

Saman Mameghani Moghaddam

# Gevingåsen tunnel – vurdering av mulige anvendelsesområder for utsprengte masser

Trondheim, 19. desember 2008

NTNU  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi  
Institutt for geologi og bergteknikk





## TGB4500 Ingeniørgeologi og bergmekanikk fordypningsprosjekt

**Studentens navn:** Saman M. Moghaddam

**Studieretning:** Teknisk geologi / ingeniørgeologi

**Tittel:** GEVINGÅSEN TUNNEL – VURDERING AV MULIGE  
ANVENDELSESOMRÅDER FOR UTSPRENGTE MASSER

**Faglærer:** Prof. Bjørn Nilsen

**Samarbeidspartner,  
bedrift el.l:** Jernbaneverket utbygging

**Utfyllende tekst for  
oppgaven:** Detaljprosjektering av den planlagte 4,4 km lange jernbanetunnelen under Gevingåsen er under utførelse, og byggestart er planlagt til mars/april 2009. En sentral problemstilling i forbindelse med prosjektet, og hovedtema for denne prosjektoppgaven, er hva de utsprenge massene eventuelt kan brukes til. For vurdering og analyse av dette skal det innledningsvis foretas litteraturstudier og gjennomgang av relevant grunnlagsmateriale, også fra nærliggende fjellanlegg. Derest skal det foretas feltbefaring med registrering av ingeniørgeologiske forhold, prøvetaking og testing av materialtekniske egenskaper i laboratorium. Mulige bruksområder for sprengsteinen skal på dette grunnlag diskuteres. Prosjektoppgaven for Gevingåsen tunnel er tenkt videreført i form av masteroppgave med hovedvekt på injeksjon/lekkasje-problematikk og hensyn til omgivelsene. Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Jernbaneverket utbygging, med prosjektleder Brede Nermoen som kontaktperson og medveileder.

**Valgte  
fordypningsemner:** 1) TGB4505 Anvendt ingeniørgeologi (3,75 sp)  
2) TGB4505 Anvendt bergmekanikk (3,75 sp)

**Muntlig presentasjon:** - **Innleveringsfrist:** 19. desember 2008

21. august 2008

  
Faglærer

To trykte eksemplarer samt pdf-versjon av prosjektet skal leveres til faglærer  
Skjemaet tas inn som side 1 i oppgaven

## **Forord**

Denne prosjektoppgaven ble til rett før sommeren 2008. I samråd med professor Bjørn Nilsen ble det diskutert aktuelle temaer rundt den planlagte jernbanetunnelen gjennom Gevingåsen. Problemstilling ble så videreført og fastsatt i møte med leder for prosjektet, Brede Nermoen. Det ble fastsatt at problemstilling rundt bruken av sprengmasser skulle diskuteres, spesielt da sprengmasser Jernbaneverket kan bruke som pukk i ballastlaget eller forsterkningslag. Utgangspunktet har vært greit, men det har vært mange utfordringer i å finne representabelt, uforvitret og store nok mengder bergmateriale fra området som skal testes. Dette klarte jeg ikke i stor nok grad så prosjektrapporten bærer et lite preg av at bergmaterialet ikke er særlig representativt. Som student har jeg hatt begrensede midler til å få tak i disse. Men resultatene kan fortsatt gi en peke pin på hva som er brukbart materiale av det som er blitt undersøkt, så lenge feilkildene tas til etterretning. Jeg er ydmyk over det tidskrevende arbeidet som må til for å få til alle de nødvendige undersøkelsene, og prosessen med å skrive denne prosjektoppgaven har vært svært lærerik.

Denne prosjektrapporten har lært meg at prøvetaking av steinmateriale er en tidskrevende prosess, og en prosess som krever mye materiale.

Takk rettes først og fremst til professor Bjørn Nilsen for veiledning og rådgiving, samt Brede Nermoen. Jeg vil også rette en stor takk til Roar Nålsund for sine innspill og råd om bergartene og deres anvendelighet, samt råd om testmetoder. Ingeniørgeolog Torun Rise skal ha takk for å ha sendt meg det grunnlagsmateriale jeg har bedt om, og for å ha vært tilgjengelig. Takk til Pål Driveklepp for å ha stilt opp med transport for å frakte stein fra området. Til slutt rettes et stort takk til Simon Hagen, Torill Sørlokk, Kjell Kvam og Tore Menne for hjelp med laboratorieundersøkelser. Det hadde ikke vært mulig uten deres hjelp!

Trondheim, 18.12.2008

---

Saman Mameghani Moghaddam

*Forsideillustrasjon av Jernbaneverket.*

### Sammendrag

Nordlandsbanen på strekningen mellom Trondheim – Stjørdal er en sterkt trafikkert enkeltsporet bane, og er kapasitetsmessig nesten fullt utnyttet. Prosjektet består av en dagsone på 1190 meter og en tunnel på 4460 meter (se **Figur 1** side 11), noen som innebærer en forkortelse på 1,6 sammenlignet med dagens trasé. Noen korte fakta Gevingåsen tunnel:

- Lengde tunnel: 4,4 kilometer, totalt 5 kilometer ny jernbane.
- Enkeltspor med tverrslag
- Kostnad 630 millioner kroner
- Byggetid: ca. 3 år

Tunnelen skal drives på konvensjonell måte, det vil si med boring og sprengning. Det er lagt opp til å etablere tverrslag i Muruvik slik at tunnelen kan drives tre fronter, én stoff fra Hell og to stuffer fra tverrslaget.

Gevingåsen tilhører det som kalles for Trondheimsfeltets Kaledonske bergarter. Storparten av bergartene faller innenfor Øvre Hovingruppen. Generelt kan man si at man i Gevingåsen (i tunneltraséen) har 3 fremtredende bergartsgrupper:

- Leirskifer
- Gråvakkesandstein
- Polymikt konglomerat

Jernbaneverket er interessert i å vite om sprengmassene fra den planlagte tunnelen gjennom Gevingåsen kan brukes som pukk under skinnene når tunnelen er ferdigstilt.

For å oppnå dette har det blitt foretatt befaringer og undersøkelser av materialelegenskapene til bergartene i traséen. Resultatene i denne prosjektrapporten viser at gråvakken og konglomeratet holder en mye bedre kvalitet enn leirskiferen. Leirskiferen er teknisk sett ubrukelig til de foreslåtte formål og bør unngås. Gråvakken og konglomeratet kan brukes i forsterkningslaget og som fylling i traubunn, men det er usikkert om de tilfredsstiller jernbaneverkets krav til ballastpukk. Bergartene tilfredsstiller kravet til micro-Deval, men ikke Los Angeles-verdien. Til veibygging holder konglomeratet en god kvalitet, men undersøkelsene er ikke tilstrekkelig. Det vil være vanskelig å få ut det gode materialet fordi det forekommer i små bånd og grensen mellom godt og dårlig fjell gjerne er stor.

Det knyttes usikkerhet rundt prøvematerialets kvalitet, siden det ble hentet materiale fra overflaten over og rundt traséområdet som hadde blitt utsatt for en viss grad av overflateforvitring.

## **Innholdsfortegnelse**

1. Innledning .....	8
2. Grunnlagsmateriale.....	9
3. Bakgrunn og prosjektbeskrivelse .....	10
3.1 Historikk og bakgrunn .....	10
3.2 Prosjektbeskrivelse .....	10
3.3 Hensikt og målsetting .....	11
3.3.1 Hensikt .....	11
3.3.2 Målsetting .....	11
4. Generelt om bergmassene i området.....	15
4.1 Området .....	15
4.2 Bergarter .....	16
5. Utførte undersøkelser .....	19
5.1 Felt .....	19
5.1.1 Feltbefaringer.....	19
5.1.2 Q – systemet .....	20
5.2 Laboratorieundersøkelser .....	21
5.2.1 Punktlast .....	21
5.2.3 Densitet .....	24
5.2.4 Røntgendiffraksjonsanalyse (XRD).....	24
5.2.5 Motstand mot nedknusing (Los Angeles-metoden) .....	24
5.2.6 Slitasjemotstand (Micro Deval).....	26
6. Krav fra potensielle brukere .....	27

7.1 Jernbaneløpnetket .....	27
7.1.2 Ballast .....	27
7.1.3 Forsterkningslag .....	29
7.2 Statens vegvesen .....	29
7.2.1 Grusdekk .....	29
7.2.2 Asfaltdekk .....	29
7. Resultater .....	30
8. Vurderinger .....	32
Visuell vurdering .....	32
Q-verdi .....	32
Punktlasttest .....	32
Densitet .....	33
XRD-analyse .....	33
Los Angeles-verdi .....	33
Micro-Deval .....	33
9. Konklusjon .....	35
Feilkilder .....	36
Referanser .....	37

<b>Vedlegg.....</b>	<b>39</b>
I. Resultater fra punktlasttest .....	40
II. Resultater fra XRD undersøkelser .....	43
III. Resultater fra densitet undersøkelser .....	46
IV. Resultater fra Q-systemet .....	47
V. Bilder fra befaringer .....	48
VI. Bilder fra laboratorieundersøkelser .....	51
VII. Resultater fra Los Angeles undersøkelser .....	57
VIII. Resultater fra micro-Deval undersøkelser .....	61

## **Figurliste**

Figur 1 - Planlagt trasé (Jernbaneverket 2008) .....	11
Figur 2 – Satellittbilde over Gevingåsen (Google Earth 2008) .....	15
Figur 3 - Geologisk kart over Gevingåsen (NGU 1:2000 1985) .....	17
Figur 4 - Angivelse av bergmassekvalitet med 9 klasser .....	20
Figur 5 - Stålkuler som brukes for mekanisk testing av steinmateriale .....	24
Figur 7 - Korrelasjon mellom LA og micro-Deval.....	26
Figur 6 - micro-Deval apparat .....	26
Figur 8 - Kurvediagram basert på Los Angeles – slitasjetest.....	27
Figur 9- Krav til pukkens kornform.....	28
Figur 10 - Fraksjoneringsdiagram for ballastpukk.....	28
Figur 11 - Hvordan bergartene kan forekomme i traséen .....	35
Figur 12 - Diffraktogrammer til konglomerat .....	43
Figur 13 - Diffraktogrammer til gråvakke.....	44
Figur 14 - Diffraktogrammer til leirskifer .....	45
Figur 15 - Kjerneboring for punktlasttest.....	51
Figur 16 - Nedknusing av steinmateriale .....	52
Figur 17 - Sikting av steinmateriale i rette fraksjoner.....	53
Figur 18 - Preparing av steinmateriale for styrketest .....	54
Figur 19 - Opprinnelig steinmateriale fra Gevingåsen .....	55
Figur 20 - Finstoff av Leirskifer etter LA-test .....	56



## **Tabelliste**

Tabell 1 - Klassifisering av enakset trykkfasthet .....	23
Tabell 2 - Resultater fra undersøkelser .....	31
Tabell 3 - Resultater fra XRD-analyse .....	31
Tabell 4 - Kvantifisering av konglomerat .....	43
Tabell 5 - Kvantifisering av gråvakke .....	44
Tabell 6 - Kvantifisering av leirskifer .....	45

## **1. Innledning**

Denne prosjektoppgaven omhandler bruken av utsprengte masser fra den planlagte jernbanetunnelen under Gevingåsen. Detaljprosjekteringen av den 4,4 km lange jernbanetunnelen er under utførelse, og byggestart er planlagt til mars/april 2009. Tunnelen kommer til å krysse under dagens eksisterende E6-tunnel, og kommer også til å ha et tverrslag ut mot Muruvika.

Jernbanetunnelen har vært under planlegging mange år, og det finnes et godt grunnlag med geologiske rapporter både fra dette prosjektet og fra den ferdigstilte vegtunnelen. Når prosjektet er ferdigstilt kommer det til å føre til en betydelig bedring av kapasiteten på Trønderbanen og Nordlandsbanen. Tunnelen er også et ledd av de mange opprustningene som er planlagt på denne jernbanestrekningen.

Jernbaneverket er interessert i å kunne bruke så mye av de utsprengte massene selv, enten som fylling i traubanen, i forsterkningslaget eller som ballastpukk. Det er mye å spare på økonomisk sett å bruke sprengmassene enn å kjøpe pukk fra andre anlegg eller brudd. Ikke minst er det en miljømessig gevinst på å ikke måtte transportere store mengder pukk fra en lokalitet til en annen. Det blir også undersøkt dersom sprengmassene kan brukes til vei foremål. Værnes lufthavn har også signalisert at de kan være interessert i å bruke sprengmassene.

Brukbarheten til bergartene blir i denne prosjektrapporten vurdert. For å oppnå dette har det blitt foretatt litteraturstudier hvor relevant grunnlagsmateriale har blitt gjennomgått. Befaringer til området har også blitt utført, til sammen 4 befaringer i løpet av høsten 2008. Det ble tatt med prøver tilbake til NTNU som ble testet for dets materialtekniske egenskaper i laboratorium. På dette grunnlaget ble sprengsteinens mulige bruksområder diskutert (Nilsen 2008).

## **2. Grunnlagsmateriale**

Diverse grunnlagsmateriale ble gjennomgått i forkant av prosjektrapporten. Rapport fra berggrunnskartlegging av Erik Holtar (1985) ble grundig gjennomgått for å få en best mulig oversikt over de geologiske forekomstene i området. Det samme ble de geologiske beskrivelsene av grunnforholdene i området av O.T. Blindheim (1993). Et grundig geologisk kart over Gevingåsen (NGU 1:2000 1985) ble også studert.

Til hjelp ble også litteratur fra vegtunnelen gjennom Gevingåsen gjennomgått. Det inkluderte rapportene "Teknisk/økonomisk sluttrapport Hell tunnel - Arnstein Mehlum 1996" og "E6 Hommelvik - Hell Gjevingåsen, geologiske undersøkelser for detaljplan" av statens vegvesen. Samt resultater fra analyser av steinen i pukkverket i Muruvika av (vegvesen 2003).

Prosjektstyringsdokument for 960166 Gevingåsen tunnel og Revidert Hovedplan Hommelvik – Hell utgitt av Jernbaneverket ble gjennomgått og er en del av bakgrunn og prosjektbeskrivelsen.

Jernbaneverkets krav til pukk og stein ble studert for å bestemme hvilke krav som må settes til pukken, og dersom bergartene i området er egnet. Disse omfatter: "Underbygning - Regler for prosjektering og bygging - Generelle tekniske krav" og "Underbygning - Regler for prosjektering - Generelle tekniske krav". Samt vegvesenets "Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser" og "Håndbok 018 Vegbygging".

Det ble også foretatt befaringer i området, 4 stykk totalt. Dette ble gjort for å skape et eget inntrykk av geologien i området og for å se om de betraktningene stemmer overens med beskrivelsene i de nevnte rapportene og det geologiske kartet fra NGU.

Det ble foretatt intervju av Roar Nålsund for å få innsikt i hva slags undersøkelser det ville være naturlig å inkludere i prosjektrapporten.

### **3. Bakgrunn og prosjektbeskrivelse**

#### **3.1 Historikk og bakgrunn**

Nordlandsbanen på strekningen mellom Trondheim – Stjørdal er en sterkt trafikkert enkeltsporet bane, og er kapasitetsmessig nesten fullt utnyttet. Flaskehalsen er parsellen Hommelvik – Hell på 8,1 km. Her er dagens kjøretid for togene mellom stasjonene (krysningssporene) ca. det dobbelte av kjøretiden mellom krysningssporene på resten av strekningen (Jernbaneverket 2008).

NSB ble i Norsk Jernbaneplan 1994 – 97 pålagt å arbeide videre med planer for elektrifisering av Nordlandsbanen. Det er i den forbindelse utarbeidet tekniske rapporter for å finne mulig utførelse av og kostnader ved en elektrifisering av eksisterende bane. I samme tidsrom er det også ett på muligheten av å koble en modernisering av Nordlandsbanen opp mot en eventuell elektrifisering. Konklusjonen på arbeidet har vært at det er svært lønnsomt å modernisere banen før en eventuell elektrifisering.

Dagens bane går langs sjøen og har en gjennomgående dårlig horisontalkurvatur, noe som fører til at gjennomsnittshastigheten på denne strekningen er så lav som 73 km/t. Grunnforholdene langs sjøen er relativt kompliserte med bløt og til dels kvikk leire langs det meste av strandsonen. Dagens trasé ligger derfor sikkerhetsmessig utsatt til langs sjøen. Det har gått kvikkleireskred i både Muruvik og Hommelvik, og området mellom Muruvik og Hell er utsatt for steinskred i et vanskelig og bratt fjellparti hvor fjellet går rett ned sjøen (Jernbaneverket 2003).

#### **3.2 Prosjektbeskrivelse**

Prosjektet består av en dagsone på 1190 meter og en tunnel på 4460 meter (se **Figur 1** side 11), noen som innebærer en forkortelse på 1,6 sammenlignet med dagens trasé. Dette innebærer en tidsgevinst på 4,5 minutter for persontog og 3,5 minutter for godstog. Den rene tidsgevinsten på grunn av kortere strekning og høyere hastighet er beregnet til henholdsvis 2,15 minutter og 1,9 minutter, men på grunn av innspart tid muliggjør flytting av kryssinger til krysningsspor som har samtidig innkjør, er den totale tidsbesparelsen større.

Noen korte fakta Gevingåsen tunnel:

- Lengde tunnel: 4,4 kilometer, totalt 5 kilometer ny jernbane.
- Enkeltspor med tverrslag
- Kostnad: 630 millioner kroner
- Byggetid: ca. 3 år



Figur 1 - Planlagt trasé (Jernbaneverket 2008)

Kapasiteten økes på strekningen fra 5,4 tog pr. time til 8 tog pr. time.

Tunnelen skal drives på konvensjonell måte, det vil si med boring og sprengning. Det er lagt opp til å etablere tverrslag i Muruvik slik at tunnelen kan drives tre fronter, én stuff fra Hell og to stuffer fra tverrslaget. Tverrslaget vil også bli benyttet som permanent rømningsveg. Sikring av tunnelen vil i hovedsak foregå med bolter og sprøytebetong (Jernbaneverket 2003).

### 3.3 Hensikt og målsetting

#### 3.3.1 Hensikt

Hensikten med prosjektet er å forbedre jernbanens infrastruktur slik at NSB AS og eventuelt andre framtidige aktører innen persontransport på bane har muligheter til å utvikle et konkurransedyktig lokaltogtilbud i Trøndelag. Lang kjøretid medfører svekket konkurranseevne for toget og hindrer en rasjonell turnering av materiellet. For NSB medfører dette kostbar togproduksjon.

For strekningen mellom Trondheim og Steinkjer vil lokaltogtrafikken være dimensjonerende for baneutbyggingen, mens det sør for Trondheim vil være gods- og fjerntogtrafikken som bestemmer nivået på infrastruktursatsingen. Imidlertid vil utbygging av Gevingåsen tunnel være viktig også for godstrafikken, både på Nordlandsbanen og på Meråkerbanen (Jernbaneverket 2003).

#### 3.3.2 Målsetting

De overordnede mål for norsk samferdselspolitikk i årene fremover vil være å sikre god framkommelighet og mobilitet på en sikker og trygg måte til lavest mulig transportkostnad i alle deler av landet. Samtidig skal hensynet til et godt miljø, distriktsutbygging samt by- og tettstedsutvikling ivaretas. Det skal satses på ny teknologi for å redusere behovet for fysisk transport. Jernbanens kjørevege

bør utvikles for å legge til rette for økt transport av gods på jernbane over lengre strekninger (Jernbaneverket 2003).

For de ulike aktørene beskrives de viktigste argumentene for byggingen av Gevingåsen tunnel er beskrevet nedenfor.

### ***Operatørene***

For operatørene, som i dette tilfellet er NSB, eneste aktør på persontrafikkmarkedet i Trøndelag, er målene med bygging av ny jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell:

- Økt kapasitet på strekningen Hommelvik – Hell
- Mer effektive ruter mellom Trondheim – Stjørdal
- Bedre punktlighet
- Tidsinnsparing
- Linjeforkortning
- Bedre utnyttelse av vognmateriale
- Konsolidere og muligens øke den høye markedsandelen på persontransport på strekningen Trondheim – Innherred
- Konsolidere markedsandelen på persontransport på strekningen Trondheim – Stjørdal
- Gi et konkurransedyktig tilbud for flyplassreisende mellom Trondheim og Værnes

For godstrafikken er det viktig med bedre krysningsmuligheter mellom Stjørdal og Trondheim.

### ***Kundene***

For kundene som reiser med tog på strekningen, vil målene til dels være de samme som for operatørene:

- Lavere pris på persontransport
- Kortere reisetid
- Bedrepunktlighet
- Reduksjon i ulykkesrisiko

- Flere avganger Trondheim – Stjørdal- Steinkjer
- Etablere et effektivt tilbud for flyplassreisende mellom Trondheim og Værnes

### **Samfunnet**

Samfunnet som helhet vil ha følgende mål med jernbanetunnel gjennom Gevingåsen:

- Samfunnsøkonomisk nytte ved utbygging
  - *Bedre miljø:* Økt bruk av jernbanen til fordel for mindre miljøvennlige transportformer som vei/flytransport
  - *Økt sikkerhet:* Økt bruk av jernbanen vil redusere ulykkene på vei. Prosjektet vil også gjøre jernbanetransporten mer sikker med den samfunnsmessige gevinst dette har.
  - *Regional utvikling:* Prosjektet til bidra positivt til den regionale utviklingen i området Steinkjer – Trondheim, og korridoren Trondheim – Bodø.

### **Jernbaneløp**

Jernbaneløpet som tiltakshaver vil ha følgende mål med ny jernbanetunnel gjennom Gevingåsen:

- Ivareta samfunnets krav til avkastning av investeringer
- Bygge en ny jernbanetunnel som ivaretar kundenes krav med hensyn til kvalitet
- Bygge en ny jernbanetunnel som ivaretar bedriftsøkonomiske krav til effektiv og konkurransetilpasset togdrift, med bedre punktlighet og redusert behov for drift og vedlikehold.
- Bygge en ny jernbanetunnel som ivaretar samfunnets krav til bedring av konsekvenser for miljø, samfunn og natur.
- Øke sikkerheten.
  - Erstatte planovergang på Hell med overgangsbru
  - Veitunnel (E6) får flere rømningsveier gjennom felles tverrforbindelser

Andre hensikter som ikke kan plasseres i noen spesielle kategorier:

- Reduserte vedlikeholdskostnader på strekningen på grunn av rasfarlige partier
- Storkonsekvensområde (høy fylling mot sjøen som undergraves)

- Redusert støy for boområdene mellom Hommelvik og Muruvik, fra 80 dB til 55 dB.
- Barriere mot sjøen fjernes mellom Hommelvik og Muruvik.

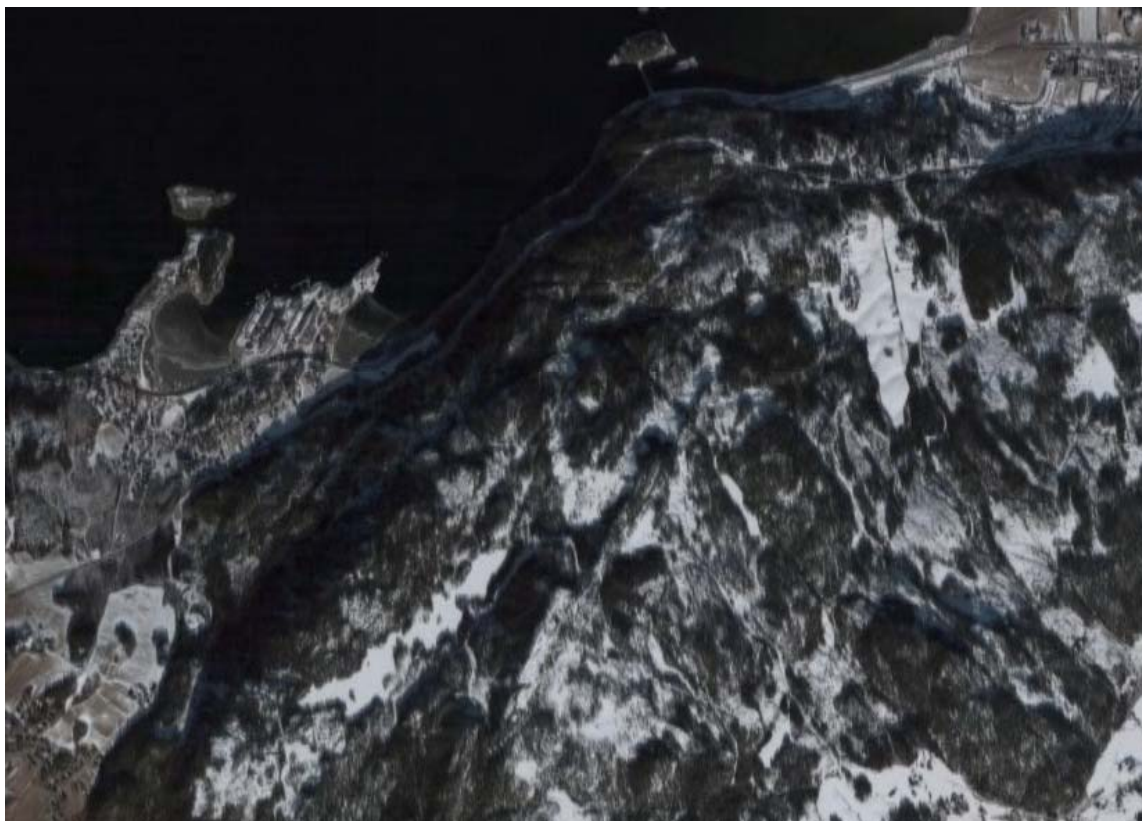
Samfunnsøkonomiske beregninger viser at tunnelen som eget prosjekt gir positiv nytte. Dette er hovedsakelig på grunn av tidsgevinst for passasjerer og gods, og innspart kjørelengde. Dersom prosjektet beregnes med dobbelfrekvens på passasjertogene til Stjørdal (overgang fra timesruter til halvtimesruter) gir dette negativ samfunnsøkonomisk nytte. Beregningsmetoden er slik at prosjektet blir belastet med utgiftene til nytt togmateriell for den økte frekvensen, og dette gir så høyt investeringsbehov at det gir negativ samfunnsøkonomisk nytte (Jernbaneverket 2003).



## **4. Generelt om bergmassene i området**

### **4.1 Området**

Området Gevingåsen er plassert rett sørvest for Værnes og ligger ved grensen til Nord-Trøndelag.



**Figur 2 – Satellittbilde over Gevingåsen (Google Earth 2008)**

Landskapet domineres av en rekke steile forkastningsskrenter med høydeforskjeller på opptil 150 m. Disse deler opp et platå om lag meter over havet i grovt sett fire store blokker som i sin tur er gjennomskåret av søkk og trange kløfter. Topografien er ellers i stor grad bestemt av foredelingen mellom bløte og harde bergarter (Holtar 1985).

Marin grense fra siste isavsmelting er på ca 170 meter over havet. Under dette nivået er det avsatt marine avsetninger som inneholder marin leire, med soner som kan karakteriseres som kvikk. Den marine leire har gitt grunnlag for jordbruk. Over marin grense er det et morenelag av varierende tykkelse. Store deler er dekket av myr. Vegetasjonen ellers er meget frodig på grunn av mye leirskifer og kalkholdige sandsteiner (Holtar 1985).

Området dreneres ved et titalls små bekker. En rekke vann og store myrer har ikke avløp, så det virker opplagt at en stor del av nedbøren infiltreres, mest sannsynligvis via store svakhetssoner (Holtar 1985).

## **4.2 Bergarter**

Gevingåsen tilhører det som kalles for Trondheimsfeltets Kaledonske bergarter, eller dekkekompleks. Disse utgjør et kompleks av foldede skyvedekker. Strukturene har askeplan med nordlig til nordøstlig eller varierende strøk, og foldeakse som heller mot nordvest- nordøst eller sørvest- sørøst (vegvesen 1991). Storparten av bergartene faller innenfor Øvre Hovingruppen (Holtar 1985).

Det er typiske trekk i den kaledonske fjellkjeden at flatliggende skyvesoner opptrer. Disse kan ha utstrekning helt ned til noen titalls meter og er således vanskelige å kartlegge ved overflateobservasjoner. Slike soner kan opptre med sterk forskifring, høyt glimmerinnhold og glatte, bølgede glidestriper (Blindheim 1994).

Bergmassene er deformert av flere generasjoner folding. Bergartene består av lavmetamorfe sedimenter, varierende fra konglomerater via kalkholdige sedimenter til leirskifer (vegvesen 1991). Disse forekommer vekselvis over i hverandre. Det gir gråvakkesandstein med innslag av leirskifer og gråvakkesandstein som er kalkholdig om hverandre. Bergartene er generelt bløte og forekommer som bånd i dagen.

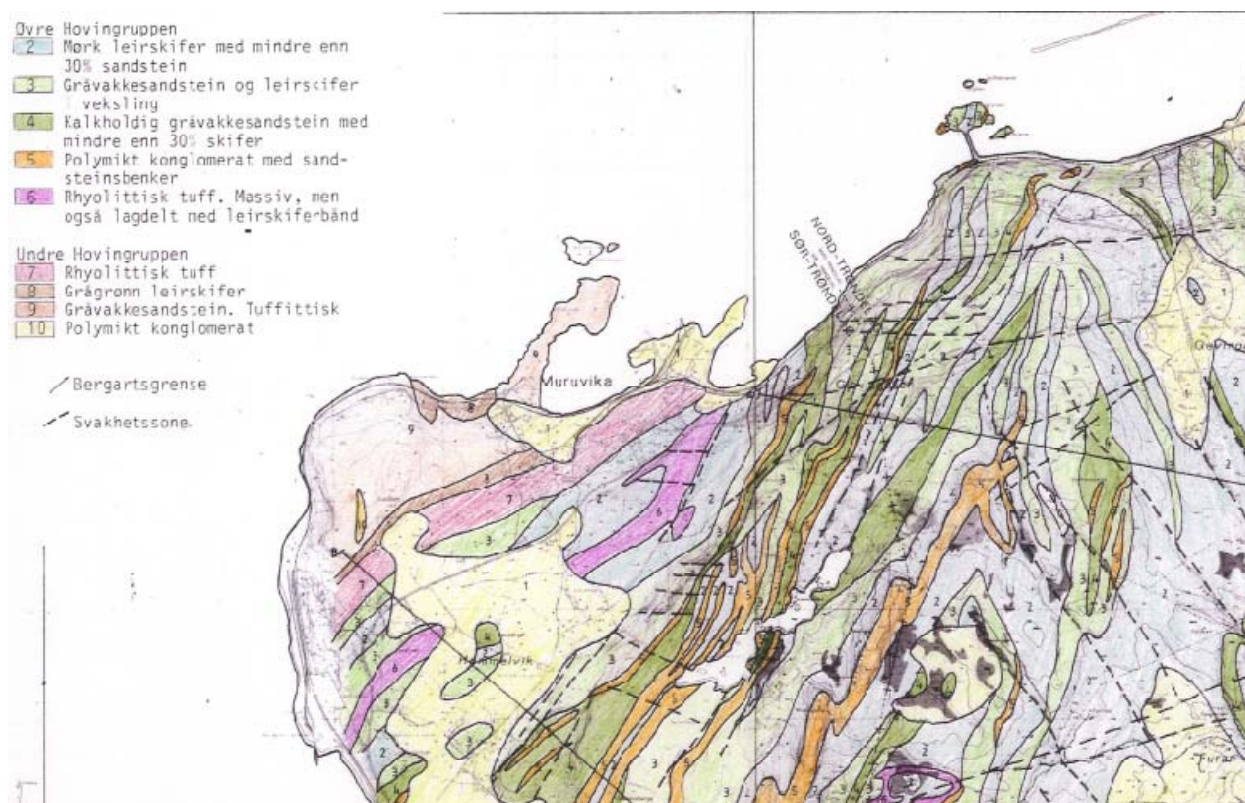
Av NGU karakteriseres bergartene derimot slik; I Gevingåsen området er det 5 fremtredende bergarter i tunneltraseen. Kort oversikt over bergmassene, nummerert i forhold til NGU kart (Figur 3 - Geologisk kart over Gevingåsen (NGU 1:2000 1985)).

2. Mørk leirskifer med mindre enn 30 % sandstein
3. Gråvakkesandstein og leirskifer i veksling
4. Kalkholdig gråvakkestein med mindre enn 30 % skifer
5. Polymikt konglomerat med sandsteinbenker
6. Rhyolittisk tuff. Massiv, men også lagdelt med leirskiferbånd.

Men generelt kan man si at man i Gevingåsen (i tunneltraséen) har 3 fremtredende bergartsgrupper:

- Leirskifer
- Gråvakkesandstein
- Polymikt konglomerat

Rhyolittisk tuff forekommer nesten ikke i det hele tatt, så den har ikke blitt undersøkt i denne prosjektrapporten. Gråvakken, skifer og leirskifer er tre bergartsenheter som gradvis går over i hverandre.



**Figur 3 - Geologisk kart over Gevingåsen (NGU 1:2000 1985)**

### **1. Leirskifer**

Leirskiferen skal ha mer enn 70 % andel av skifer eller mindre enn 30 % andel sandstein i tynne lag. Leirskiferen er blågrå og ganske mørk. Den er ofte sterkt forskifret og tektonisert og viser bare unntaksvis primær lagning. Dette i tillegg til et nokså høyt kalkspatinnhold gjør at skiferen sjelden står opp som rygger i terrenget. Tvert imot er den vanskelig å finne blotninger i det hele tatt. Vanligvis blottes bergarten best når en sterkere bergart ligger over som tak i en skrent.

Allikevel kan skiferen stedvis være nokså hard. Dette gjelder særlig i nærheten av rhyolittisk tuff hvor skiferen ofte er mer kvartsrik (Holtar 1985).

### **2. Gråvakkesandstein**

Gråvake sandsteinen i Gevingåsen kan deles opp i 2 typer; Kalkholdig gråvakkesandstein og gråvakkesandstein med leirskifer. Den glidende overgangen og hyppige forekomsten gjør dem vanskelig å skille fra hverandre. Gråvakkesandsteinen med leirskifer kan også inneholde spredt bollemateriale.

### *Kalkholdig gråvakkesandstein*

Bergarten er relativt hard og massiv med grålig eller grågrønn farge, som forekommer i lag opptil 2 m tykkelse (vegvesen 1991). Den har av og til en løs, hullet forvittringshud som skyldes det høye innholdet av kalkspat. På grunn av kalkspatinnholdet er bergarten særlig utsatt for kjemisk forvitring og danner ikke så tydelige rygger i terrenget. Bergarten er ofte lite utholdende og går gradvis over i konglomerat eller skifer. Bergarten er i midlertidig hard og finnes gjerne i brattvegger og trange kløfter (Holtar 1985; vegvesen 1991).

### *Gråvakkesandstein og leirskifer*

Fellesbetegnelse for en bergart som består av kalkspatholdig gråvakkesandstein og leirskifer i hyppig veksling. Lagtykkelsene er fra 2-5 cm. Bergarten inneholder omtrent like mye sandstein og skifer. Bergarten har ofte stor motstandsdyktighet, og står fram i rygger og koller i terrenget. Bergarten eksponerer foldemønsteret i området meget tydelig (vegvesen 1991).

Denne typen bergart kan som sagt også inneholde spredt bollemateriale. Bollene finnes dog så spredt og usammenhengende at betegnelsen konglomerat ikke kan brukes. Størrelsen på bollene er svært variabel, men ligger i området 2-20 cm. Bergartsenheten har som regel ikke tydelige spor etter primære strukturer, men virker rotete og forskifret. Bergartene i bollene er de samme som i det polymikte konglomeratet (Holtar 1985).

## **3. Polymikt Konglomerat**

Konglomeratet er for det meste matriksbåret. Tetthet og størrelse på bollene varierer mye over korte avstander. Konglomeratet er polymikt (dvs. boller av flere forskjellige bergarter) og matriksebåret (dvs. mer mellommasse enn boller). Bollene er ofte godt rundet med diameter på opptil 0,5 m. Bollestørrelsen varierer i midlertidig svært over korte avstander. De består av materiale fra omliggende sandsteins- og skiferbergarter, samt boller av granitt, kvartsitt, rhyolittisk tuff noe rød jaspis. Grunnmassen varierer fra grov sandstein til leirskifer, og opptrer ofte oppsprukket og forskifret. Det er ikke uvanlig å finne sandsteinslag på over 1 m inne i konglomeratsekvensene. Konglomeratets mektighet er svært varierende, men overstiger sjelden 30 m. Ofte kiler bergarten ut og går over i sandstein og leirskifer (Holtar 1985; vegvesen 1991).

## **4. Rhyolittisk tuff**

Hard grønnlig til blågrønn vulkansk bergart med lys forvittringshud. Bergarten består neste utelukkende av kvarts og feltspat og er massiv og flinktaktig. Enheten varierer i mektighet fra 2 til 50 m. Bergarten kan ha betydelige innslag av tynne skiferbånd og blir stedvis nokså sandsteinaktig. Allikevel er enheten helt særpreget på grunn av hardheten og det høye kvartsinnholdet. Bergarten danner tydelige rygger i terrenget, og kan derfor følges over store avstander på flyfotografier (Holtar 1985). Er dog ikke særlig forekommende i tunneltraséen.

## **5. Utførte undersøkelser**

Siden geologien i området er noe komplekst, har det blitt valgt ut 3 hovedtyper av bergarter som har blitt undersøkt:

- Gråvakkesandstein – med så lite skifer og kalk som mulig
- Mørk leirskifer
- Polymikt konglomerat

Under denne prosjektrapportsarbeidet er følgende undersøkelser utført på bergartene:

### **5.1 Felt**

#### **5.1.1 Feltbefaringer**

Det ble gitt et visuelt inntrykk av området ved hjelp av flere befaring til Gevingåsenområdet. Alt i alt ble det gjennomført 4 feltbefaringer til området. Visuelle observasjoner over tunneltraséen og strøk og fall målinger, henting av steinmateriale og vurdering av Q-verdi er noen av de forholdene som har blitt vurdert under befaringen.

##### **Befaring - 12.09.08**

Det ble foretatt en halv dags spasertur langs traséen med observasjoner rundt påhuggsområdene. Samt fotografering av ulike bergstrukturer, bergarter og måling av strøk og fall. Visuelle observasjoner ble notert så godt det lot seg gjøre.

##### **Befaring - 12.10.08**

Det ble hentet steinmateriale til testing. Grunnet store avstander og tungt materiale ble dette en lang og slitsom befaring. Sporadiske strøk og fall målinger foretatt, samt anslag av tallverdier for parametere som inngår i Q-verdien.

##### **Befaring - 30.10.08**

Enda en befaring for å samle steinmateriale, denne gang i samarbeid med veileder. Ble tatt fotografering og strøk og fall målinger fra de steder hvor materiale ble hentet.

##### **Befaring - 08.11.08**

Kort men effektiv befaring hvor det ble hentet enda mer steinmateriale for testing i laboratoriet.



### 5.1.2 Q – systemet

Q-metoden ble lansert av Barton, Lien & Lunde ved NGI i 1974, og er i utgangspunktet basert på følgende parametre:

1. RQD - oppsprekkingstall
2.  $J_n$  - antall sprekkesett
3.  $J_r$  - sprekkeflatens ruhet
4.  $J_a$  - sprekke materialets styrke
5.  $J_w$  - sprekkevannsmengde og -trykk
6. SRF - bergspenningsfaktor

De enkelte parametre gis tallverdi etter den betydning de antas å ha for stabiliteten som angitt i og den såkalte Q-verdien beregnes etter formelen (Nilsen 2001):

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

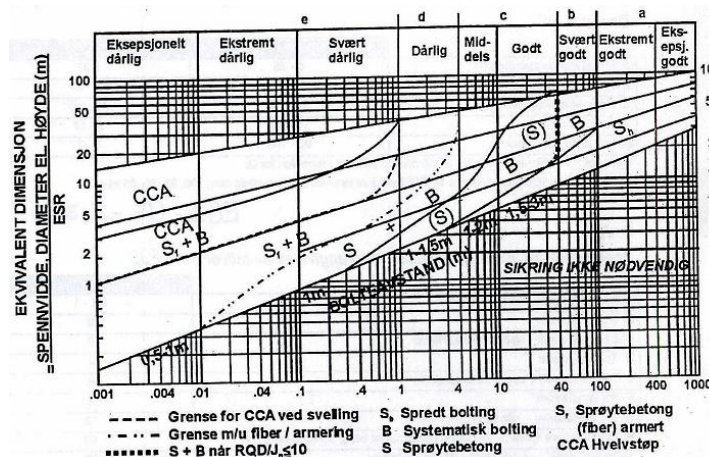
Q-verdien kan variere mellom 0,001 (dårligste kvalitet) til 1000 (beste kvalitet). Den laveste verdien vil tilsvare en nærmest jordaktig bergart, mens den høyeste verdien tilsvarer et sterkt, sprekkefritt massiv (Myrvang 2001). For angivelse av bergmassekvalitet er det innført 9 ulike klasser med tilhørende betegnelser.

Q-verdien har to hovedbruksområder:

- Ren klassifisering av bergmassekvalitet
- Anvendelse som hjelpemiddel ved valg av sikringstiltak

For det førstnevnte bruksområdet er det liten uenighet om at generelle klassifiseringssystemer som RMR- (Rock Mass Rating) og Q-systemet er nyttige hjelpemiddel.

Q-verdien blir i denne prosjektrapporten brukt for dets anvendelse i det første bruksområdet.



Figur 4 - Angivelse av bergmassekvalitet med 9 klasser

## **5.2 Laboratorieundersøkelser**

### **5.2.1 Punktlast**

Punktlasttesten er en indirekte metode for å finne frem til strekkfastheten. Spesielt formede trykkklaster induserer strekkspenninger på ønskede steder i et prøvestykke. Direkte strekkforsøk på bergarter formet som sylindere eller prismer har vist seg å gi upålitelige resultater.

Punktlasttesten er en styrkeparameter som er fremkommet ved at et stykke av en bergart, som kan være en utboret kjerne, en tilsaget terning eller et uregulært håndstykke, påføres to punktformede laster. De sentrale deler av prøvestykket utsettes derved for strekkspenninger, og ved brudd gir testen således en indikasjon på bergartens strekkstyrke, ofte kalt den induserte strekkstyrke.

Bestemmelse av strekkfasthet ved indirekte metoder som punktlasttester kan brukes i generell klassifisering av fjellets mekanisk egenskaper som ved logging av borkjerner fra diamantborhull (Broch 1971).

For en rekke tekniske formål som for eksempel utvinning og anvendelse er bergartens bruddegenskaper avgjørende, og metoden vil kunne fortelle noe om de resultater en kan vente ved forskjellige typer arbeider i berggrunnsmaterialer. Det inngår derfor i en vurdering av fjellets sprengbarhetsegenskaper, og kan også gi en indikasjon på borbarhetsegenskapene til bergarter med lav anisotropi. En kan også vurdere å rangere prøvematerialets mekaniske styrke for bruk til tilsag i byggeråstoffer.

Punktlasten i sin nåværende form ble først beskrevet av Broch og Frankling i 1972. Senere forskning har bidratt til en stadig bedre forståelse av testen og har blant annet ført til mye enklere, mer direkte korreksjonsprosedyrer for prøvestykkenes størrelse og form. Denne laboratorieprosedyren bygger på den reviderte standarden som ble foreslått i 1985 av en arbeidsgruppe under International Society for Rock Mechanics Commission on Testing Methods (ISRM) (Bjørn Nilsen 2007). Denne standarden er det punktlasttestene for denne prosjektrapporten bygger på.

Bruddlasten  $P$ , leses av med en slepeviser på et manometer, mens avstanden mellom de punktformede lastene,  $D$ , leses av på en millimeterskala. Testen er enkel og hurtig å gjennomføre, slik at lange testserier med rimelig arbeide kan gjennomføres. Dette muliggjør statistisk behandling av resultatene, noe av det som er vesentlig betydning når så kompliserte materialer som bergarter skal vurderes. Bergarters styrkeanisotropiforhold kan med punktlasttesten måles med et lite forbruk av prøvemateriale. Enklest gjøres dette ved at bergartskjerner, som fortrinnsvis bør bores normalt på bergartens struktur (foliasjon), først testes ved at lasten påføres diametralt på kjernen. Dernest kan de avklippede kjernebiter belastes aksialt, og styrken i to retninger normalt på hverandre er funnet. Som ved alle styrketester for bergarter påvirkes og resultatene fra punktlasttesten av forsøksbetingelsene, prøvestykkets størrelse og dets form. En har derfor valgt å definere den såkalte punktlaststyrkeindeks som:

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

Spenningsberegninger kombinert med eksperimentelle analyser viser at for en sylinder er den enaksete strekkstyrke (Neeb 1992) tilnærmet lik punktlastindeksen:

$$I_s \approx \sigma_t = K \cdot \frac{P}{D^2}$$

hvor K = avhengig av diameter og form av prøvestykket. Settes gjerne lik 1 ved normale borkjernediametere  
D = avstanden mellom punktlastene, eller sylinderdiameteren

(Myrvang 2001).

For strekkfastheten viser resultater fra mange tester foretatt av bergmekanikklaboratoriet viser at:

$$\sigma_t = 10 \cdot I_s$$

Strekkfastheten eller punktlaststyrken vil være avhengig av vanninnholdet. Variasjonsområdet vil for norske bergarter være fra nær 0 til ca. 250 kp/cm<sup>2</sup> (25 MN/m<sup>2</sup>). Hver enkelt bergartstype kan ha en bred variasjon i styrke. Reproduserbarheten for forsøksresultatene er sterkt avhengig av antall parallelle forsøk. Standardavviket for enkelte bergarter kan være ±2 – 5 %, men vanligvis vil spredningen være større. Grovkornige bergarter og bergarter med foldestrukturer vil naturlig gi de største spredninger (Neeb 1992).

Punktlasttestene for denne prosjektrapporten ble gjort diametralt av en laboratoriepresse.

Fremgangsmåte

1. Borkjernens diameter måles med skyvelær.
2. Prøvestykket anbringes mellom belastningskonusene med den ønskede orientering i forhold til bergartsstrukturen. For bestemmelse av strekkfastheten parallelt en lagdeling, orienteres prøvestykkene med lastretningen vinkelrett på lagene. For bestemmelse av strekkfastheten normalt på lagdelingen, skal lagene stå parallelt lastretningen. Borkjerner belastes diametralt eller aksialt; uregelmessige prøvestykker langs korteste akse.
3. Lasten påføres jevnest mulig med en pålastningshastighet som gir en spenningsøkning på ca. 10 – 50 MPa pr. min. Brudd skal skje innenfor 10 – 60 s.
4. Slepevisermanometeret avleses ved brudd.



### Vurdering

Nedenfor følger en klassifisering av enakset trykkfasthet (Myrvang 2001).

**Tabell 1 - Klassifisering av enakset trykkfasthet**

Betegnelse/klasse	Enakset trykkfasthet $\sigma_c$ MPa
Meget høy styrke	> 250
Høy styrke	150 – 250
Middels styrke	75 – 150
Lav styrke	26 – 75
Meget lav styrke	< 25

Punktlaststyrken ( $\approx$  strekkfastheten  $\sigma_t$ ) er av avhengig av vanninnholdet (Broch, 1974). Variasjonen for norske bergarter er fra nær 0 til 25 MPa, og hver bergartstype kan ha bred variasjon i styrke (Bjørn Nilsen 2007).

### 5.2.3 Densitet

Densitet,  $\delta_s$ , er den masse et bestemt volum av et materiale har i fri luft ved en bestemt temperatur i forhold til massen i luften av destillert vann med samme volum og temperatur. Materialets densitet inngår som en del av undersøkelsen i forbindelse med for eksempel flisighet og sprøhetsanalyse (Neeb 1992).

$$\text{Tørr densitet } \rho_d = \frac{m_0}{V}$$

### 5.2.4 Røntgendiffraksjonsanalyse (XRD)

Røntgendiffraksjon er et nyttig virkemiddel for å bestemme mineralinnholdet i en jordart eller bergart. Jordarten/bergarten knuses og prepareres for å så analyseres i røntgendiffraktometer. Når mineralene i prøven utsettes for røntgenstråler, vil strålene brytes og refleksjonene registreres. Hvert mineral har sin egen type refleksjon, som er bestemt ut i fra mineralets krystallgitterstruktur. Det finnes tabeller som viser hvert enkelt minerals d-verdi. Relasjonen mellom refleksjonsvinkel ( $2\theta$ ) og d-verdien finnes i Braggs lov (Neeb 1992);

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad \text{hvor} \quad \begin{aligned} n &= \text{en tallkonstant} \\ \lambda &= \text{bølglengde på kopperrør i instrument} \\ d &= \text{gitt avstand} \\ \theta &= \text{vinkel for samlet refleksjon} \end{aligned}$$

I tillegg til å bestemme identifisere mineraler kan XRD brukes til å kvantifisere mineralinnholdet i en prøve. Metoden er semikvantitativ, og mineralinnholdet bestemmes ved å multiplisere lengden av mineralets hovedrefleks med halvverdibredden og en mineralfaktor. Mineralenes orientering, finkornighet og lignende kan være et problem ved tolking. Samt at mineralogiske tolkinger ved bruk av røntgendiffraksjonsanalyse gir bare hovedmineraler, det vil si mineraler med en høyere representering enn 5 % (Neeb 1992). Eksempler på hovedmineraler er; kvarts, feltspat, glimmer, amfibol og kloritt.

### 5.2.5 Motstand mot nedknusing (Los Angeles-metoden)

Los Angeles er en metode for mekanisk testing av steinmaterialer har stor internasjonal utbredelse. Steinmaterialenes mekaniske styrke er viktig når materialene skal benyttes til veg- og jernbanebyggingsformål (Neeb 1992). Metoden går ut på å bestemme et tilslags motstandsevne mot nedknusing ved at tilslag tromles tørt med stålkuler. Prøven utsettes da både for slagpåkjenninger og slitasje. Vekttapet forteller om materialets motstandsevne mot nedknusing. Referansemetoden gjelder fraksjonen 10 - 14 mm, men også andre graderinger kan undersøkes (Vegvesen 2005). For testing av materiale for bruk i



Figur 5 - Stålkuler som brukes for mekanisk testing av steinmateriale

jernbane brukes fraksjonen 31,5 - 50 mm.

Prinsippet i testen er å simulere den påkjenning et tilslag utsettes for i en veg/under en jernbane. En prøves Los Angeles-verdi er dens prosent gjennomgang på 1,6 mm-sikten etter tromlingen (Vegvesen 2005). Dette gjennomføres av det finstoffet som dannes etter at trommelen har rotert 500 ganger.

Av utstyr til testen brukes en Los Angeles-maskin i henhold til beskrivelsen i NS-EN1097-2. Motoren i apparatet roterer med en hastighet mellom 31 og 33 omdr./min. I maskinen brukes det stålkuler med diameter mellom 45 med mer og 49 mm, hvor hver enkelt veier mellom 400 g og 445 g. Sikter til referansegradering 10-14 mm skal være: 1,6 mm, 10 mm, 12,5 mm, og 14 mm. For grovpukk i referansegradering 31,5-50 mm skal siktene være: 1,6 mm, 31,5 mm, 40 mm, og 50 mm.

For undersøkelsene i samband med denne prosjektrapporten er følgende mengder steinmateriale satt av til Los Angeles-testing:

- $LA_{vei}$  5kg med 10-14 mm materiale.
- $LA_{bane}$  10kg med 31,5-50 mm materiale.

(Nålsund 2008)

Hver fraksjon blir vasket for seg selv og tørket ved  $(110 \pm 5)^\circ$  til konstant masse, og kjøles ned til romtemperatur.

Los Angeles-verdien beregnes slik for referansegraderingen 10- 14 mm:

$$LA = \frac{(5000 - m)}{50}$$

og slik for grovpukk 31,5-50 mm:  $LA_{GP} = \frac{(10000-m)}{100}$

hvor m = masse i hele gram av materialet større enn 1,6 mm.

(Vegvesen 2005)

### 5.2.6 Slitasjemotstand (Micro Deval)

For jernbanepukk stilles det også krav til motstand mot slitasje, som måles ved hjelp av en egen variant av micro-Deval testen. Denne testen ligner mye på den nordiske kulemøllen som er tillatt brukt for vegbyggingsmaterialer. For jernbanepukk er det ikke mulig å bruke kulemølle (Hoff 2007). Siktene til referansegradering 31,5 – 50,0 mm og 10 – 14 mm er de samme som i Los Angeles-metoden.

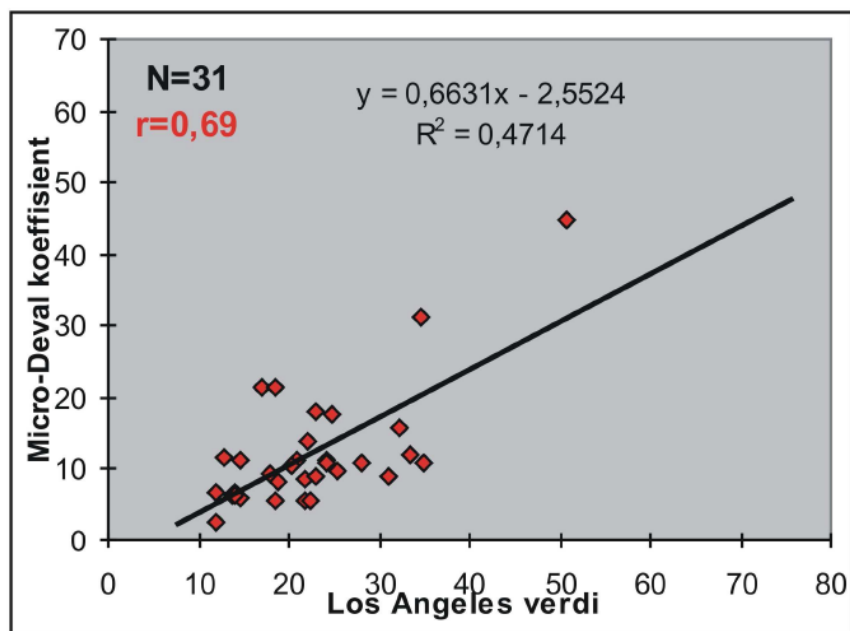


Figur 6 - micro-Deval apparat

For undersøkelsene i samband med denne prosjektrapporten er følgende mengder steinmateriale satt av til micro-Deval testing:

- $MD_{vei}$  krever 2x0,5kg med 10-14mm materiale, til sammen 1,0kg (2 paralleller).
- $MD_{bane}$  krever 2x10kg med 31,5-50mm materiale, til sammen 20kg (2 paralleller).

(Nålsund 2008)



Figur 7 - Korrelasjon mellom LA og micro-Deval

## 6. Krav fra potensielle brukere

### 7.1 Jernbaneverket

Bergartenes brukbarhet i jernbaneutbygging er avhengig av hvor i konstruksjonen de brukes. Størst krav stilles til materialer som skal brukes til ballast. I forsterknings- og frostsikringslaget kan derimot de fleste norske bergarter brukes. Fyllitt, leirskifer og alunskifer er imidlertid eksempler på bergarter som ikke bør benyttes. Kalkstein, glimmerskifer og grønnskifer må vurderes spesielt (Jernbaneverket 2006).

De fleste bergarter kan også benyttes til fylling under traubunn, men bergarter som er sterkt skifrige, forvitret og/eller har høyt glimmerinnhold skal vurderes spesielt. Egnetheten av slike bergarter skal bestemmes ut fra en samlet vurdering av graden av skifrighet, forvitring og glimmerinnhold opp mot fyllingshøyde, fyllingsskråning, krav til egenstabilitet, permeabilitet og setninger (Jernbaneverket 2006).

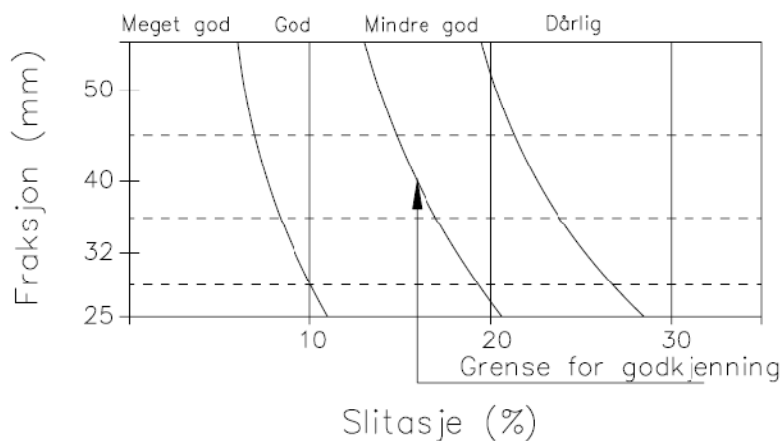
#### 7.1.2 Ballast

For pukke som brukes i ballasten stilles det krav til pukkens slitestyrke, kornform, fraksjonering og finstoffinnhold.

Kravene til materialeegenskaper er delt inn i tre grupper: Geometriske, fysiske og kjemiske krav. De kjemiske vil ikke bli tatt opp til vurdering i denne prosjektrapporten. Det er jernbaneverket som bestemmer om pukken kan brukes ut fra kunnskap om hva som er naturlige bakgrunnsverdier langs jernbanesporet i det aktuelle området (Hoff 2007).

#### *Slitestyrke (Los Angeles)*

Bergarter til produksjon av ballastpukke skal minst ha god slitestyrke (jf. Kurvediagram i Figur 8) basert på Los Angeles-test i henhold til Jernbaneverkets prosedyre (Jernbaneverket 2006).

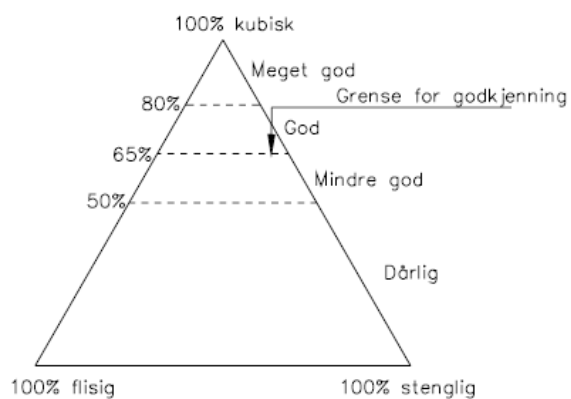


Figur 8 - Kurvediagram basert på Los Angeles – slitasjetest

Kravet etter Jernbaneverkets standard er  $LA_{j\text{bv}} < 17$  (Hoff 2007) og  $MD_{j\text{bv}} < 15$  (Nålsund 2008).

### *Kornform*

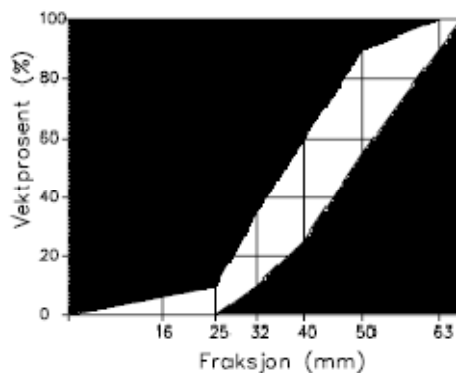
Ballastpukken skal ha minst ha god kornform (jf. Figur 9). Dette tilsvarer at minst 65 % av kornene skal ha kubisk kornform. Kornene regnes som flisig når bredden  $> 2 \times$  tykkelsen. Kornene regnes som stenglig når lengden er  $> 2 \times$  bredden (Hoff 2007).



**Figur 9- Krav til pukkens kornform**

### *Fraksjonering*

Ballastpukkens kornkurve skal ligge innenfor definert område i henhold med fraksjoneringsdiagram vist i Figur 10. Ballastpukkens fraksjonering skal være 25 – 63 mm, målt på firkantsikt.



**Figur 10 - Fraksjoneringsdiagram for ballastpukk**

Toleransekravene er:

- Jevn kornfordeling
- Innhold av materiale over 63 mm: maks. 10 vekt-%
- Innhold av materiale under 25 mm: maks. 10 vekt-%
- Maksimal tillatt steinstørrelse: 73 mm

Pukken skal for øvrig være fri for jord og vekstrester og andre kvalitetsforringende bestanddeler (Jernbaneverket 2006).

### *Finstoffinnhold*

Innhold av materiale < 1,6 mm skal maks. være 0,5 vektprosent, målt ved tørrsikting (Jernbaneverket 2006).

### **7.1.3 Forsterkningslag**

I forsterkningslaget kan som nevnt i starten av kapitlet de fleste norske bergarter anvendes. Men det stilles spesielle krav til svake og ufordelaktige bergarter som er sterkt skifrige, forvitret og/eller har høyt glimmerinnhold skal vurderes spesielt. Egnetheten av slike bergarter skal bestemmes ut fra en samlet vurdering av graden av skifrighet, forvitring og glimmerinnhold opp mot fyllingshøyde, fyllingsskråning, krav til egenstabilitet, permeabilitet og setninger (Jernbaneverket 2006). I forsterkningslaget kreves det at bergarten har en micro-Deval verdi bedre enn 15 og enn Los Angeles-verdi lavere enn 24 (Nålsund 2008).

## **7.2 Statens vegvesen**

### **7.2.1 Grusdekke**

Et grusdekke består av mekanisk stabilisert grus (knust fjell eller knust grus). Grusdekke skal ikke brukes for hovedveger. Unntaket er midlertidig veg i anleggsfasen. Tykkelsen på grusdekker bør være minst 50 mm. Man bør påse at det er liten fare for at dekket blir vasket bort, eller bløtes for sterkt opp.

Materialet skal ha en korngradering slik at det er stabilt og tett. Materialer av knust fjell har vanligvis bedre stabilitet enn materialer av knust grus.

For å oppnå god slitestyrke bør grovfraksjonen bestå av en hard og seig bergart slik at nedknusingen blir minst mulig. Materialet skal ha en Los Angeles-verdi  $\leq 35$  og flisighetsindeks  $\leq 30$ . Dersom det samlede innhold av glimmer er større enn 12 %, bør materialets egenhet vurderes spesielt (vegvesen 2005).

### **7.2.2 Asfaltdekker**

Asfaltdekker består av steinmaterialer og råoljebasert bindemiddel. Steinmaterialene skal bestå av forvitringsbestandige bergarter og skal ha mindre enn 0,5 % magnetkis. Det stilles krav til bergartenes mekaniske egenskaper avhengig av trafikkbelastningen og hvor i konstruksjonen materialene skal anvendes. Steinmaterialet skal være tilnærmet fritt for humus. Materialet skal ha en Los Angeles-verdi  $\leq 35$  og flisighetsindeks  $\leq 30$  (vegvesen 2005).

## **7. Resultater**

### **Visuell vurdering av steinmaterialet**

#### **Konglomerat**

Massivt berg med grad av overflateoksidasjon (Vedlegg 3).

#### **Gråvakke**

Hyppige overganger fra skifrige til kalkholdige innslag (Vedlegg 1 ).

#### **Leirskifer**

Stor grad av forvitring i overflaten med overganger til jordaktig substans. Svært skifrig (Vedlegg 2).



**Tabell 2 - Resultater fra undersøkelser**

<b>Undersøkelse</b>	<b>Konglomerat</b>	<b>Gråvakke</b>	<b>Leirskifer</b>
Q-verdi	4,4	6,67	0,31
Strekfasthet, MPa	10	4	3
Trykkfasthet, MPa	176	63	47
Densitet, g/cm <sup>3</sup>	2,69	2,78	2,75
Los Angeles 31,5 - 50,0 mm, %	22,2	20,9	33,2
Micro-Deval 31,5 - 50,0 mm, %	11,2	9,6	26
Micro-Deval 10 - 14 mm, %	15	28	34

**Tabell 3 - Resultater fra XRD-analyse**

<b>Kvantifisering, %</b>	<b>Konglomerat</b>	<b>Gråvakke</b>	<b>Leirskifer</b>
Kvarts	12	22	22
Plagioklas	56	64	32
Glimmer	1	8	8
Kloritt	9	5	11
Kalsitt	21	-	26
Pyritt	-	1	1

## **8. Vurderinger**

### **Visuell vurdering**

Konglomeratet kommer best ut. Selv om overflaten viser tegn til oksidasjon og det er en grad av forvitring så er bergarten massiv og når den knuses ned så viser den færre tegn til forvitring. Gråvakkesandsteinen er vanskelig å vurdere visuelt, da den har hyppige overganger fra skifrige til kalkholdige innslag. Men i sin rene form ser den kompetent ut. Leirskiferen kommer helt klart dårligst ut da den viser sterk grad av skifrighet og forvitring. På noen lokaliteter er skiferen så sterkt forvitret at den viser tegn til å gå over til jord.

### **Q-verdi**

Resultatene av Q-verdi analysene ga verdier på henholdsvis 4,4, 6,67 og 0,31 for konglomeratet, gråvakken og leirskiferen. Leirskiferen blir da klassifisert som svært dårlig, konglomeratet og gråvakken som middels. Ikke uforventet ga leirskiferen dårligst resultat. Noe som korrelerer godt med det visuelle inntrykket som ble gitt av leirskiferen i feltet. Sterk skifrig med overganger til jord. Noe overraskende at gråvakken ga et bedre resultat enn konglomeratet. Visuelt sett virket konglomeratet som en mer kompetent bergart enn gråvakken. Men parametrene som er valgt for bestemmelse av Q-verdien er basert på skjønn og ikke eksakt vitenskap. Dermed kan gråvakken gitt et bedre resultat enn konglomeratet selv om det ikke trenger å være tilfellet. Det kan også tenkes at den lokaliteten hvor gråvakken ble vurdert var mye mer kompetent enn andre lokaliteter. En feilkilde kan være at hver bergart bare ble vurdert på en lokalitet og ikke flere. Se vedlegg IV resultater fra Q-verdi analyser for de ulike parametrene.

### **Punktlasttest**

Igjen kom leirskiferen dårligst ut på punktlasttesten. Leirskiferen viste en strekkfasthet på 3 MPa, noe som er i det lavere sjiktet av det som er vanlig hos norske bergarter (0 – 25 MPa). Samt en trykkfasthet på 47 MPa. Noe som etter "Tabell 1 - Klassifisering av enakset trykkfasthet" gir bergarten betegnelsen lav styrke. Dette er i samsvar med forventede resultat, men prøven ble testet parallelt med lagdelingen, noe som kan ha påvirket resultatet i negativ retning. Gråvakken ga følgende resultater; strekkfasthet 4 MPa og trykkfasthet 63 MPa. Dette plasserer gråvakken i samme styrkeklasse som leirskiferen. I det nedre sjiktet av norske bergarter gitt av strekkfastheten og lav styrke gitt av trykkfastheten. Konglomeratet ga de beste resultatene i punktlasttesten. 10 MPa i strekkfasthet plasserer konglomeratet ved det midtre sjiktet av norske bergarter, og 176 MPa i trykkfasthet er en betydelig styrkeforskjell i forhold til leirskifer og gråvakke. Konglomeratet blir etter tabell 1 klassifisert som en bergart av høy styrke. Konglomeratet inneholdt en stor bolle med granitt som kan ha påvirket resultatet i en retning som ga bergarten høyere verdier enn hva som kanskje ville være forventet. Se vedlegg I resultater fra punktlasttest for mer nøyaktige resultat.

### Densitet

Resultatene for densitet er sannsynlige, men det er mulig at undertegnede manglende erfaring og uvitenhet kan påvirket resultatene slik at noen bergarter har høyere/lavere verdi enn hva det burde ha. Sammenligning mellom resultatet for gråvakke i denne rapporten ( $2,78 \text{ g/cm}^3$ ) og mellom resultatene i en masteroppgave fra 2007 ( $2,74 \text{ g/cm}^3$ ) viser at resultatet antakeligvis representerer de faktiske forhold (Sævik 2007). Se vedlegg III for resultatene fra densitetsanalysen.

### XRD-analyse

Resultatene fra røntgendiffraksjonsanalysen viser at alle tre bergarter har et overveiende innhold av plagioklas. Spesielt gråvakke som har hele 62 % plagioklas. Leirskifer og gråvakke har et glimmerinnhold på 8 %, noe som er under grensen til vegvesenet men som fortsatt kan virke forringende. Dette i motsetning til konglomerat som har et glimmerinnhold på 1 %. Konglomeratet og leirskiferen viste også et betydelig innhold av kalsitt. Leirskifer og gråvakke hadde i motsetning til konglomeratet et 1 % - innhold av pyritt. Se vedlegg II for resultatene røntgendiffraksjonsanalysen for grafer og mer spesifikke tabeller.

### Los Angeles-verdi

De ble gjort Los Angeles-analyser i fraksjonen 31,5 – 50,0 mm som er standarden for ballastpukk. Resultatene for gråvakke og konglomeratet var rundt 20-tallet, mens leirskifer hadde en Los Angeles-verdi på 33 %. Dette vil si at ingen av bergartene tilfredsstiller jernbaneverkets krav for ballastpull ( $LA_{jbv} > 17$ ), men gråvakken og konglomeratet er under grensen for forsterkningslaget på mindre enn 24 i LA-verdi. Leirskiferen viser seg å være ubrukelig. Det knyttes dog stor usikkerhet til resultatene da det testede materialet var overflatemateriale som således hadde blitt utsatt for en grad av forvitring. Dette forringer resultatene i negativ forstand.

Grunnet manglende steinmateriale ble det ikke mulig å foreta undersøkelser i fraksjonen 10 – 14 mm. Dermed har det ikke vært mulig å foreta en fullgod vurdering av materialets brukbarhet i vegdekker.

Se vedlegg VII for å se skjemaene fra undersøkelsene av Los Angeles-verdien.

### Micro-Deval

Det ble foretatt micro-Deval analyser i både 31,5 – 50,0 mm og 10 – 14 mm fraksjonen for respektive jernbaneverkets og vegvesenets krav. For fraksjonen 31,5 – 50,0 mm er det atter en gang gråvakken og konglomeratet som tilfredsstiller jernbaneverkets krav for forsterkningslag, mens leirskiferen igjen har en alt for høy verdi – hele 26. For ballastpukk har jernbaneverket satt grensen til 15 for micro-Deval. Både gråvakke og konglomerat tilfredsstiller dette kravet, og kan derfor ut i fra resultatet til micro-Deval undersøkelsen brukes som ballastpukk.

I fraksjonen 10 – 14 mm har konglomeratet best resultat med 15, etterfulgt av gråvakke etter stykke bak med 28, og til slutt leirskifer med 34 i micro-Deval verdi. Dersom vi bruker korrelasjonsdiagrammet

mellom Los Angeles-verdi og micro-Deval verdi i Figur 7, kan vi se en omtrentlig verdi for  $LA_{10-14}$ . Leser vi av verdiene har vil vi få LA-verdier på omtrent 25, 45 og 52 for respektive konglomerat, gråvakke og leirskifer. Dersom man tar utgangspunkt i dette er det bare konglomeratet som tilfredsstiller vegvesenets krav. Gråvakken og leirskiferen har alt for høye verdier. Igjen må knyttes stor usikkerhet til steinmaterialets beskaffenhet og korrelasjonsdiagrammets nøyaktighet.

Se vedlegg VIII for å se skjemaene fra undersøkelsene av micro-Deval verdien.

## 9. Konklusjon

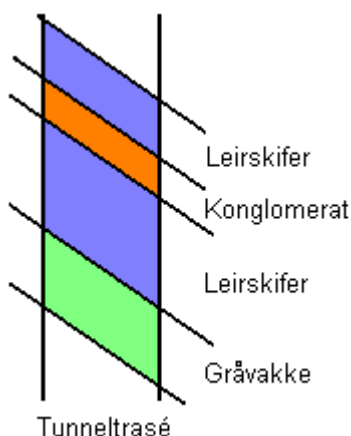
På grunnlag av de foretatte undersøkelsene så kan vi rangere bergartene slik:

1. Polymikt konglomerat
2. Gråvakkesandstein
3. Leirskifer

Ut i fra denne rangeringen kan vi se at konglomerat er den bergarten som egner seg best av de utsprenge massene. Dessverre er ikke dette den mest forekommende bergarten, det er heller den som forekommer minst gjennom tunneltraséen. Mørk leirskifer og gråvakkesandstein i veksling med leirskifer er dominerende i området, noe som er svært ugunstig.

Konglomeratet og gråvakken kan brukes i forsterkningslag samt til fylling under traubunn, men det knyttes usikkerhet til om noen av de to bergartene kan brukes som ballastpukk. Dette ettersom de tilfredsstiller jernbaneløpets krav for micro-Deval, men ikke for Los Angeles-verdi. Ut i fra resultatene er det kun konglomeratet som kan brukes i vei. Leirskiferen bør unngås, da den ikke tilfredsstiller noen krav og er alt annet enn en egnet bergart.

Problemet med Gevingåsen området er at bergartene forekommer i hyppige vekslinger og går over i hverandre. I tunneltraséen vil de forekomme som små bånd som gjerne krysser tunnelen i ugunstige vinkler. Dette vanskeliggjør arbeidet med å skille ut det gode materialet fra det dårlige, og det er i overvekt dårlig fjell i området. Man risikerer å få svært dårlig fjell blandet med det lille som er godt nok, noe som vil forringe kvaliteten.



**Figur 11 - Hvordan bergartene kan forekomme i traséen**

Det anbefales at det blir tatt prøver av tunnelmassen under driving for å få nøyaktige resultater av fjellet i tunneltraséen.

## **Feilkilder**

Feilkildene i denne prosjektrapporten er mange, og må derfor gjennomgå i et kapittel for seg selv. Den viktigste feilkilden er at det bare er testet overflatestein. I normale fall ville man ha tastet "fersk" stein og ikke stein som har blitt utsatt for forvitring. Denne faktoren er viktig å ta hensyn til når man analyserer resultatene. Resultatene er dermed ikke optimale, men i grove trekk viser de hvor gode bergartene er relativt til hverandre. Videre er det slik at gråvakken er mer sammensatt enn bare den ene typen som har blitt testet. Vi har gråvakkesandstein (som ble testet), kalkholdig gråvakkesandstein og gråvakkesandstein og skifer i veksling. Dersom alle 3 varianter hadde blitt testet så hadde det muligens blitt en liten spredning i resultatene, de spesielt i den typen med innslag av skifer, som nest sannsynlig vil ha hatt en negativ innvirkning på resultatet. Men i grove trekk vil gråvakkesandsteinen være representabel for alle 3 varianter. Grunnen til at det ble kuttet ned er at det ikke var fysisk mulig for en student å hente så mye materiale fra Gevingåsen gitt de fysiske forutsetningene. Selv med 3 bergarter måtte flere undersøkelser kuttes ut for at det rett og slett kuttes ut grunnet manglende materiale. Det er lett å gløkke at når stein knuses ned og skal veies opp i de rette fraksjonene så forsvinner lett mange kilogram i prosessen.

Utelatte undersøkelser er også en stor feilkilde. Som nevnt over kunne ikke bergartene testes for Los Angeles-verdi i fraksjonen 10 – 14 mm fordi undertegnede gjekk tom for materiale. Videre har ikke finstoffinnholdet, kornformen og fraksjoneringen blitt registrert i henhold til jernbaneverkets retningslinjer.

## **Referanser**

Bjørn Nilsen, K. R., Torill Sørlokk (2007). Geologiske laboratorieundersøkelser. Trondheim, NTNU Institutt for geologi og bergteknikk.

Blindheim, O. T. (1994). *Hovedplan Hell - Hommelvik tunnel Gjevingåsen. Ingeniørgeologisk, geoteknisk og anleggsteknisk vurderin*, NSB Bane region Nord: 17.

Hoff, I. (2007). *Krav til jernbaneballast i henhold til NS-EN 13450*. Trondheim, SINTEF: 16.

Holtar, E. (1985). *Rapport fra bergrunnskartlegging i Gjevingåsen for Nord-Trøndelag vegkontor*, Norges geologiske undersøkelse: 13.

Jernbaneverket (2003). *Hovedplan Hommelvik - Hell. Revidert hovedplan, Gjevingåsen tunnel, Nordlandsbanen*: 313.

Jernbaneverket (2006). *Underbygning - Regler for prosjektering - Generelle tekniske krav. Kap 3. Pukk*, Jernbaneverket: 1.

Jernbaneverket (2006). *Underbygning - Regler for prosjektering og bygging - Generelle tekniske krav. Kap. 2 Berg og jordarter*, Jernbaneverket: 1.

Jernbaneverket (2008). *Prosjektstyringsdokument for 960166 Gjevingåsen tunnel*, Jernbaneverket: 62.

Myrvang, A. (2001). Bergmekanikk. Trondheim, NTNU.

Neeb, P.-R. (1992). Byggeråstoffer. Trondheim, Tapir.

Nilsen, B. (2008). Personlige samtaler.

Nilsen, E. B. B. (2001). Ingeniørgeologi - berg, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU.

Nålsund, R. (2008). Personlige samtaler.

Sævik, K. (2007). Analyseresultater - masteroppgave. Trondheim, NTNU & NGU.

vegvesen, S. (1991). *E6 Hommelvik - Hell Gjevingåsen, geologiske undersøkelser for detaljplan*, Statens vegvesen 17.

vegvesen, S. (2003). Mekaniske egenskaper - Muruvik dagbrudd.

Vegvesen, S. (2005). Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser. 14.456 Los Angeles-metoden: 3.

vegvesen, S. (2005). *Håndbok 018 Vegbygging. Kap 6. Vegdekker og Vedlegg 3 steinmaterialer*, Statens vegvesen. **Håndbok 018 Vegbygging**: 66.



## Vedlegg

- I. RESULTATER FRA PUNKTLASTTEST**
- II. RESULTATER FRA XRD UNDERSØKELSER**
- III. RESULTATER FRA DENSITET UNDERSØKELSER**
- IV. RESULTATER FRA Q-SYSTEMET**
- V. BILDER FRA BEFARINGER**
- VI. BILDER FRA LABORATORIEUNDERSØKELSER**
- VII. RESULTATER FRA LOS ANGELES UNDERSØKELSER**
- VIII. RESULTATER FRA MICRO-DEVAL UNDERSØKELSER**

## I. Resultater fra punktlasttest



### RESULTATER -

#### Strekkfasthet ved punktlast

GRUNNLAG: ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength

Journal Nr:

Prøvemerkning:

Oppdragsgiver:

Prøvested:

Merknader:

Saksbehandler: SAHA

Bergart: Konglomerat

Dato: 10.11.08

Belastningsretning: homogen

Målinger utført på: borkjerner

Vanninnhold: mettet

Kjerner diameter [mm]: 30,3

Prøve Nr	Bruddlast [kp]	Prøvehøyde [mm]	Prøvebredde [mm]	Beregnet diameter [mm]	Punktlastindeks [MPa]	Normalisert Indeks Is50 [MPa]
1	470	-	-	30	5,1	4,1
2	1100	-	-	30	12,0	9,6
3	890	-	-	30	9,7	7,7
4	870	-	-	30	9,5	7,6
5	1000	-	-	30	10,9	8,7
6	475	-	-	30	5,2	4,1
7	1440	-	-	30	15,7	12,5
8	970	-	-	30	10,6	8,4
9	1170	-	-	30	12,7	10,2
10	900	-	-	30	9,8	7,8
<b>Middelverdier</b>					<b>10,0</b>	<b>8,0</b>
Gjennomsnitt					10,1	8,1
Maks.					15,7	12,5
Min.					5,1	4,1
Std.avvik					3,2	2,6
Var.koeff.					0,3	0,3

RESULTATENE INDIKERER; Strekkfasthet, MPa

10

Trykkfasthet, MPa

176

MERKNADER:

Punktlastindeks referes til målt verdi ved aktuelle prøvestørrelse

Normalisert indeks refereres til omregnet verdi for standard 50 mm kjerner

Konglomeratet inneholdt en stor bolle med granitt i seg som kan ha påvirket resultatet



### RESULTATER -

#### Strekfasthet ved punktlast

GRUNNLAG: ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength

Journal Nr: 08060IG  
Prøvemerkning:  
Oppdrags giver:  
Prøvested:  
Merknader:  
Saksbehandler: SAHA  
Bergart: Gråvakke  
Dato: 10.11.08  
Belastningsretning: Parallellt med lagdeling  
Målinger utført på: borkjerner  
Vanninnhold: metter  
Kjerner diameter [mm]: 30,3

Prøve Nr	Bruddlast [kp]	Prøvehøyde [mm]	Prøvebredde [mm]	Beregnet diameter [mm]	Punktlastindeks [MPa]	Normalisert Indeks Is50 [MPa]
1	260	-	-	30	2,8	2,3
2	260	-	-	30	2,8	2,3
3	280	-	-	30	3,0	2,4
4	380	-	-	30	4,1	3,3
5	260	-	-	30	2,8	2,3
6	365	-	-	30	4,0	3,2
7	540	-	-	30	5,9	4,7
8	260	-	-	30	2,8	2,3
9	270	-	-	30	2,9	2,3
10	720	-	-	30	7,8	6,3
Middelverdier					3,6	2,8
Gjennomsnitt					3,9	3,1
Maks.					7,8	6,3
Min.					2,8	2,3
Std.avvik					1,7	1,3
Var.koeff.					0,4	0,4

RESULTATENE INDIKERER; Strekkfasthet, MPa

4

Trykkfasthet, MPa

63

MERKNADER: Punktlastindeks referes til målt verdi ved aktuelle prøvestørrelse  
Normalisert indeks refereres til omregnet verdi for standard 50 mm kjerner



### RESULTATER -

#### Strekfasthet ved punktlast

GRUNNLAG: ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength

Journal Nr:

Prøvemerkning:

Oppdragsgiver:

Prøvested:

Merknader:

Saksbehandler: SAHA

Bergart: Leirksifer

Dato: 10.11.2008

Belastningsretning: Parallellt med lagdeling

Målinger utført på: borkjerner

Vanninnhold: mettet

Kjernediameter [mm]: 30,3

Prøve Nr	Bruddlast [kp]	Prøvehøyde [mm]	Prøvebredde [mm]	Beregnet diameter [mm]	Punktlastindeks [MPa]	Normalisert Indeks Is50 [MPa]
1	320	-	-	30	3,5	2,8
2	150	-	-	30	1,6	1,3
3	220	-	-	30	2,4	1,9
4	195	-	-	30	2,1	1,7
5	40	-	-	30	0,4	0,3
6	190	-	-	30	2,1	1,7
7	460	-	-	30	5,0	4,0
8	265	-	-	30	2,9	2,3
9	165	-	-	30	1,8	1,4
10	670	-	-	30	7,3	5,8
Middelverdier					2,7	2,1
Gjennomsnitt					2,9	2,3
Maks.					7,3	5,8
Min.					0,4	0,3
Std.avvik					2,0	1,6
Var.koeff.					0,7	0,7

RESULTATENE INDIKERER; Strekkfasthet, MPa

3

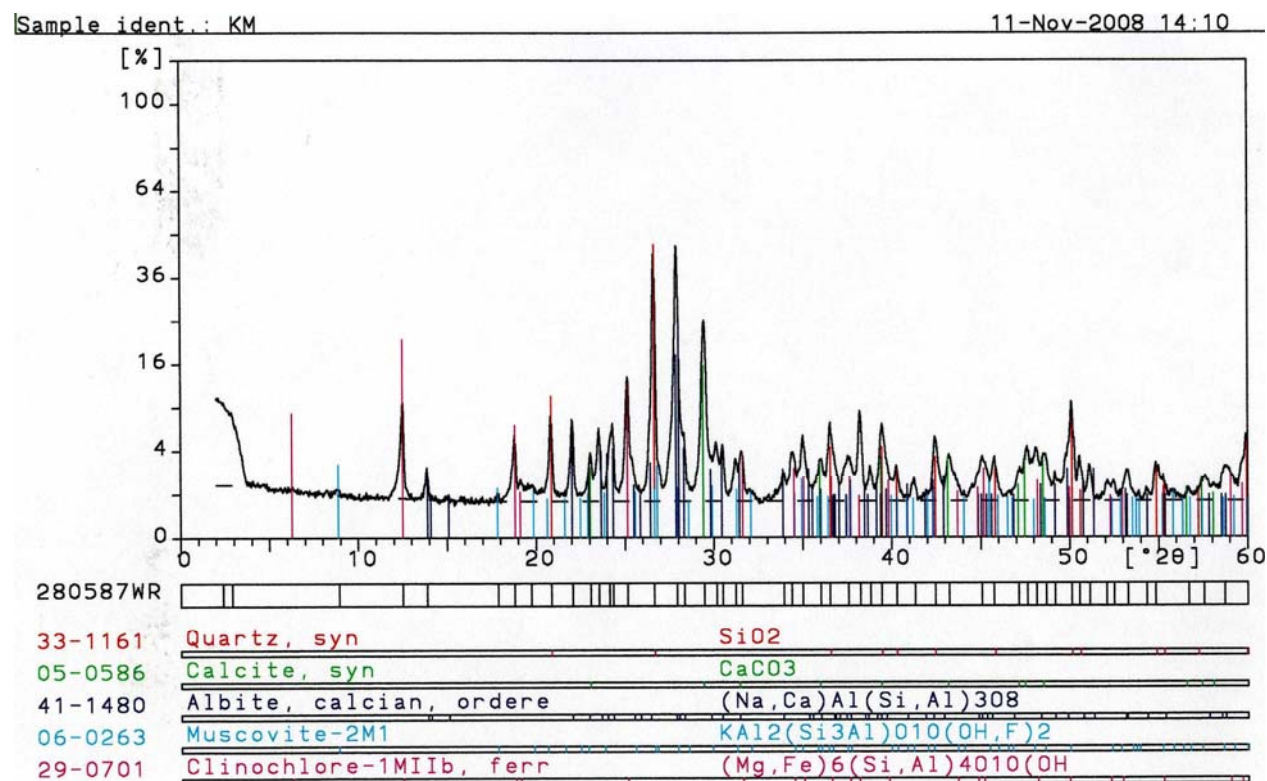
Trykkfasthet, MPa

47

MERKNADER: Punktlastindeks referes til målt verdi ved aktuelle prøvestørrelse  
Normalisert indeks refereres til omregnet verdi for standard 50 mm kjerner

## II. Resultater fra XRD undersøkelser

### Konglomerat

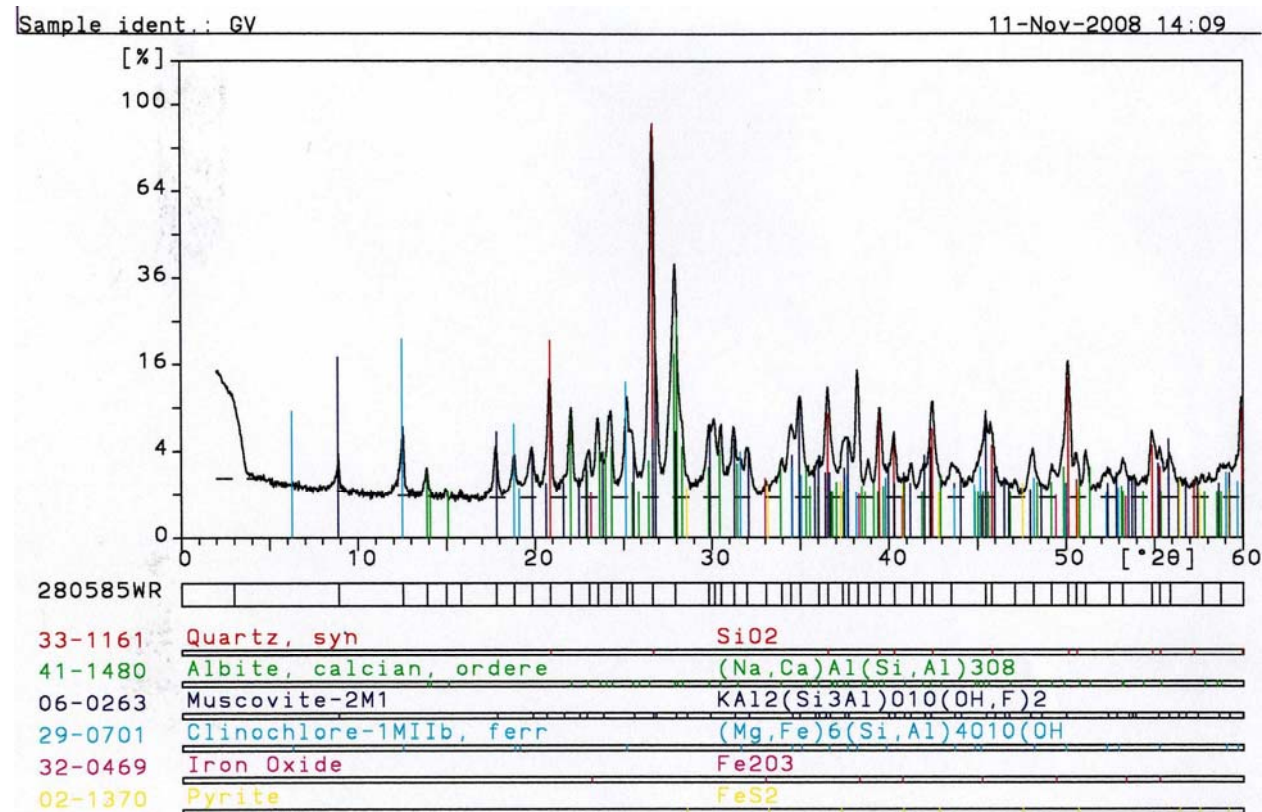


Figur 12 - Diffraktogrammer til konglomerat

Mineral + d-value	counts	peak width	weigh factor	total	%
kvarts - 2.45	740	0.16	1	118.4	12
plagioklas - 3.19	6972	0.16	0.5	557.76	56
glimmer - 9.97	142	0.2	0.5	14.20	1
kloritt - 4.73	1116	0.16	0.5	89.28	9
kalsitt - 3.03	3528	0.24	0.25	211.68	21
SUM		534		991.32	99

Tabell 4 - Kvantifisering av konglomerat

## Gråvakke

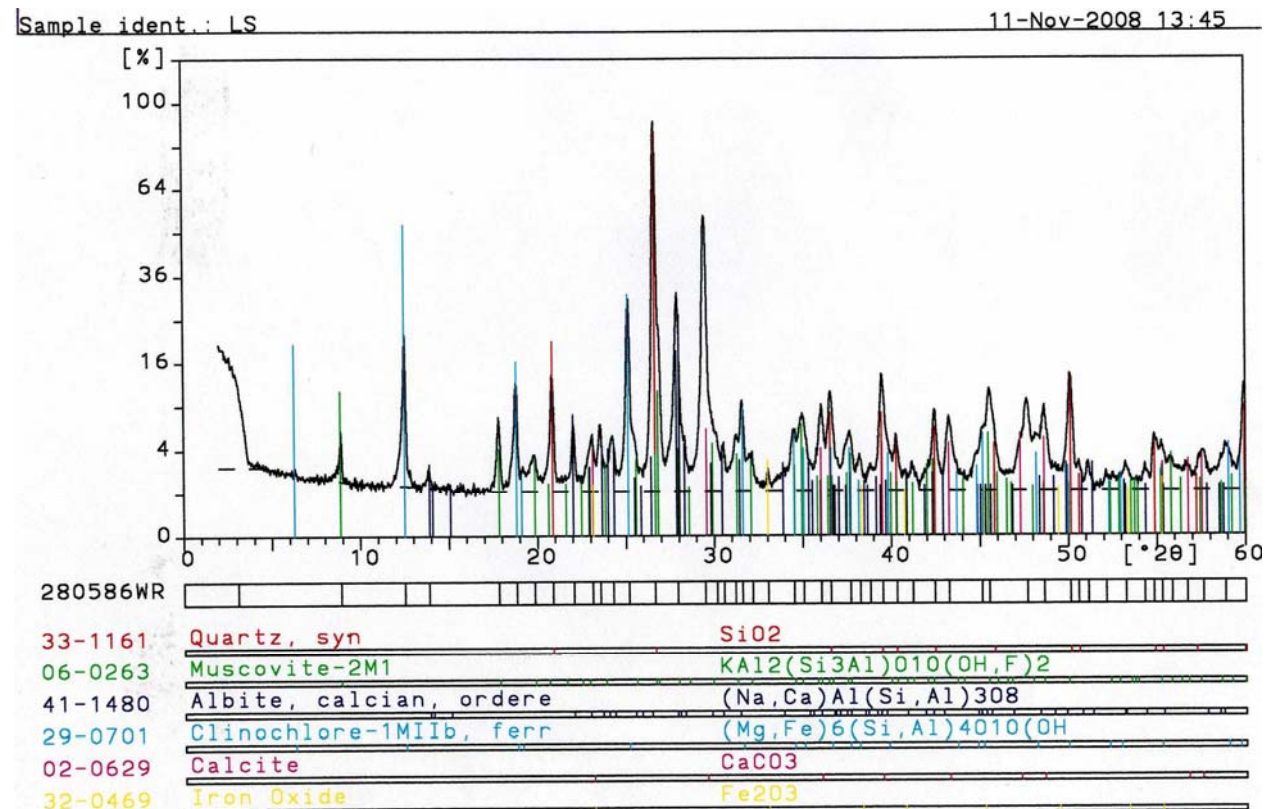


Figur 13 - Diffraktogrammer til gråvakke

Mineral + d-value	counts	peak width	weigh factor	total	%
kvarts - 2.45	955	0.16	1	152.8	22
plagioklas - 3.19	4382	0.2	0.5	438.2	64
glimmer - 9.97	894	0,12	0.5	53.64	8
kloritt - 4.73	441	0.16	0.5	35.28	5
Pyritt- 2.71	79	0.16	0.25	6,32	1
SUM		534		686.24	100

Tabell 5 - Kvantifisering av gråvakke

## Leirskifer



Figur 14 - Diffraktogrammer til leirskifer

Mineral + d-value	counts	peak width	weigh factor	total	%
kvarts - 2.45	645	0.28	1	180.6	22
plagioklas - 3.19	2570	0.2	0.5	257	32
glimmer - 9.97	1136	0.12	0.5	68.16	8
kloritt - 4.73	1467	0.12	0.5	88.02	11
kalsitt - 3.03	4264	0.2	0.25	213.2	26
Pyritt- 2.71	94	0.12	0.5	5,64	1
SUM		534		812.62	100

Tabell 6 - Kvantifisering av leirskifer

### III. Resultater fra densitet undersøkelser

## DENSITET

**Journal nr.: 1**

**Oppdragsgiver: NTNU**

**Lokalitet: Ranheim**

**Tekniker: Saman M. Moghaddam**

**Dato: 10.11.08**

Densitet	
Vekt pyknometer og vann (g):	1137,3
Tørrvekt prøve (g):	622
Vekt vann, prøve og pyknometer (g):	1535,9
Densitet (g/cm <sup>3</sup> ):	2,78

Gråvakke	
Densitet:	2,78

Densitet		Densitet	
Vekt pyknometer og vann (g):	1137,3	Vekt pyknometer og vann (g):	1137,3
Tørrvekt prøve (g):	510,3	Tørrvekt prøve (g):	626,9
Vekt vann, prøve og pyknometer	1457,9	Vekt vann, prøve og pyknometer (g):	1536,1
Densitet (g/cm <sup>3</sup> ):	2,69	Densitet (g/cm <sup>3</sup> ):	2,75

Konglomerat	
Densitet:	2,69

Leirskifer	
Densitet:	2,75



#### IV. Resultater fra Q-systemet

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

##### Konglomerat

RQD	100
J <sub>n</sub>	9
J <sub>r</sub>	3
J <sub>a</sub>	1
J <sub>w</sub>	0,66
SRF	5

Q = 4,4

##### Gråvakke

RQD	50
J <sub>n</sub>	3
J <sub>r</sub>	2
J <sub>a</sub>	1
J <sub>w</sub>	1
SRF	5

Q = 6,67

##### Leirskifer

RQD	27
J <sub>n</sub>	17
J <sub>r</sub>	3
J <sub>a</sub>	1
J <sub>w</sub>	0,33
SRF	5

Q = 0,31

## **V. Bilder fra befaringer**



**Vedlegg 1 - Gråvakke fra dagbruddet i Muruvika. Lokal folding.**





**Vedlegg 2 - Leirskifer fra veiskjæring ved nordlige Gevingåsen**





**Vedlegg 3 - Konglomerat fra Gevingsåsen**

## **VI. Bilder fra laboratorieundersøkelser**



**Figur 15 - Kjerneboring for punktlasttest**





**Figur 16 - Nedknusing av steinmateriale**



**Figur 17 - Sikting av steinmateriale i rette fraksjoner**





**Figur 18 - Preparing av steinmateriale for styrketest**







**Figur 19 - Opprinnelig steinmateriale fra Gevingåsen**




**Figur 20 - Finstoff av Leirskifer etter LA-test**

## **VII. Resultater fra Los Angeles undersøkelser**


 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <b>SINTEF</b>                   Byggforsk as                  Veg og jernbaneteknikk             </div>	<b>LOS ANGELES</b>																																				
	Utført etter: NS-EN 13450																																				
	Trondheim, 28.11.2008  Utført av:																																				
<b>Materiale:</b> <b>Gråvakke</b>																																					
<b>Sted:</b> <b>Gevingåsen</b>																																					
<b>Analysert for:</b> <b>Student Saman M. Moghaddam</b>																																					
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Gradering</th> <th style="text-align: center;">Vekt av kuler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">10.0 - 14.0 mm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">4775±85</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">31.5 - 50.0 mm</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">5210±90</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fraksjoner</th> <th style="text-align: center;">Vekt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">10.0 - 12.5 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12.5 - 14.0 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">31.5 - 40.0mm</td> <td style="text-align: center;">5003,0 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40.0 - 50.0 mm</td> <td style="text-align: center;">5010,0 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sum</td> <td style="text-align: center;">10013,0 g</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Vekt kuler</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">5230,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Vekt etter forsøk</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">&gt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">7918,0 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">&lt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">2095,0 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Los Angeles verdi</td> <td style="text-align: center;">20,9 %</td> </tr> </tbody> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm		4775±85	2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90	Fraksjoner	Vekt	10.0 - 12.5 mm		12.5 - 14.0 mm		31.5 - 40.0mm	5003,0 g	40.0 - 50.0 mm	5010,0 g	Sum	10013,0 g	Vekt kuler	5230,0 g	Vekt etter forsøk		> 1.6 mm	7918,0 g	< 1.6 mm	2095,0 g	Los Angeles verdi	20,9 %
Gradering			Vekt av kuler																																		
1	10.0 - 14.0 mm		4775±85																																		
2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90																																		
Fraksjoner	Vekt																																				
10.0 - 12.5 mm																																					
12.5 - 14.0 mm																																					
31.5 - 40.0mm	5003,0 g																																				
40.0 - 50.0 mm	5010,0 g																																				
Sum	10013,0 g																																				
Vekt kuler	5230,0 g																																				
Vekt etter forsøk																																					
> 1.6 mm	7918,0 g																																				
< 1.6 mm	2095,0 g																																				
Los Angeles verdi	20,9 %																																				
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\																																					
Skjema: Ia CEN																																					

 <b>SINTEF</b> Byggforsk as Veg og jernbaneteknikk	<b>LOS ANGELES</b>																
	Utført etter: NS-EN 13450																
	Trondheim, 28.11.2008  Utført av:																
<b>Materiale: Leirskifer</b>																	
<b>Sted: Gevingåsen</b>																	
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																	
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10.0 - 14.0 mm</td> <td></td> <td>4775±85</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>31.5 - 50.0 mm</td> <td>X</td> <td>5210±90</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm		4775±85	2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90		
Gradering			Vekt av kuler														
1	10.0 - 14.0 mm		4775±85														
2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90														
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Fraksjoner</th> <th>Vekt</th> </tr> <tr> <td>10.0 - 12.5 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.5 - 14.0 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31.5 - 40.0 mm</td> <td>5013,0 g</td> </tr> <tr> <td>40.0 - 50.0 mm</td> <td>5001,0 g</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>10014,0 g</td> </tr> </table>				Fraksjoner	Vekt	10.0 - 12.5 mm		12.5 - 14.0 mm		31.5 - 40.0 mm	5013,0 g	40.0 - 50.0 mm	5001,0 g			Sum	10014,0 g
Fraksjoner	Vekt																
10.0 - 12.5 mm																	
12.5 - 14.0 mm																	
31.5 - 40.0 mm	5013,0 g																
40.0 - 50.0 mm	5001,0 g																
Sum	10014,0 g																
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Vekt kuler</td> <td>5230,0 g</td> </tr> </table>				Vekt kuler	5230,0 g												
Vekt kuler	5230,0 g																
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">Vekt etter forsøk</th> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td>6688,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td>3326,0 g</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Los Angeles verdi</td> <td>33,2 %</td> </tr> </table>				Vekt etter forsøk		> 1.6 mm	6688,0 g	< 1.6 mm	3326,0 g			Los Angeles verdi	33,2 %				
Vekt etter forsøk																	
> 1.6 mm	6688,0 g																
< 1.6 mm	3326,0 g																
Los Angeles verdi	33,2 %																
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\																	
Skjema: la CEN																	


 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <b>SINTEF</b>                   Byggforsk as                  Veg og jernbaneteknikk             </div>	<b>LOS ANGELES</b>																																								
	Utført etter: NS-EN 13450																																								
	Trondheim, 28.11.2008  Utført av:																																								
<b>Materiale:</b> <b>Konglomerat</b>																																									
<b>Sted:</b> <b>Gevingåsen</b>																																									
<b>Analysert for:</b> <b>Student Saman M. Moghaddam</b>																																									
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10.0 - 14.0 mm</td> <td></td> <td>4775±85</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>31.5 - 50.0 mm</td> <td>X</td> <td>5210±90</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>Fraksjoner</th> <th>Vekt</th> </tr> <tr> <td>10.0 - 12.5 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.5 - 14.0 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31.5 - 40.0mm</td> <td>5001,6 g</td> </tr> <tr> <td>40.0 - 50.0 mm</td> <td>5012,9 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>10014,5 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Vekt kuler</td> <td>5229,2 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="2">Vekt etter forsøk</th> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td>7795,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td>2219,5 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Los Angeles verdi</td> <td>22,2 %</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm		4775±85	2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90	Fraksjoner	Vekt	10.0 - 12.5 mm		12.5 - 14.0 mm		31.5 - 40.0mm	5001,6 g	40.0 - 50.0 mm	5012,9 g			Sum	10014,5 g	Vekt kuler	5229,2 g	Vekt etter forsøk		> 1.6 mm	7795,0 g	< 1.6 mm	2219,5 g			Los Angeles verdi	22,2 %
Gradering			Vekt av kuler																																						
1	10.0 - 14.0 mm		4775±85																																						
2	31.5 - 50.0 mm	X	5210±90																																						
Fraksjoner	Vekt																																								
10.0 - 12.5 mm																																									
12.5 - 14.0 mm																																									
31.5 - 40.0mm	5001,6 g																																								
40.0 - 50.0 mm	5012,9 g																																								
Sum	10014,5 g																																								
Vekt kuler	5229,2 g																																								
Vekt etter forsøk																																									
> 1.6 mm	7795,0 g																																								
< 1.6 mm	2219,5 g																																								
Los Angeles verdi	22,2 %																																								
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\																																									
Skjema: la CEN																																									





## **VIII. Resultater fra micro-Deval undersøkelser**


 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <b>SINTEF</b>                  Byggforsk                  Veg- og jernbaneteknikk             </div>	<b>micro-Deval Ballastpukk</b>																																																								
	Utført etter: NS-EN 1097-1, (NS-EN 13450 Annex E)																																																								
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																																																								
<b>Materiale:</b> Gråvakke																																																									
<b>Sted:</b> Gevingåsen																																																									
<b>Analysert for:</b> Student Saman M. Moghaddam																																																									
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>31.5 - 50.0 mm</td> <td>X</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Fraksjoner</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>31.5 - 40.0 mm (5000±50g)</td> <td>5019,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> <tr> <td>40.0 - 50.0 mm (5000±50g)</td> <td>5024,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>10043,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Vekt kuler</td> <td>0,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Vekt etter forsøk</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td>9037,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td>963,0 g</td> <td>0,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>micro-Deval verdi</td> <td>9,6</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Middelverdi</td> <td colspan="2">10</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	31.5 - 50.0 mm	X	0					Sylinder nr	1	2				Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5019,0 g	0,0 g	40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5024,0 g	0,0 g							Sum	10043,0 g	0,0 g	Vekt kuler	0,0 g	0,0 g	Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	9037,0 g	0,0 g	< 1.6 mm	963,0 g	0,0 g	micro-Deval verdi	9,6		Middelverdi	10	
Gradering			Vekt av kuler																																																						
1	31.5 - 50.0 mm	X	0																																																						
Sylinder nr	1	2																																																							
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																							
31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5019,0 g	0,0 g																																																							
40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5024,0 g	0,0 g																																																							
Sum	10043,0 g	0,0 g																																																							
Vekt kuler	0,0 g	0,0 g																																																							
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																							
> 1.6 mm	9037,0 g	0,0 g																																																							
< 1.6 mm	963,0 g	0,0 g																																																							
micro-Deval verdi	9,6																																																								
Middelverdi	10																																																								
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\																																																									
Skjema: micro-Deval																																																									




 <b>SINTEF</b> Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk	<b>micro-Deval Ballastpukk</b>																							
	Utført etter: NS-EN 1097-1, (NS-EN 13450 Annex E)																							
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																							
<b>Materiale: Leirskifer</b>																								
<b>Sted: Gevingåsen</b>																								
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																								
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">31.5 - 50.0 mm</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	31.5 - 50.0 mm	X	0													
Gradering			Vekt av kuler																					
1	31.5 - 50.0 mm	X	0																					
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Fraksjoner</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>31.5 - 40.0 mm (5000±50g)</td> <td style="text-align: center;">5003,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td>40.0 - 50.0 mm (5000±50g)</td> <td style="text-align: center;">5008,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td style="text-align: center;">10011,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> </table>				Sylinder nr	1	2				Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5003,0 g	0,0 g	40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5008,0 g	0,0 g				Sum	10011,0 g	0,0 g
Sylinder nr	1	2																						
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																						
31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5003,0 g	0,0 g																						
40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5008,0 g	0,0 g																						
Sum	10011,0 g	0,0 g																						
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <td>Vekt kuler</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> </table>				Vekt kuler	0,0 g	0,0 g																		
Vekt kuler	0,0 g	0,0 g																						
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <td>Vekt etter forsøk</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">7406,1 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">2594,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> </table>				Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	7406,1 g	0,0 g	< 1.6 mm	2594,0 g	0,0 g												
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																						
> 1.6 mm	7406,1 g	0,0 g																						
< 1.6 mm	2594,0 g	0,0 g																						
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <td>micro-Deval verdi</td> <td style="text-align: center;">25,9</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Middelverdi</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">26</td> </tr> </table>				micro-Deval verdi	25,9		Middelverdi	26																
micro-Deval verdi	25,9																							
Middelverdi	26																							
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\ <span style="float: right;">Skjema: micro-Deval</span>																								

 <b>SINTEF</b> Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk	<b>micro-Deval Ballastpukk</b>																																																											
	Utført etter: NS-EN 1097-1, (NS-EN 13450 Annex E)																																																											
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																																																											
<b>Materiale: Konglomerat</b>																																																												
<b>Sted: Gevingåsen</b>																																																												
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																																																												
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">31.5 - 50.0 mm</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Fraksjoner</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>31.5 - 40.0 mm (5000±50g)</td> <td style="text-align: center;">5001,6 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td>40.0 - 50.0 mm (5000±50g)</td> <td style="text-align: center;">5034,7 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sum</td> <td style="text-align: center;">10036,3 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th>Vekt kuler</th> <th>0,0 g</th> <th>0,0 g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th>Vekt etter forsøk</th> <th>Vekt prøve 1</th> <th>Vekt prøve 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">8884,1 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">1116,0 g</td> <td style="text-align: center;">0,0 g</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <thead> <tr> <th>micro-Deval verdi</th> <th>11,2</th> <th> </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Middelverdi</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">11</td> </tr> </tbody> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	31.5 - 50.0 mm	X	0					Sylinder nr	1	2				Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5001,6 g	0,0 g	40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5034,7 g	0,0 g							Sum	10036,3 g	0,0 g	Vekt kuler	0,0 g	0,0 g				Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	8884,1 g	0,0 g	< 1.6 mm	1116,0 g	0,0 g	micro-Deval verdi	11,2		Middelverdi	11	
Gradering			Vekt av kuler																																																									
1	31.5 - 50.0 mm	X	0																																																									
Sylinder nr	1	2																																																										
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																										
31.5 - 40.0 mm (5000±50g)	5001,6 g	0,0 g																																																										
40.0 - 50.0 mm (5000±50g)	5034,7 g	0,0 g																																																										
Sum	10036,3 g	0,0 g																																																										
Vekt kuler	0,0 g	0,0 g																																																										
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																										
> 1.6 mm	8884,1 g	0,0 g																																																										
< 1.6 mm	1116,0 g	0,0 g																																																										
micro-Deval verdi	11,2																																																											
Middelverdi	11																																																											
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\			Skjema: micro-Deval																																																									

 <b>SINTEF</b> Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk	<b>micro-Deval</b>																																																					
	Utført etter: NS-EN 1097-1																																																					
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																																																					
<b>Materiale: Gråvakke</b>																																																						
<b>Sted: Gevingåsen</b>																																																						
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																																																						
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10.0 - 14.0 mm</td> <td>X</td> <td>5000±5</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> <span>Våt</span> <span>Tørr</span> </div> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Fraksjoner</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>4.0 - 8.0 mm (325±1g)</td> <td>325,2 g</td> <td>324,6 g</td> </tr> <tr> <td>8.0 - 11.2 mm (175±1g)</td> <td>175,0 g</td> <td>174,8 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>500,2 g</td> <td>499,4 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <tr> <td>Vekt kuler</td> <td>4998,1 g</td> <td>5001,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <tr> <td>Vekt etter forsøk</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td>367,9 g</td> <td>352,0 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td>132,2 g</td> <td>148,0 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%;"> <tr> <td>micro-Deval verdi</td> <td>26,4</td> <td>29,6</td> </tr> <tr> <td>Middelverdi</td> <td colspan="2">28</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5					Sylinder nr	1	2				Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,2 g	324,6 g	8.0 - 11.2 mm (175±1g)	175,0 g	174,8 g				Sum	500,2 g	499,4 g	Vekt kuler	4998,1 g	5001,0 g	Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	367,9 g	352,0 g	< 1.6 mm	132,2 g	148,0 g	micro-Deval verdi	26,4	29,6	Middelverdi	28	
Gradering			Vekt av kuler																																																			
1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5																																																			
Sylinder nr	1	2																																																				
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																				
4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,2 g	324,6 g																																																				
8.0 - 11.2 mm (175±1g)	175,0 g	174,8 g																																																				
Sum	500,2 g	499,4 g																																																				
Vekt kuler	4998,1 g	5001,0 g																																																				
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																				
> 1.6 mm	367,9 g	352,0 g																																																				
< 1.6 mm	132,2 g	148,0 g																																																				
micro-Deval verdi	26,4	29,6																																																				
Middelverdi	28																																																					
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\ <span style="float: right;">Skjema: micro-Deval</span>																																																						

 <b>SINTEF</b> Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk	<b>micro-Deval</b>																																																					
	Utført etter: NS-EN 1097-1																																																					
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																																																					
<b>Materiale: Leirskifer</b>																																																						
<b>Sted: Gevingåsen</b>																																																						
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																																																						
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10.0 - 14.0 mm</td> <td>X</td> <td>5000±5</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 60%; margin: 10px auto;"> <span>Våt</span> <span>Tørr</span> </div> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <th>Fraksjoner</th> <th>Vekt prøve 1</th> <th>Vekt prøve 2</th> </tr> <tr> <td>4.0 - 8.0 mm (325±1g)</td> <td>325,4 g</td> <td>324,9 g</td> </tr> <tr> <td>8.0 - 11.2 mm (175±1g)</td> <td>175,5 g</td> <td>174,7 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>500,9 g</td> <td>499,6 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th>Vekt kuler</th> <th>5000,0 g</th> <th>5002,1 g</th> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th>Vekt etter forsøk</th> <th>Vekt prøve 1</th> <th>Vekt prøve 2</th> </tr> <tr> <td>&gt; 1.6 mm</td> <td>327,4 g</td> <td>328,2 g</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.6 mm</td> <td>172,7 g</td> <td>171,8 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 60%;"> <tr> <th>micro-Deval verdi</th> <th>34,5</th> <th>34,4</th> </tr> <tr> <th>Middelverdi</th> <td colspan="2">34</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5					Sylinder nr	1	2				Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,4 g	324,9 g	8.0 - 11.2 mm (175±1g)	175,5 g	174,7 g				Sum	500,9 g	499,6 g	Vekt kuler	5000,0 g	5002,1 g	Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	327,4 g	328,2 g	< 1.6 mm	172,7 g	171,8 g	micro-Deval verdi	34,5	34,4	Middelverdi	34	
Gradering			Vekt av kuler																																																			
1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5																																																			
Sylinder nr	1	2																																																				
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																				
4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,4 g	324,9 g																																																				
8.0 - 11.2 mm (175±1g)	175,5 g	174,7 g																																																				
Sum	500,9 g	499,6 g																																																				
Vekt kuler	5000,0 g	5002,1 g																																																				
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																				
> 1.6 mm	327,4 g	328,2 g																																																				
< 1.6 mm	172,7 g	171,8 g																																																				
micro-Deval verdi	34,5	34,4																																																				
Middelverdi	34																																																					
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\ <span style="float: right;">Skjema: micro-Deval</span>																																																						

 <b>SINTEF</b> Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk	<b>micro-Deval</b>																																																		
	Utført etter: NS-EN 1097-1																																																		
	Trondheim, 28.11.08  Utført av:																																																		
<b>Materiale: Konglomerat</b>																																																			
<b>Sted: Gevingåsen</b>																																																			
<b>Analysert for: Student Saman M. Moghaddam</b>																																																			
<table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Gradering</th> <th>Vekt av kuler</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">10.0 - 14.0 mm</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">5000±5</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> <span>Våt</span> <span>Tørr</span> </div> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Sylinder nr</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fraksjoner</td> <td>Vekt prøve 1</td> <td>Vekt prøve 2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4.0 - 8.0 mm (325±1g)</td> <td style="text-align: center;">325,0 g</td> <td style="text-align: center;">325,7 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8.0 - 11.2 mm (175±1g)</td> <td style="text-align: center;">174,5 g</td> <td style="text-align: center;">175,3 g</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sum</td> <td style="text-align: center;">495,5 g</td> <td style="text-align: center;">501,0 g</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Vekt kuler</td> <td style="text-align: center;">5003,6 g</td> <td style="text-align: center;">5002,6 g</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Vekt etter forsøk</th> <th>Vekt prøve 1</th> <th>Vekt prøve 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">&gt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">428,5 g</td> <td style="text-align: center;">425,0 g</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">&lt; 1.6 mm</td> <td style="text-align: center;">71,6 g</td> <td style="text-align: center;">75,0 g</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: 20px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">micro-Deval verdi</td> <td style="text-align: center;">14,3</td> <td style="text-align: center;">15,0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Middelverdi</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">15</td> </tr> </table>				Gradering			Vekt av kuler	1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5					Sylinder nr	1	2	Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,0 g	325,7 g	8.0 - 11.2 mm (175±1g)	174,5 g	175,3 g				Sum	495,5 g	501,0 g	Vekt kuler	5003,6 g	5002,6 g	Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2	> 1.6 mm	428,5 g	425,0 g	< 1.6 mm	71,6 g	75,0 g	micro-Deval verdi	14,3	15,0	Middelverdi	15	
Gradering			Vekt av kuler																																																
1	10.0 - 14.0 mm	X	5000±5																																																
Sylinder nr	1	2																																																	
Fraksjoner	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																	
4.0 - 8.0 mm (325±1g)	325,0 g	325,7 g																																																	
8.0 - 11.2 mm (175±1g)	174,5 g	175,3 g																																																	
Sum	495,5 g	501,0 g																																																	
Vekt kuler	5003,6 g	5002,6 g																																																	
Vekt etter forsøk	Vekt prøve 1	Vekt prøve 2																																																	
> 1.6 mm	428,5 g	425,0 g																																																	
< 1.6 mm	71,6 g	75,0 g																																																	
micro-Deval verdi	14,3	15,0																																																	
Middelverdi	15																																																		
Datakatalog: C:\Documents and Settings\Saman\My Documents\ <span style="float: right;">Skjema: micro-Deval</span>																																																			

ISBN 00-0000-000-0

