmasser og droppstein.

### 10.2.2 Kalksementpeler installert med wet-mixing

Kalksementpeler kan også installeres med kraftigere maskiner enn de vanlige ombygde gravemaskinene. I tillegg til tilførsel av kalksement, tilføres det vann under innblandingen (derav navnet wet-mixing). Metoden er imidlertid fortsatt avhengig av å kunne penetrere innblandingsutstyret gjennom faste toppmasser og stein. Så langt vi har erfart, er utstyret pr. i dag ikke i stand til dette.

Dersom wet-mixing er gunstig teknisk og økonomisk i forhold til jetpeler, kan man også tenke seg å kombinere med jetpeler der jetpeler kommer etter og fullfører ribber der wet-mixing ikke har klart å lage peler.

Etter vår vurdering vil kalksementpeler installert med wet-mixing ha de samme utfordringene som jetpeler i forhold til deformasjoner og tøyninger i jorda.

Vi anser wet-mixing som mindre egnet i Kransen Nord (men kanskje egnet lenger sør på anlegget, ref. /7/). Det gjennomføres test av wet-mixing i Stasjonsområdet. Foreløpige tilbakemeldinger fra testfeltet på Stasjonsområdet er negative og bruk av Wet-mixing i Kransen nord er ikke aktuelt.

### 10.2.3 Grunnfrysing

Grunnfrysing kan benyttes til å stabilisere leire. Erfaringene med grunnfrysing i leire, så langt vi har klart å finne erfaring, er at det i fryseprosessen vil dannes islinser. Når frysingen avsluttes, vil det bli et overskudd av vann i massene og man får problemer med redusert bæreevne. For Kransen Nord betyr det at etter frysing vil en kunne få betydelige deformasjoner og skader. Vi anser grunnfrysing som en uaktuell metode for grunnforsterkning i Kransen Nord.

## 10.3 Jetpeler

Jetpeler som grunnforsterkning er allerede blitt benyttet i stor skala i Moss på SMS-prosjektet. I motsetning til kalksementpeler (installert på vanlig måte eller med wet-mixing) kan jetpeler installeres gjennom varierende jordarter og gjennom steiner som ligger løsmassene. Jetpeler bør normalt oppnå relativ god kontakt mellom jord og berg som er gunstig ved bergforløpet og stabilitetssituasjonen i Moss.

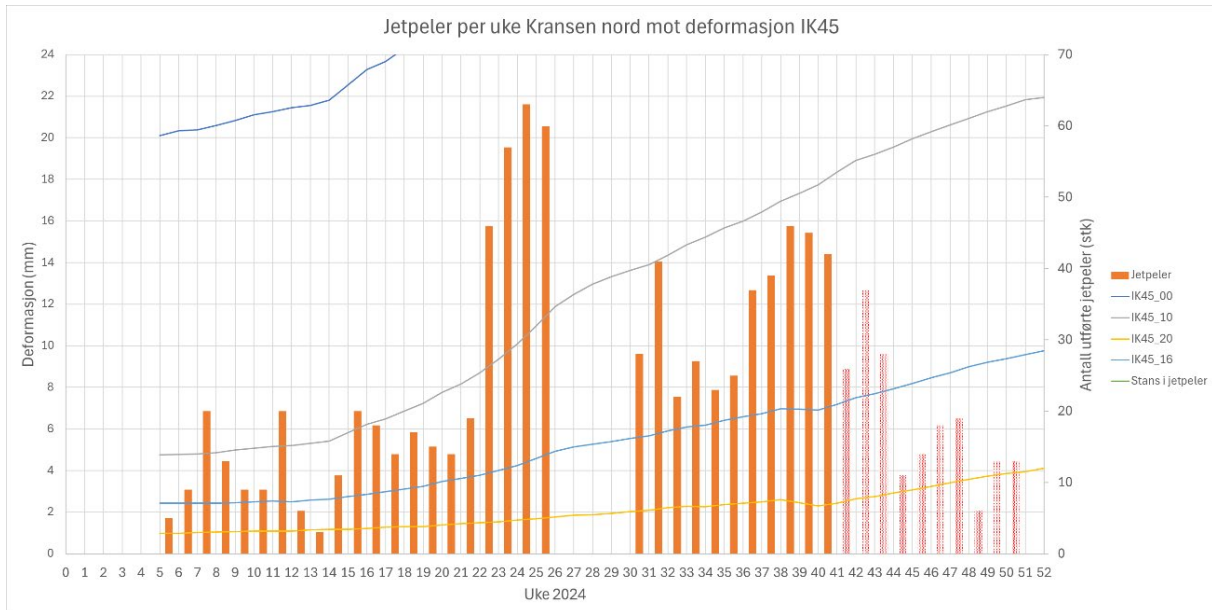
Som grunnlag for detaljprosjektering av jetpeler i Moss ble det gjennomført en omfattende forstudie for å kartlegge uheldige sideeffekter ved å installere jetpeler i de grunnforholdene som er i Moss, ref. /8/. I tillegg ble det gjennomført et fullskala testforsøk med jetpeler med omfattende instrumentering for å måle respons i jorda fra jetpelinstallasjonen, (ref. /9/). Resultatene fra forsøkene var at det var begrensede effekter i jorda med liten utstrekning.

Imidlertid ble det tidlig i juni 2024 observert deformasjoner på inklinometere i skråningen ovenfor den fremtidige byggegropene mot boligblokkene i Høyenhaldgata under jetpelarbeidene i Kransen Nord. Dette skjedde til tross for tilsynelatende god kontroll på returmasser fra installasjonen og lite poreovertrykk.

Det var en tilsynelatende sammenheng med omfanget eller intensiteten på installasjon og de målte deformasjonene, spesielt i de øvre jordlagene. Det er ikke fastlagt en entydig årsak til hvorfor jetpelarbeidene fører til deformasjoner. Arbeidene følges nøye opp og metoder og prosedyrer er sjekket ut og det er ikke funnet vesentlige avvik i utførelsen.

Vi mener at deformasjonene trolig skyldes, enten eller en kombinasjon av, en ubalanse i tilførte masser inn i grunnen og masser som kommer ut, og at masser erstattes av et isotropt væsketrykk som er lavere enn trykket i leira etter at en pel er installert og før den er herdet.

---



Figur 10-5: Målte deformasjoner nedenfor Høyenhaldgata 7 i inklinometer 45 i dybdene 0 (terreng), 10, 16 og 20 meter, ref. /11/.

I dag er det full stopp i installasjon av jetpeler foran blokkene. Det er trolig at oppstart av ytterligere installasjon i jetpeler uten andre stabiliserende tiltak foran blokkene i Høyenhaldgata vil øke deformasjonene i grunnen som kan fremprovosere brudd i kvikkleira.

Til tross for de uheldige erfaringene med setting av jetpeler, så kan jetpeler være et nødvendig tiltak for å kunne ta ut byggegropa for kulverten med blokkene til stede. Det betyr at effekten av motfyllingen i så fall må kunne dokumenteres at gir tilstrekkelig stabilitet i forhold til de negative effektene fra jetpelininstallasjon. Vi tror ikke med dagens situasjon at det vil være mulig.

Dersom en fjerner blokkene, kan jetpeler settes uten å ta hensyn til blokkene og de kan også plasseres mer optimalt.

Reviderte stabilitetsberegninger viser at kvikkleira ved boligblokkene i Høyenhaldgata i dag er høyt mobilisert, (ref./11/). Det er ikke mye reservekapasitet til å stå imot ytterligere deformasjoner. Alle tiltak som innebærer mer jetpeling, har stor risiko for å måtte avbrytes og initiere evakuering av beboere og avlasting av skråningen i form av riving av blokkene.

## 10.4 Refundamentere blokkene

En refundantering av blokkene der en jekker lastene fra byggene over på nye peler til berg, vil gi en god effekt på stabiliteten (fjerner lasten  $q$ ).

Vi har begrenset tegningsgrunnlag og dokumentasjon av blokkene, men grove og innledende vurderinger tilsier at det bør være mulig å gjennomføre en refundantering med borede peler til berg og med etterfølgende jekking av bygg.

Dette er imidlertid omfattende bygningstekniske inngrep i blokkene og kan, etter vår vurdering, ikke gjennomføres med beboere i blokkene.

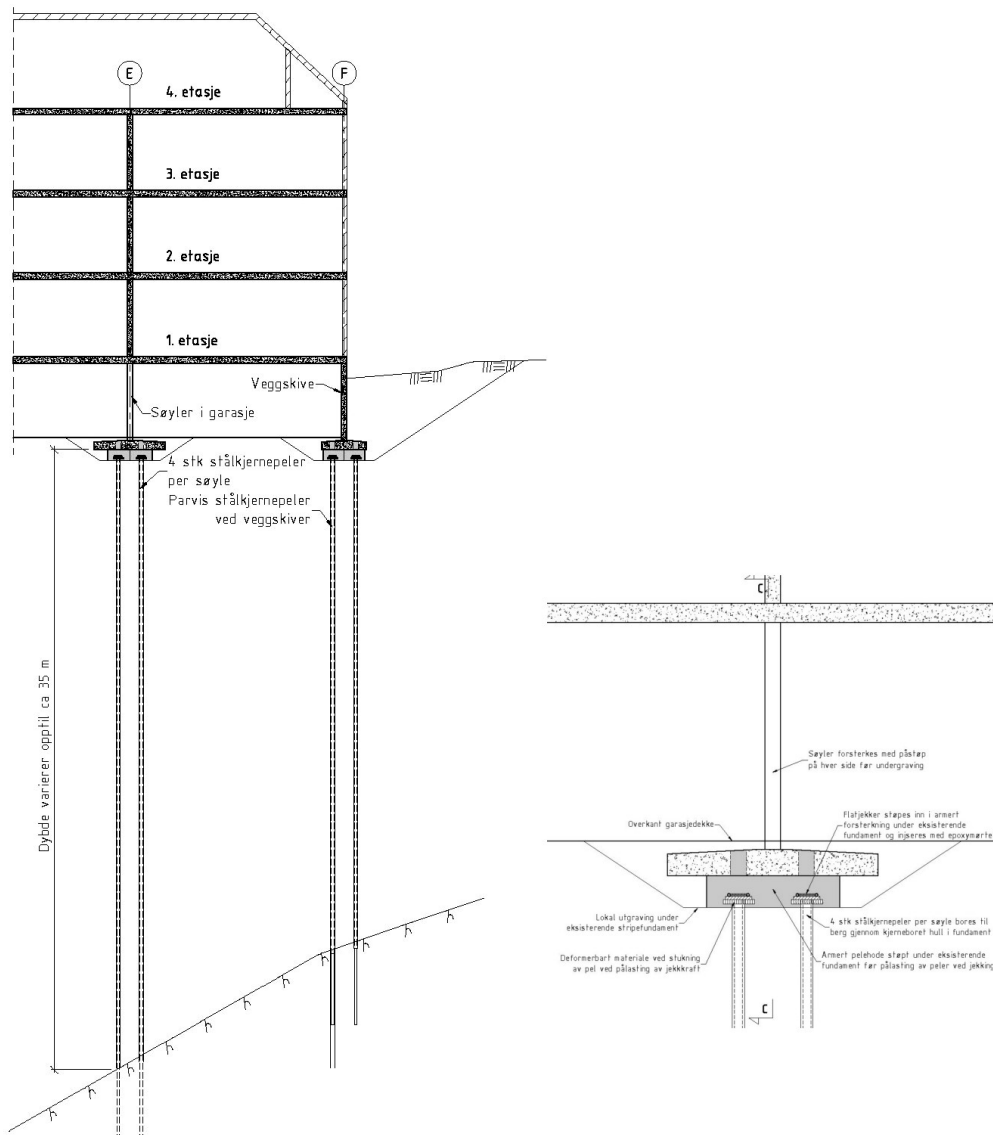
En teknisk løsning kan være å grave ned til underkant av eksisterende fundamenter. Det bores nye peler ned til og inn i berg. Nye peler kobles til bærende vegger på ulike måter som for eksempel med bjelker under eksisterende fundamenter, eller ved nye langsgående bjelker som spennes opp gjennom eksisterende vegger og fundamenter.

Boring av peler må skje fra innvendig i leiligheter eller i fra P-garasjen der det er begrenset høyde i begge. Boringen må derfor utføres med små maskiner med korte rør- og peleelementer. Boring for peler vil kunne øke poretrykket i grunn og gi ytterligere uheldige deformasjoner i grunnen og dette forholdet må vurderes i detalj.

Refundamentering på nye peler fjerner ikke i seg selv lastene fra bygget på topp skråning. Det må derfor jekkes på pelene slik at alle laster overføres på pelene. Jekkingen må skje samordnet på hele bygget. Jekkes det skjevt vil jekkingen kunne medføre større eller mindre skader på selve bygget. Jekkingen er en omfattende operasjon, som vi i et slikt omfang ikke har erfaring fra, men det bør i prinsippet la seg gjennomføre.

En eventuell detaljprosjektering må også dokumentere horisontalkapasitet for å ta opp vindkrefter på blokkene. En refundamentering vil ikke redusere kravene til tillatte horisontale deformasjoner fra byggegrøpa. Det er også usikkert om det er realistisk å få gjennomført tiltaket tidsnok og uten uforutsette uheldige effekter i grunnen.

---



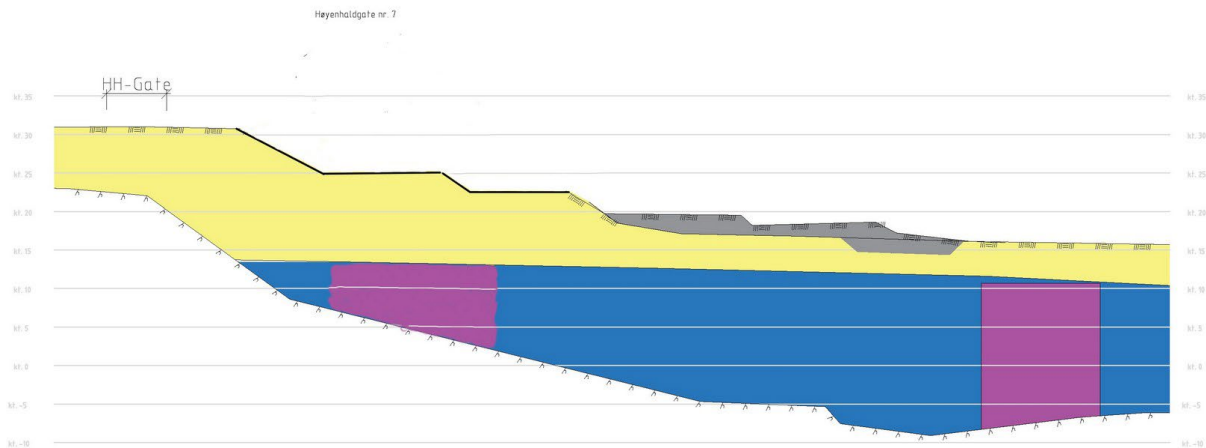
Figur 10-6: Prinsipløsning på refundamentering og jekking

## 10.5 Rive blokkene

Et stabiliserende tiltak som vil gi varig effekt på stabilitet er å fjerne lasten på toppen av skråning ved å rive boligblokkene i Høyenhaldgata (fjerner lasten  $q$ ). Et slikt tiltak vil fjerne all risiko knyttet til fare for beboere og i praksis også fjerne muligheten for en utvikling av et initialras ved boligblokkene i Høyenhaldgata som kan utvikle seg syddover mot Kransen Syd.

Ved en riving av blokkene kan situasjonen ytterligere forbedres ved å grave av og slake ut skråningen fra Høyenhaldgata og ned mot byggegropa for jernbanekulverten (øker stabilitetstallet  $N_s$ ).

Dersom det viser seg å være optimalt for uttaket av byggegropa, kan en velge å ytterligere bedre situasjonen med jetpelerribber (øke  $s_u$ ), men da satt under blokkene hvor ribbene vil gi bedre effekt enn foran (lilla område i figur under).

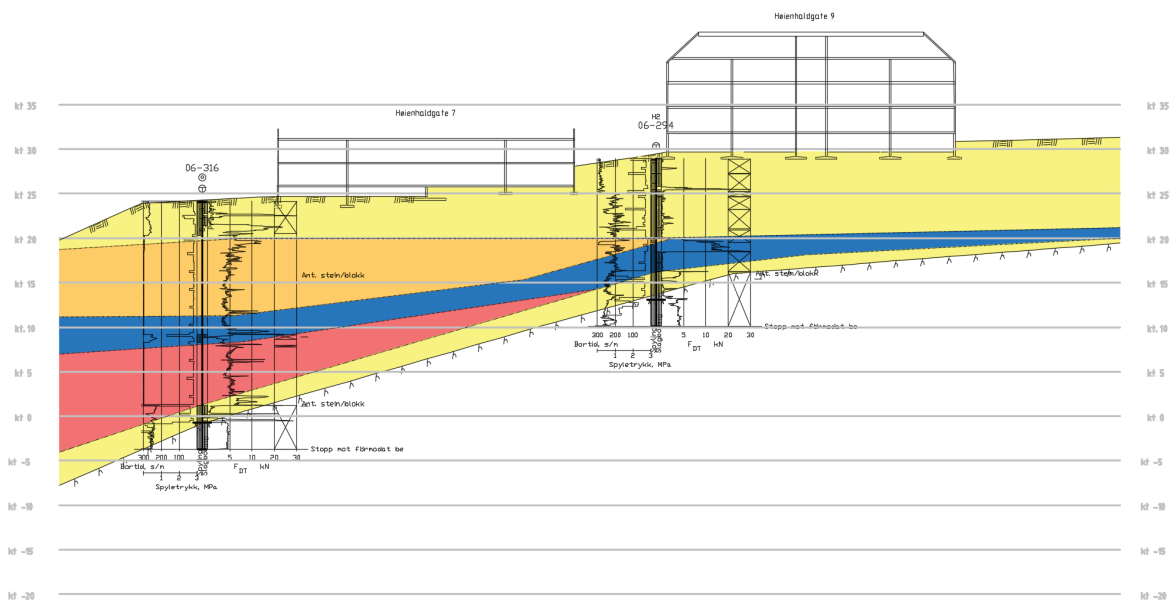


*Figur 10-7: Revet Høienhaldgata 7, avgravet og stabilisert under revet blokk*

En eventuell riving av blokkene vil ta tid med utflytting av beboere og gjennomføringen av selve rivingen. Riving av blokkene som tiltak er derfor avhengig av forutgående motfylling. Foreløpige vurderinger av riveteknikk viser at riving kan utføres med normale maskiner tilgjengelige i markedet, (ref. /17/).

### **10.5.1 Høienhaldgata 9**

Når det gjelder situasjonen for Høienhaldgata 9, er det nødvendig med ytterligere beregninger og vurderinger før det kan konkluderes. Dette gjelder spesielt situasjonen der en riving av Høienhaldgata 5 og 7 må kombineres med en avlastning av terrenget og eventuell grunnforsterkning for å oppnå tilstrekkelig stabilitet. Det er satt i gang supplerende grunnundersøkelser for å ha tilstrekkelig grunnlag for beslutning rundt Høienhaldgata 9. Det antas per i dag at beslutningen kan treffes i løpet av våren 2025.. Et snitt gjennom Høienhaldgata 7 og Høienhaldgata 9 er vist under.



Figur 10-8: Snitt gjennom Høienhaldgata 7 og Høienhaldgata 9.



## 11 BYGGING AV JERNBANEKULVERTEN

Etter at boligblokkene er revet som et stabiliserende tiltak, skal det etableres en dyp byggegrop med kraftige støttevegger innvendig avstivet med stålstivere. Utgravingen av gropa vil medføre horisontale deformasjoner på støtteveggen. Størrelsen på deformasjonene er avhengig av flere forhold der stivheten på veggen og omfang og stivhet på den innvendige avstivningen er viktige parametere.

Den videre utgravingen av gropa vil starte nye deformasjoner i leira. Deformasjonene kan medføre lokal softening av leira som medfører økte laster på støttevegger og avstivning.

Med en så stor byggegrop er det en viss risiko for at det skjer hendelser eller at man får større krefter eller deformasjoner enn beregnet. Dette kan da løses med å installere mer avstivning eller mer grunnforsterkning enten utenfor eller innenfor gropa. Dette vil kunne løses parallelt med anleggsarbeidene, men trolig føre til noe forlenget byggetid.

---

## 12 SAMLET VURDERING, ANBEFALING

En samlet vurdering av målinger og beregninger viser at deformasjonene vil fortsette i kvikkleira også uten at det utføres mer arbeider i Kransen Nord. Selv om den utlagte motfyllingen skulle medføre en reduksjon i videre deformasjoner, vil risikoen for en ny stopp i prosjektet og akutt evakuering av Høienhaldgata 5 og 7, samt flere bygg i Kransen Syd og stenging av Fjordveien være betydelig hvis man forsøker å komme videre uten å rive Høienhaldgata 5 og 7.

Som beskrevet i kapittel 10 er en rekke tiltak vurdert, men alternativene til riving anses som for risikable eller ikke gjennomførbare i tilgjengelig tidsrom.

Vår anbefaling er derfor at Høienhaldgata 5 og 7 rives, og for å hensynta usikkerheten i utførte vurderinger må rivingen starte høsten 2025 og være ferdig utført i løpet av 2025.

---

## 13 REFERANSER

- /1/ Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss. Høyenholdgata nr. 5, 7 og 9. Laster, setninger, kapasitet og refundamentering. Km 58,990 – 59,270. SMS-20-A-11366\_00E. 18.03.2025
- /2/ Helly-Hansen tomta, Moss. Område vest for Høyenholdgata. Grunnforhold – Geoteknisk vurdering. Notat Noteby. 18.09.1990
- /3/ Deformasjoner på Høyenholdgata 5 og 7. Notat 12395-A-115. Aas-Jakobsen. 05.10.2023
- /4/ Nytt dobbeltspor Sandbukta - Moss - Såstad (SMS), Kravspesifikasjon grunnarbeider – dagsoner Del I. SMS-00-A-34076\_01E. 12.12.2017.
- /5/ Østfoldbanen VL, Sandbukta – Moss – Såstad, Km 56,075 – 66,410. Vurdering av områdestabilitet. SMS-00-A-59002\_05E. 05.07.2021
- /6/ Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Kransen, Technical Report, DDSM – Kransen Test Field. SMS-20-A-50005\_00A. 28.02.2020
- /7/ Bruk av wet-mixing Kransen Nord. Notat 12395-A-123. Aas-Jakobsen. 15.10.2023
- /8/ Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Moss stasjon, Etappe 1. Numerical Studies and Recommendations for Limit Values During Construction of Jet Grout Test Field. Rapport, Km 59,650 – 59,700. SMS-20-A-59613\_01C. 10.08.2021
- /9/ Østfoldbanen VL, (Ski) - Moss, Moss Stasjon - Etappe 1. Vurdering av resultater fra forsøksfelt jetpeler. Rapport, Km 59,650 - 59,700. SMS-20-A-59620\_03E. 07.03.2023
- /10/ Tegningshefte fra GEAS innhentet fra Moss kommune av Aas-Jakobsen.
- /11/ Kransen nord. Forventede deformasjoner i Kransen nord ved utførelse av grunnarbeider Km 58,990 – 59,270. Aas-Jakobsen. Notat SMS-20-A-11360\_00C. 25.02.2025
- /12/ Nytt dobbeltspor Sandbukta - Moss - Såstad (SMS), Geoteknisk fagrapport. SMS-00-A-20100\_01B. 01.12.2017.
- /13/ Effekt av progressive brudd i sensitive leirer. G. Grimstad og H.P. Jostad. Geoteknikkdagen 2011.
- /14/ Stability analyses of quick clay using FEM and an anisotropic strain softening model with internal length scale. G. Grimstad og H.P. Jostad. NGM 2014.
- /15/ NVE Veileder 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred.
- /16/ Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Moss stasjon, Etappe 1. Evakueringssoner Kransen Nord og Kleberget. Km 59,650 – 59,700. SMS-20-A-59730\_01E. 14.11.2024
- /17/ Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss. Høyenholdgata nr. 5, 7 og 9. Riving av bygg. Km 58,990 – 59,270. SMS-20-A-11367\_00E. 18.03.20