



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Bygg ingeniør, studieretning Teknisk planlegging	Vårsemesteret, 2021 Åpen
Forfatter: Mathias Helland	
Fagansvarlig: Ari Krisna Mawira Tarigan Veileder(e): John Charles Grønli	
Tittel på bacheloroppgaven: Bergsprengning – Åpning av pukkverk Engelsk tittel: Rock blasting – Opening a crushing plant	
Studiepoeng: 20	
Emneord: Bergsprengning Pukkverk Prøvetaking	Sidetall: 57  Stavanger, 14.05.2021

## **Sammendrag**

I denne bacheloroppgaven blir det sett på muligheten for å åpne et pukkverk for Brødrene Helland AS i Bjørheimsbygd. Pukkverket skal være en utvidelse av eksisterende sandtak, og skal hjelpe entreprenøren med å være selvforsynt med masser. Et av kriteriene for å åpne et pukkverk, er at bedriften må ha en driftsplan. Oppgaven tar derfor for seg de punktene en slik driftsplan skal inneholde.

Kvaliteten av fjellet i området er svært kritisk når man skal åpne et pukkverk. Det ble derfor sprengt ut prøver av fjellet for analyse. Ved hjelp av XRD (Røntgenkrystallografi) ble det konstatert at fjellet var mellom 1000 og 1130 millioner år gammelt, og av typen granodioritt.

Det ble også tatt LA-test, Micro Deval og Flisighetsindeks av steinmassene. Resultatene viste at massene kunne bli brukt til det aller meste, med unntak fra de strengeste klassene for asfaltproduksjon.

I et pukkverk er bergsprengning også et sentralt tema. Det har derfor blitt utarbeidet noen planer på hvordan dette skal skje. Planene omhandler ting som boremønster, dynamittmengde og skyteretning. Det ble blant annet planlagt 3,3 tonn med dynamitt i første salve.

## Forord

Denne oppgaven er avslutningen på min treårige utdanning ved Universitetet i Stavanger. Den avslutter min utdanning som Byggingeniør med Teknisk Planlegging som studieretning. Oppgaven skal også hjelpe meg med videre utdanning for å bli bergsprengningsleder.

Det finnes forskjellige måter å bli bergsprenger/bergsprengningsleder på. En av dem er ved å ha bestått relevant ingeniørutdanning. Deretter må ingeniøren ha et år med praksis fra bergsprengningsarbeid for å få ta prøven som bergsprenger. Siden Universitetet i Stavanger ikke tilbyr sprengningsrelaterte fag, var ikke min ingeniørutdanning det som kalles relevant. Jeg er derfor svært glad for at jeg fikk lov av Universitetet i Stavanger til å skrive denne oppgaven om bergsprengning og åpning av pukverk. Begge er like relevant for sprengningsbransjen, og vil da gi meg en relevant utdanning slik at jeg kan starte i praksis.

Videre vil jeg takke alle som har hjulpet meg i prosessen med å skrive oppgaven og bidratt til endelig resultat.

Jeg vil takke Mona Wethrus Minde og Caroline Ruud for god hjelp til å finne ut materialsammensetningen ved bruk av XRD.

Jeg vil også takke Guzman Cruz Rodriguez for god hjelp og veiledning på lab. Både ved bruk av maskiner og ved utføring av tester kunne han bidra med nyttig informasjon og veiledning.

Til slutt vil jeg takke veilederen min, John Charles Grønli for at det hele ble mulig. Siden Universitetet i Stavanger ikke har noen sprengningsrelaterte fag, vokser ikke aktuelle veiledere på trær. Jeg var derfor heldig at John hadde relevant erfaring, og ønsket å bidra. Han har vært til god hjelp gjennom hele prosessen både med gode råd, og koordinering av oppgaven.

## Innholdsfortegnelse

Generelt om bedriften .....	5
Kort om oppgaven .....	5
Generell Informasjon.....	6
Generelt om åpning av brudd. ....	6
Generelt om Bjørheimsbygd .....	6
Generelt om pukkerk.....	8
Generelt om sprengning.....	11
ROS-Analyse for området .....	18
Start av pukkerket .....	19
Uttak av prøver.....	21
XRD Prøve .....	27
Los Angeles-metoden .....	29
Micro-Deval metoden .....	31
Flisighetsindeks .....	33
Prøveresultat .....	34
Forsterkningslag .....	35
Bærelag.....	36
Utstyr til produksjonen.....	38
Ulike deler av bruddet.....	43
Beregninger .....	44
Flåsprengning .....	44
Planlagt uttak Sone 1.....	46
Planer Sone 1.....	47
Gjenlegging av pukkerk/paller .....	51
Oppsummering.....	52
Figurliste .....	53
Kilder / Referanser .....	55

## **Generelt om bedriften**

Brødrene Helland er en entreprenørbedrift som holder til i Strand kommune. Bedriften driver med alt innen grunnarbeid. Arbeider som sanering av VA-grøfter, utgraving av tomter og næringsbygg er jobber som bedriften har per dags dato.

Brødrene Helland har gjennom mange år produsert både sand og singel som har blitt brukt til produksjon av betong. De har også produsert egne masser til bruk på anlegg, grøfter, tomter og så videre. Etter mange år med en slik produksjon har de naturlige forekomstene av morenemasse begynt og minke. Sandtaket som bedriften til nå har hatt god nytte av går mot en ende. Bedriften vurderer om de skal fortsette i det samme sandtaket, men heller med uttak av fjell. På vegne av Brødrene Helland AS skal jeg derfor utarbeide en plan på hvordan de på best mulig måte kan åpne et brudd/pukkverk i eksisterende sandtak. Det vil da bli sett på de mest effektive måtene å åpne bruddet på, samt effektiviteten i fremtiden.

## **Kort om oppgaven**

Oppgaven skal basere seg på opparbeiding/åpning av et brudd. Jeg skal da sette søkelys på noen av punktene som kreves for driftskonsesjon. Vi kan si at oppgaven har tre tema med tett sammenheng.

Hovedfokuset vil være rettet mot en driftsplan. En slik driftsplan skal inneholde alt i fra hvordan man åpner bruddet, til hvordan man effektiviserer driften i fremtiden. Den skal også inneholde hvordan pukkverket skal drives på generell basis.

Et annet fokus på oppgaven skal være bergsprengning. Bergsprengning er en relativt stor del av et pukkverk, og blir derfor et naturlig område å belyse. Det bli utarbeidet planer for sprengning, både generelle tanker/planer og mer tekniske planer som for eksempel boreplan og lademengde.

For å sikre et godt produkt er kvaliteten til materialet viktig. Det siste fokuset i oppgaven vil derfor være prøvetaking av massene i området. Kvaliteten vil bli satt opp mot ulike krav fra Statens Vegvesen for å sikre en god og konkurransedyktig ferdigvare.

Litt generelt om skrivemåten i teksten:

I teksten vil referanser henvise til referanselisten ved bruk av [tallet av referansen]. For figurer/bilder vil kilden stå i referanselisten med det samme figurnummeret.

Det som ikke står i referansen har jeg laget selv, slik som f.eks. illustrasjoner.

## Generell Informasjon

### Generelt om åpning av brudd.

Når man skal starte uttak av mineralforekomster har størrelse på uttaket mye å si. Dersom uttaket skal være mer enn 10 000 m<sup>3</sup> kreves det driftskonsesjon fra Direktoratet for mineralforvaltning. En slik driftskonsesjon vil bare bli gitt til personer som har utvinningsrett, og samtidig er skikket til å utvinne forekomsten. Søknad om driftskonsesjon skal inneholde driftsplan [\[1\]](#)

En slik driftsplan er en plan for planlegging og gjennomføring av driften. Dette vil si at planen skal vise hvordan driften skal foregå. På Direktoratet for mineralforvaltning finner man en veiledning på hvilke temaer som skal være med i en slik driftsplan: [\[2\]](#)

- «1. Informasjon om uttaksstedet og topografiske forhold
2. Informasjon om mineralforekomsten
3. Planlagt uttak, opprydding og sikring under drift
4. Hensyn til natur og omgivelser
5. Plan for sikring og opprydding etter endt drift»

De skriver også at en slik driftsplan kan fungere som «tiltakshavers styringsverktøy for planlegging og gjennomføring av uttak av mineralressursen. Planen skal også bidra til forsvarlig sikring og opprydding av uttaksområdet underveis og etter endt drift».

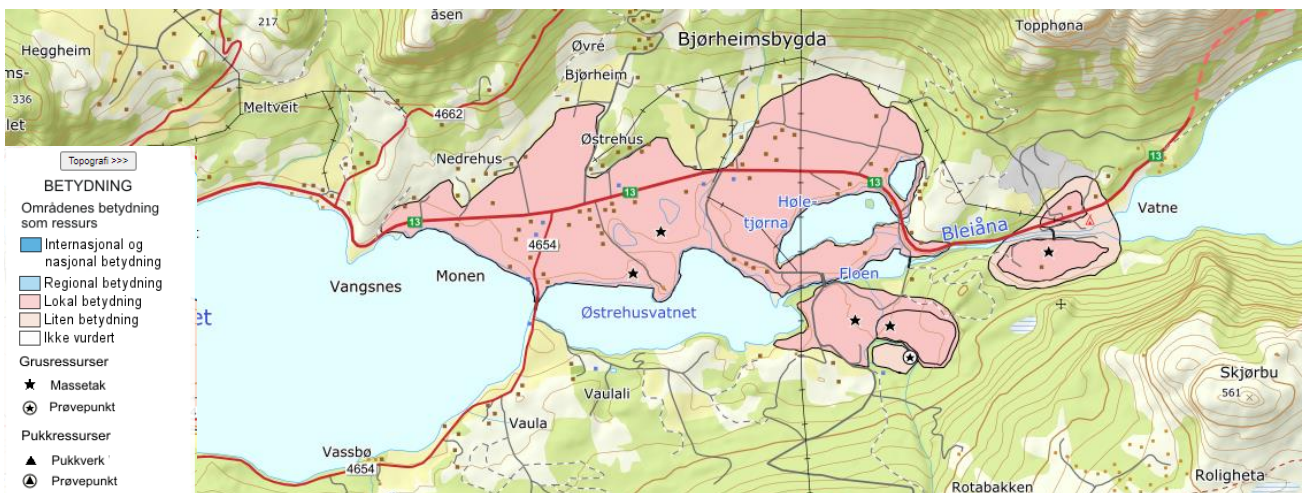
### Generelt om Bjørheimsbygd

Bjørheimsbygd er en liten bygd i Strand kommune, cirka 30min fra Stavanger.

Bjørheimsbygd har god adkomst siden Riksvei 13 går rett igjennom bygda. Ellers er Bjørheimsbygd formet som en dal, med fjell på begge sider. Når man ser på NGU sine kart for grunn, ser man at Bjørheimsbygd har store forekomster av morenemasse.

Forekomstene av morenemasser er markert med rosa på kartet under. De punktene med stjerne på er plasser hvor det er masseuttak. Alle disse forekomstene er av lokal betydning ifølge skjema på kart.

## Bacheloroppgave Mathias Helland

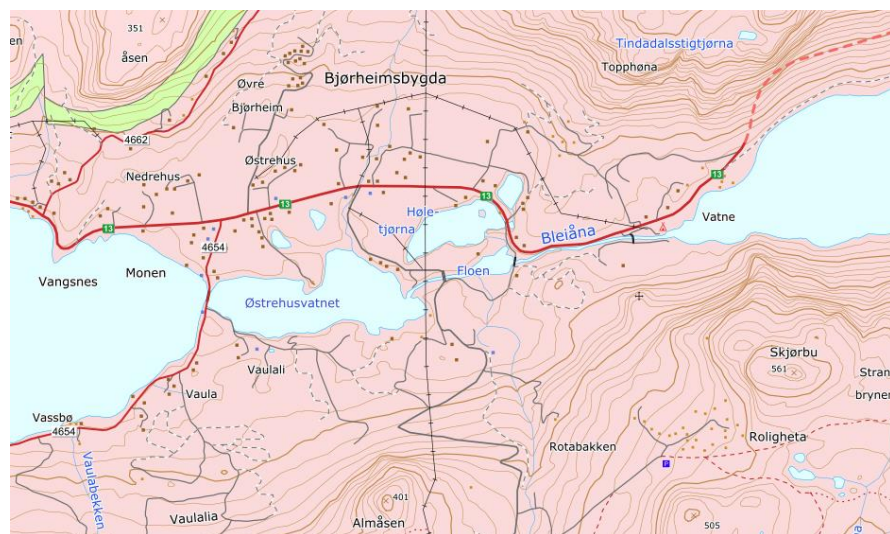


Figur 1 – Grus og pukkforekomster i Bjørheimsbygda

Av personlig erfaring vet jeg at morenemassene fra Bjørheimsbygda er mye brukt til betong. For eksempel benyttet Ølen Betong AS masser fra Bjørheimsbygda da de produserte betong til Ryfast (verdens lengste undersjøiske tunell) i Rogaland. [3]

Når vi velger et annet kartlag (berggrunn N50) ser vi at nesten hele Bjørheimsbygda blir rosa. Ifølge kartet vil det da si at berggrunnen er porfyrisk granitt. NGU [4] sier at «Granitt er en kvartsholdig dypbergart som har svært gode egenskaper som naturstein», «granitter er meget holdbare og egner seg særlig i uteanlegg». De skriver også at «ekte» granitt må bestå av minst 20% kvarts. Kvarts er det som gjør at steinen blir hard og holdbar.

Det kan derfor se ut som Bjørheimsbygda har et relativt godt fjell.



Figur 2 – Berggrunn i Bjørheimsbygda

Selv om fjellet da kan virke godt, finnes det ingen pukkverk i Bjørheimsbygd per dags dato. Noe fjell har likevel blitt hentet ut under arbeidet med Svotunellen. Massene fra tunellen ble lagt i lager, og deretter nedknust og brukt av Stangeland Maskin AS.

## Generelt om pukkverk

Pukkverk er et anlegg hvor det blir produsert pukk fra sprengt fjell. Fast fjell blir først sprengt, og deretter knust og siktet. Når den sprengte massen blir siktet, kan man fordele den inn i ønskede fraksjoner. De ønskede fraksjonene varierer etter behov, da hver fraksjon har forskjellige bruksområder. På et stort pukkverk finner man det meste, men de mest brukte er fraksjoner som:

- 0/11 – Kan bli brukt som topplag på grusveier osv.
- 0/32 – Kan bli brukt som bærelag på asfaltert vei.
- 8/16 – Singel som ofte blir brukt på rør/drens.
- 16/22 – Litt grovere singel, som typisk kan bli benyttet på større rør eller fundament i grøft
- 32/64 – Jernbanepukk som typisk blir benyttet ved opparbeidelse av jernbane.
- 20/120 – Pukk som ofte blir brukt til forsterkningslag i veg.

Dette er bare noen av de typiske produktene man finner i et pukkverk. Noen av disse fraksjonene kan variere fra pukkverk til pukkverk. Eksempelvis bruker noen 11/16 istedenfor 8/16, og da sorterer de også ut 8/11 for å selge denne for seg selv.

Under ser man bilde av et typisk stasjonert pukkverk. Bilde her er i fra Skolt sitt pukkverk i Moss.



Figur 3 - Pukkverk





Figur 4 – Kjeftknuser

På bildet ovenfor ser vi en typisk belteknuser. Her lastes det i store steiner med gravemaskin, og steinene kommer ut som en blandet pukk etter nedknusning.

Det finnes mange måter å drive et pukkverk på, men i hovedtrekk ser vi to forskjellige typer anlegg. Den ene typen består av stasjonert utstyr. Dette vil si at knuser, sikt og transportbånd står fastmontert i ramme på bakken. Slike anlegg blir oftest brukt når pukkverket skal stå på samme plass over lengre tid. I tillegg har vi flyttbart utstyr, hvor både knuser og sikt går på belter slik at det lett kan flyttes. Slikt utstyr blir ofte brukt på plasser der man skal være en begrenset tidsperiode, eller at mengden på uttak er i mindre skala. For eksempel dersom man skal bygge en ny vei og ønsker å produsere pukk av overskuddsmassene på plassen.

I tabellen under ser vi hva knust fjell og grus/sand blir brukt til. Dersom vi tar utgangspunkt i Rogaland, ser vi at 43% blir brukt til vei, 20% til dekker, 29% til betong og 9% til andre formål

### BRUKSOMRÅDER BYGGERÅSTOFF, KNUST FJELL OG GRUS/SAND (INNENLANDS OG EKSPORT)

Alle tonn i [tusen tonn]

Fylke	Brukt til vei (tonn)	Brukt til dekke (tonn)	Brukt til betong (tonn)	Brukt til annet (tonn)	Sum alle bruksområder (tonn)	Andel brukt til vei	Andel brukt til dekke	Andel brukt til betong	Andel andre formål
01 Østfold	1 372	363	961	952	3 649	38 %	10 %	26 %	26 %
02 Akershus	3 055	717	1 065	1 129	5 965	51 %	12 %	18 %	19 %
03 Oslo	567	128	54	0	749	76 %	17 %	7 %	0 %
04 Hedmark	4 429	350	373	1 679	6 830	65 %	5 %	5 %	25 %
05 Oppland	1 300	414	211	1 549	3 474	37 %	12 %	6 %	45 %
06 Buskerud	1 896	262	1 694	1 608	5 460	35 %	5 %	31 %	29 %
07 Vestfold	1 272	440	359	1 070	3 142	40 %	14 %	11 %	34 %
08 Telemark	1 079	758	450	837	3 124	35 %	24 %	14 %	27 %
09 Aust-Agder	437	171	338	218	1 164	38 %	15 %	29 %	19 %
10 Vest-Agder	361	26	81	1 068	1 536	24 %	2 %	5 %	70 %
11 Rogaland	10 704	4 849	7 159	2 119	24 830	43 %	20 %	29 %	9 %
12 Hordaland	1 682	781	860	1 249	4 572	37 %	17 %	19 %	27 %
14 Sogn og Fjordane	560	2 785	771	4 058	8 174	7 %	34 %	9 %	50 %
15 Møre og Romsdal	1 392	200	563	1 436	3 591	39 %	6 %	16 %	40 %
18 Nordland	2 481	570	328	942	4 321	57 %	13 %	8 %	22 %
19 Troms – Romsa	777	176	274	549	1 776	44 %	10 %	15 %	31 %
20 Finnmark – Finnmarku	331	128	117	432	1 008	33 %	13 %	12 %	43 %
50 Trøndelag	5 139	1 069	1 109	3 097	10 414	49 %	10 %	11 %	30 %
<b>Totalt</b>	<b>38 834</b>	<b>14 187</b>	<b>16 765</b>	<b>23 993</b>	<b>93 779</b>	<b>41 %</b>	<b>15 %</b>	<b>18 %</b>	<b>26 %</b>

Figur 5 – Bruksområder byggeråstoff

Om vi fokuserer på antall tonn, ser vi også at Rogaland er det fylke som produserer desidert mest byggeråstoff. Ifølge tabellen produserer Rogaland 24 830 000 tonn byggeråstoff av knust fjell og grus/sand i løpet av et år (2018). At Rogaland har mye høyere produksjon enn resten av Norge skyldes nok mye Norsk Stein Jelsa som for øvrig er Europas største steinbrudd. Norsk Stein Jelsa holder til på Jelsa, og produserer årlig rundt 13 000 000 tonn. [5]

## Generelt om sprengning

«Sprengningsteknikk omfatter valg av sprengstoff, plassering av sprengstoff i eller på den fjellmasse som skal fjernes, og tenning og detonasjon for å løsgjøre fjellet». [\[6\]](#)

«I hovedsak skiller vi mellom sprengning i dagen/over jord og under jord. Avhengig av området som skal sprenges velges bore- og sprengningsmetoder».

«For boring og sprengning av berg i dagen finnes tre dominerende metoder: pallsprengning, flåsprengning og grøftesprengning. Pallsprengning er en sprengningsmetode som brukes når man skal sprengne i skjæringer, skråninger, steinbrudd og andre tilfeller hvor man ønsker å sprengne vekk hele bergmassen eller deler av en bergmasse som opprinnelig befinner seg på et høyere nivå enn resten av området». [\[Vatne, 2021, s329\]](#) Flåsprengning blir veldig likt pallsprengning, bare at «pallhøyden» er lav. Grøftesprengning vil generelt også bare si sprengning i grøft. Det som gjør grøftesprengning spesielt er at man ofte kun skal sprengne ut en liten rad med fjell på begge sider, slik at man ikke kan legge salven ut noe sted.

Det finnes mange ulike grunner til å sprengne fjell. Som vi så tidligere er fjell et viktig byggeråstoff, og mye av fjellet som sprenges ut blir derfor brukt til dette formål. Andre grunner til å sprengne kan være fordi fjellet står i veien for noe vi ønsker å bygge, for eksempel veier, bygninger og grøfter.

I anleggsbransjen kan sprengstoff også bli brukt til å dele opp store steiner. Dette kan også være for at steinene står i veien for noe, på samme måte som fjell. En typisk grunn kan også være at den skal bli lettere å flytte på. Ofte på anlegg treffer gravemaskinførere på store steiner i grunnen. Når disse steinene da er for store til å løfte eller legge på en lastebil, må de deles opp. Det kan da bli benyttet sprengstoff til å dele steinene opp i en størrelse som er lettere å flytte på.

For at en bedrift skal kunne drive med bergsprengning har de et strengt regelverk å forholde seg til. Uten å gå for mye i detalj kan vi se litt på noen av grunnene hvorfor det kan være slik. Det at regelverket er strengt skyldes risikoen ved bruk av sprengstoff. Om noe skulle gå galt ved bruk av sprengstoff, vil følgene ofte være kritiske. Det stilles derfor strenge krav til kompetanse og erfaring fra de som håndterer sprengstoff. De som bruker sprengstoff, må også ha politiattest. Dette er for å hindre at sprengstoff skal havne i feil hender.

Om vi ser på §83 Virksomhet som utfører bergsprengningsarbeid [\[7\]](#)

Kan vi se litt på hvilke krav som stilles ved selve utføringen av sprengningsarbeider.

Forskriftsteksten låter som følger:

«(1) Ledelsen i virksomhet som selv utfører bergsprengningsarbeid skal sørge for at sikkerheten ved håndtering av eksplosiver blir ivaretatt på forsvarlig måte.

(2) Ledelsen i virksomheten skal i samråd med bergsprengningsleder sørge for at det blir utarbeidet planer og rutiner for å ivareta all sikkerhet ved bruk av eksplosiver. Virksomheten skal kartlegge farer og problemer, herunder miljøpåvirkning, og på denne bakgrunn vurdere risiko, samt utarbeide tilhørende planer og tiltak for å redusere risikoforholdene. Planene skal omfatte sprengningsplan og plan for informasjon og varsling til berørte parter og skal foreligge skriftlig før sprengningsarbeidet igangsettes. Planene skal være basert på risikovurderinger, og være integrert i de overordnede planene for prosjektet/anlegget, og være en del av virksomhetens internkontrollsystem. Planene skal oppbevares i minst tre år etter slutføring av sprengningsarbeidene.

(3) Ledelsen i virksomheten skal sørge for at bergsprenger, i samråd med bergsprengningslederen, utarbeider salveplan i henhold til risikovurderingene og sprengningsplanen. Salveplan skal foreligge skriftlig før sprengningsarbeidet igangsettes

Som vi kan se omhandler punkt 1 HMS ved sprengning på en generell måte. Dette vil si at en bedrift som ofte utfører sprengningsarbeider vil ha rutiner for oppfølging av denne paragrafen. Det blir derfor litt mer interessant å se på de to neste leddene.

Punktene 2 og 3 er punkter som må gjøres for hver enkelt sprengningsjobb, og må være en del av planleggingen.

DSB skriver også hva disse planene bør inneholde:

1. Beskrive ansvarsforholdene, organisasjonsplan

- a. Hvem er arbeidsgiver/oppdragsgiver.
- b. Hvem er bergsprenger/bergsprenningsleder.
- c. Hvem underentreprenører rapporterer til. Rapporteringsrutiner.

2. Utført risikovurdering, kartlegging av alle farlige forhold ved sprengningsarbeidet, jf. også internkontrollforskriften

- a. Hva som må tas hensyn til i omgivelsene, jf. § 89.
- b. Intern transport på anlegget og plassering av eksplosivene, jf. § 93.
- c. Miljøpåvirkning, støy, støv, rystelser, steinsprut, jf. § 89.
- d. Varsling av omgivelsene, jf. § 90.

3. Arbeidstillatelsessystem

4. Salveplan

- a. Utstyr som må være på arbeidsstedet før oppstart.
- b. Valg av borustrustning, hulldiameter.
- c. Valg av sprengstoff og tenndidler.
- d. Størrelse på salva.
- e. Nummerering og fordemming.
- f. Sikring mot utkast. Dekningsmateriell.

5. Instruks for avviksbehandling

- a. Hvem skal ta avgjørelse når forskjellige deler av planen ikke kan gjennomføres som forutsatt.
- b. Hvordan dokumentere hva som er gjort når planen måtte fravikes.

6. Ansvar for å utarbeide salverapporten og innholdet av denne

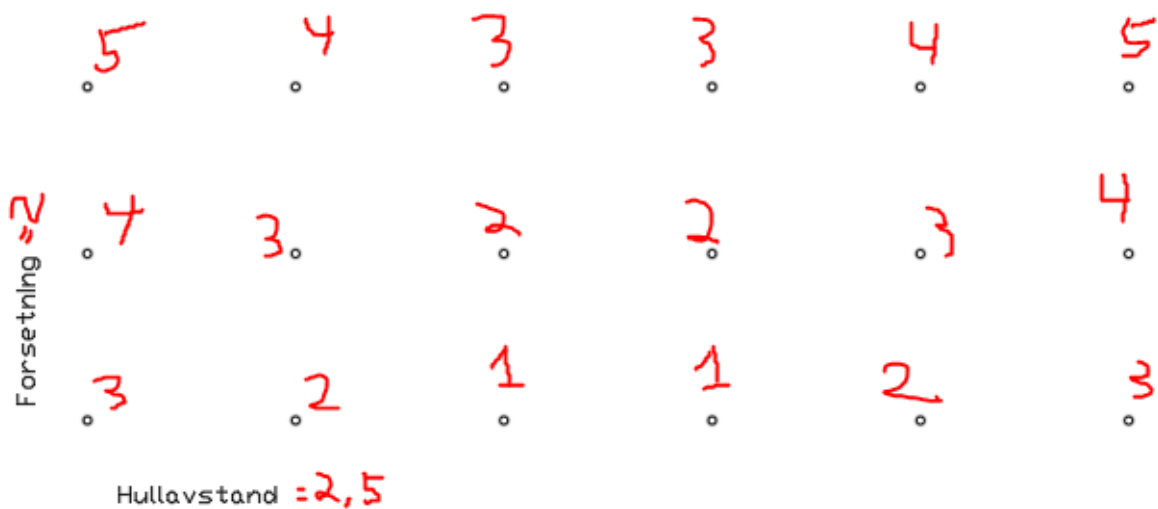
Sprengstoff finnes i forskjellige former. Vi har patroner i forskjellige størrelser og fasonger. Det brukes også flytene sprengstoff og sprengstoff i form av mange små knotter (som veldig små klinkekuler). Alle med litt forskjellige egenskaper. Den mest brukte typen på små sprengninger er patroner. Dette skyldes at de er enkle å transportere, og at det er lett å ha kontroll på lademengde. I store steinbrudd brukes som regel flytende sprengstoff. Man har da på forhånd regnet ut hvor mange liter man skal ha i hvert hull, og fyller opp deretter. Flytene sprengstoff er en hel del billigere enn sprengstoff i patroner, men det krever en litt mer omfattende transport. Transporten har likevel lite å si i den forstand når det skal lades med tonnevis av sprengstoff i hver salve.

For at sprengstoffet skal eksplodere må vi bruke en tenner. Det finnes også flere typer tennere, men det de har felles er at de inneholder en liten bit med sprengstoff. Tennerne plasseres i en patron med dynamitt. Når sprengstoffet i tenneren eksploderer, vil det gjøre at dynamitten rundt tenneren også eksploderer.

For at det ikke skal være tilfeldig hvilke tennere som eksploderer først, har hver tenner en forsinkelse. Dette vil si at for eksempel en tenner går av etter et millisekund, mens neste går av etter to millisekund. På denne måten kan vi styre hvilke hull vi vil sprengte først.

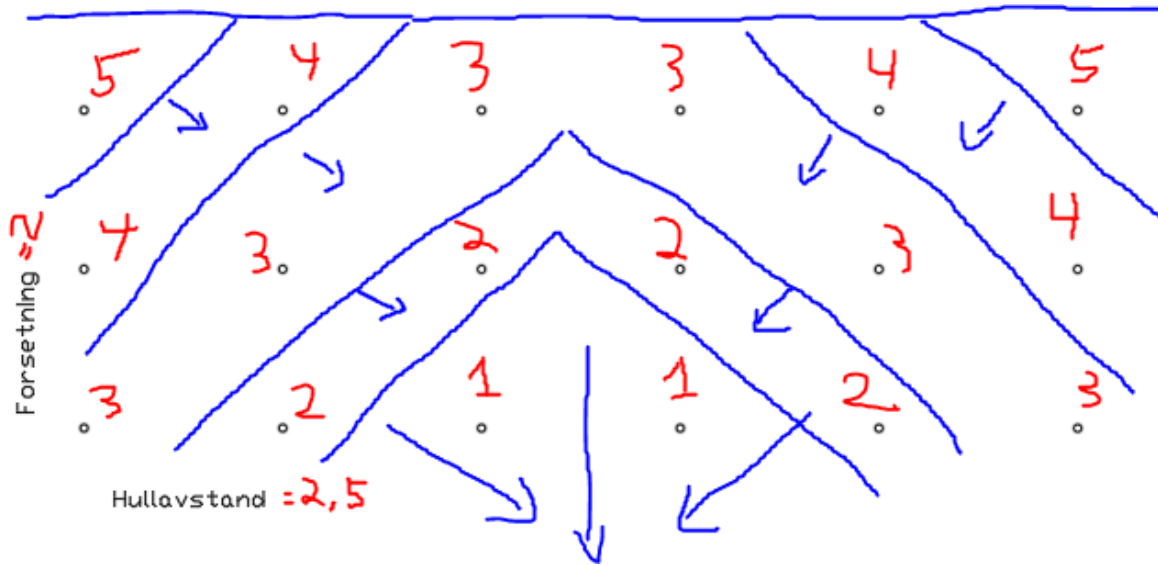
For å planlegge hvor den sprengte steinen kommer til å sprute/lande må vi tenke på hvilke tennere vi skal eksplodere først. Det som gjelder på generell basis, er at fjellet vil sprengte mot minste motstands vei.

Ved hjelp av tennmønster kan vi da styre hvor fjellet skal gå, ved å lage minst mulig motstand mot den veien vi vil at det skal legge seg.



Figur 6 - V mønster

Ovenfor ser vi et typisk V-mønster som tennmønster. Tallene representerer rekkefølgen sprengstoffet skal detonere i. Under ser man hvorfor det kalles et V-mønster.



Figur 7 - V mønster illustrasjon

Etter at de tennerne med 1 har blitt detonert kan massen enten bevege seg utover som pilene viser, eller inn mot fjellet som ikke har detonert enda. Siden massen velger minste motstand vei, vil den naturligvis gå ut mot det fri. Når massen da har begynt å bevege seg som pilene viser, blir tenner 2 detonert. Siden 1 nå har beveget seg bort, har også 2 en fri sone foran seg som den vil gå mot. Det samme gjelder så bakover, og massen vil bevege seg slik som pilene viser.

På bildet over ser man også at hullavstanden i dette eksempelet er 2,5meter, og forsetningen er 2meter. Dersom man deler salven opp i rader, blir første rad første horisontale linje.

Hullavstanden vil da si hullavstanden mellom hvert hull på samme rad. Forsetningen vil si avstanden til neste rad. Forsetningen er ofte mindre enn hullavstanden. Forsetningen er også den avstanden man har fra første hull til ytterkant av salve.

Dette er bare et eksempel på hvordan man kan planlegge et tennmønster. Meningen er bare å illustrere hvordan man kan planlegge hvor massen skal legge seg under/etter sprengning.

Som nevnt har Brødrene Helland AS per d.d. et sandtak i Bjørheimsbygd, og det er dette sandtaket de ønsker å utvide til pukkverk. Planen er da at bedriften skal fortsette innover i de naturlige massene til de treffer på fjell. Dette vil si at bedriften skal fortsette uttak av morenemasse som vanlig, og deretter fortsette på fjellet.

Fjellet har en relativt naturlig stigning. Med dette menes det at fjellet begynner med en rygg og blir stadig høyere dess lengre inn man kommer. Denne ryggen viser tydelig igjen i terrenget, og er planlagt som første del av uttaket.

Når det gjelder reguleringsplan, er området Brødrene Helland ønsker å benytte til pukkverk per dags dato ikke regulert til formålet. Bedriften ser likevel lyst på mulighetene for å utvide, da det bare er snakk om utvidelse av eksisterende uttak. Det er også inngått avtale med grunneier. Videre i oppgaven blir det derfor naturlig å se bort ifra at området ikke er regulert til formålet, og at dette blir ordnet før oppstart. Nedenfor ser vi området i rødt der det kan være aktuelt for bedriften å utvide til over tid. Når vi ser på området innenfor den røde streken, så er det cirka 40mål. Det vil derfor si at et så stort område ikke er nødvendig fra starten, men kan eventuelt bli delt opp i forskjellige steg.



Figur 8 - Kart over sandtak og nytt pukkverk



Når det gjelder adkomst ligger området relativt nært Riksvei 13. Man tar av Riksvei 13 ved Leiteveien, og følger denne i cirka en kilometer. Deretter tar man av Leiteveien og inn på privat veg. Denne private vegen er per d.d. en grusvei. Veien blir primært brukt av lastebiler med tipp, både med og uten henger. Om bedriften skal etablere pukkverk i området, vil uttaket strekke seg over en lengre periode enn først antatt. Veien har derfor relativt høy belastning, og over en lengre tidsperiode enn først antatt. Om grus fortsatt er det gunstige valget bør derfor vurderes. Av erfaring vet man at i grusveier dannes det fort groper/hull i kjøresporene. Slike groper/hull i vegbanen fører til stor slitasje både for dekk og fjører på lastebilen. De sjåførene som har kjørt ut og inn fra eksisterende sandtak har derfor måttet tilpasse farten etter forholdene. Dette kan da ses på som en flaskehals for tilkomsten når det gjelder tidsforbruk. Det vil også føre til unødvendige kostnader i forhold til slitasje på lastebil, samt vedlikeholdskostnader. Ved oppstart av pukkverk vil jeg derfor anbefale bedriften å oppgradere til asfalt. Ved slik asfaltering vet bedriften at de må påregne cirka 100,- per kvadratmeter. Den blå streken på kartet tilsvarende cirka 350meter, noe som tilsvarer en pris på 140 000,- på en 4m brei veg. En slik engangssum vil over tid svare seg med nedgang i vedlikeholdskostnader både på grusvei og lastebiler. En annen fordel vil også være bedre komfort for sjåførene, noe som også har en stor verdi.



Figur 9 - Tilkomst

## **ROS-Analyse for området.**

En ROS-analyse står for Risiko- og sårbarhetsanalyse. En slik analyse er vanlig å gjøre før man starter på nye prosjekter som kan føre til ødeleggelser eller konsekvenser for befolkning eller natur.. Hensikten med analysen er å identifisere sårbarheter. Når sårbarhetene er identifisert kan man da sette inn tiltak for å redusere sjansen for at de skal forekomme, eller redusere konsekvensen av den.

En enkel ROS-analyse for de tre mest overhengende sårbarhetene ble derfor lagd.

En av de mest overhengende problemstillingene når man skal åpne pukkverk er inngrepet i naturen. Pukkverk tar stor plass, og viser godt igjen i det naturlige terrenget. I vårt tilfelle vil likevel dette ikke være noe stort problem. Dette skyldes at det allerede er sandtak i området, og at området allerede er ryddet for skog.



*Figur 10 - Eksisterende situasjon*

Som vi kan se er ikke området per dags dato et syn for øyet.

En annen trussel/sårbarhet for pukkverket kan være husstanden i området. Da med tanke både på lyd/støynivåer men og rystelser ved sprengning. Det finnes forskjellige måter å skjerme for støy på. Den mest aktuelle metoden i dette område vil være å legge en voll mellom huset og sprengning/knuse delen av pukkverket.



*Figur 11 - Skjerming av hus*

Denne vollen vil da skjerme beboerne for unødvendig støy fra pukkverket. Som vi kan se blir huset allerede noe skjermet fra eksisterende terreng. Denne skjermingen kan bli enda større ved hjelp av massene på plassen.

Når det gjelder rystelser kan dette måles med en rystelsesmåler. Om rystelsene blir for store, kan de reguleres deretter. For eksempel ved mindre salver, eller ved at salvene legges i bestemte retninger for å unngå mest mulig av rystelsene.

En annen trussel kan være fallulykker på plassen. Ved åpning av pukkverk vil man skape skråninger som ikke er naturlige i terrenget. Om noen da skulle vandre i området må de ikke falle utfor en kant. Det samme gjelder også dyr. En løsning på dette kan være å ha et oversiktlig område rundt kantene, og eventuelt et gjerde rundt området.

## Start av pukkverket

Det aktuelle området for pukkverket har frem til sommeren 2020 bestått av skog. I 2020 hogde grunneier ned skogen, og igjen står da bare trestammer og mindre trær, samt humusholdig masse.

Første steg når det kommer til åpning av brudd blir da markkrydding/avflåing av jord. Røtter og stammer legges på tipp i området. Entreprenøren har stor tipp i sandtaket som blir brukt til igjennfylling av eksisterende sandtak. Denne tippet skal senere bli til dyrket mark.



Figur 12 - Tegning av jordvoll

Brukbar matjord bør tas vare på og legges i lager. Om bonden da ønsker dyrket mark ved gjenlegging av pukkverk i fremtiden er dette mulig.

Området som er markert med rødt ovenfor er hvor jeg vil anbefale bedrift og lagre eventuell matjord. I dette hjørnet er det ikke aktuelt å ta ut fjell, og derfor et område bedriften har lite trang for. Man kan derfor være sikre på at jorden ikke vil ligge i veien for driften i fremtiden.

Om man legger opp en voll slik som tegnet på bilde, vil dette også fungere som et støydempende tiltak for huset i nærheten. I tillegg til dette kan det også fungere som en ekstra beskyttelse ved sprengning av salver.

Når det gjelder eksisterende situasjon har man en stoff med morenemasse mot området. Denne er markert med blått i bilde over.

For uttak av fjell må derfor morenemassene enten tas ut eller legges i lager i forkant.

Entreprenør har ingen bestemt slagplan når det kommer til dette, men ved diskusjon kom vi frem til et mulig utfall. Om Entreprenør legger massene i større hauger/lager har de muligheten til å blande morenemassene med fjellmassen i etterkant. For bedriften vil dette kunne bidra til en jevnere overgang i fra morenemasser til sprengt fjell. Det kan også bidra til at entreprenøren kan nytte massene bedre. Eksempelvis vil ikke knust 0/8 være et veldig ettertraktet produkt for entreprenøren. Om dette blandes med 0/8 morenemasse i rett kombinasjon kan det være fullt brukbart.

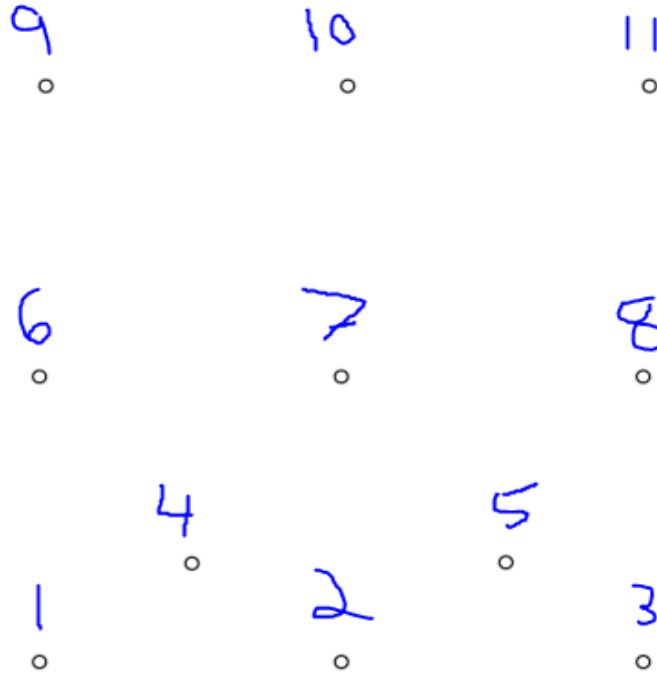
Dette vil selvsagt også påvirkes av egenskapene til fjellet i området. Egenskapene til fjellet må kunne oppfylle krav fra for eksempel Vegvesenet. At kvaliteten er god, vil derfor være kritisk for entreprenør. Dersom fjellet består av feil kombinasjon av mineraler vil dette være avgjørende for kvaliteten. Om kvaliteten er dårlig vil et pukkverk være lite aktuelt. Tidligere så vi på hva kartene til NGU sa om fjelltypen i område. Prognosene så relativt gode ut siden det var sterke mineraler i fjelltypen. For å etablere pukkverk virker dette likevel litt vagt, og sammen med bedriften bestemte jeg meg for å ta prøver av fjellet.

På den måten kunne vi finne ut akkurat hvilke mineraler fjellet besto av i det aktuelle området, og om det var av god kvalitet.

### Uttak av prøver

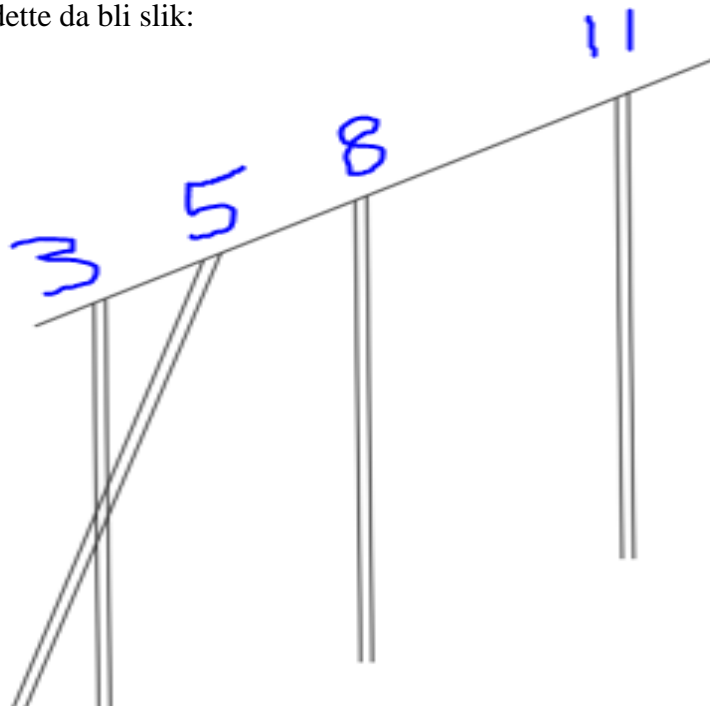
Ved uttak av prøver er det viktig å ta en prøve som er representativ for mest mulig av massen. Vi valgte derfor å ta en prøve cirka midt i sone 1. Vi brukte da en gravemaskin for å fjerne jord fra fjellet. På det valgte området var jorden cirka 0,5-1meter tykk. Vi rensket cirka 10m<sup>2</sup> med fjell. Når vi da hadde gjort dette, lagde vi tilkomst for borerigg. Boreriggen boret så 11 hull. Sett ovenfra ser vi borremønsteret slik:

Planen var da å borre 11 hull i dette mønsteret. De blå tallene er kun ment for å vise hvor snittet er tatt, for å forstå vinkelen på borehullene.



Figur 13 - Borehull

Sett i fra siden vil dette da bli slik:



Figur 14 - Borehull fra siden

Som vi kan se ble hull 4 og 5 boret med vinkel. Grunnen til at dette ble gjort var for å få bedre utslag i salven. Siden salven hadde masse rundt i alle kanter, måtte vi «kunstig» lage til en plass som massen kunne legge seg. Tanken med boringen var da at vi skulle sprengne hull 4 og 5 først. Når 4 og 5 da gikk av, ville dette lette på massen i fremkant. Vi skulle da få et hulrom bak 4 og 5. Videre i sprengingen kunne vi derfor sprengne inn mot dette hullet.

På bilde ser vi når boreriggen borer skrå hull.



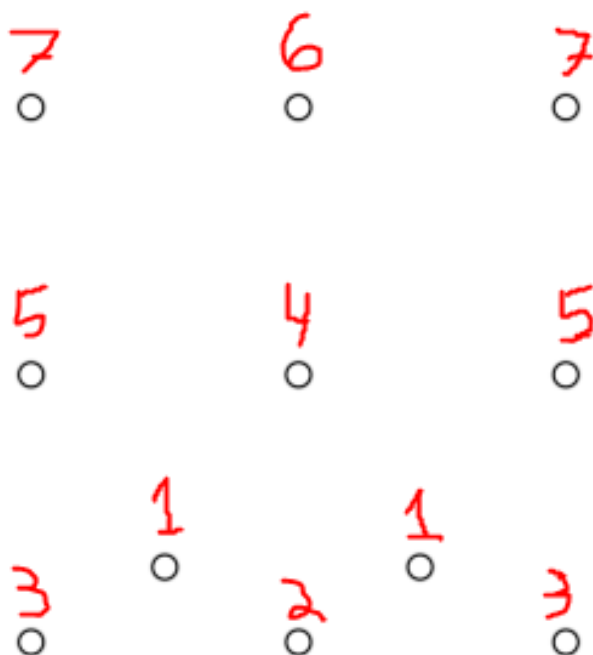
Figur 15 - Boring med helning

I virkeligheten ble det seende slik ut:



Figur 16 - Før ladning

På tegningen under ser vi tennmønster med rød skrift.

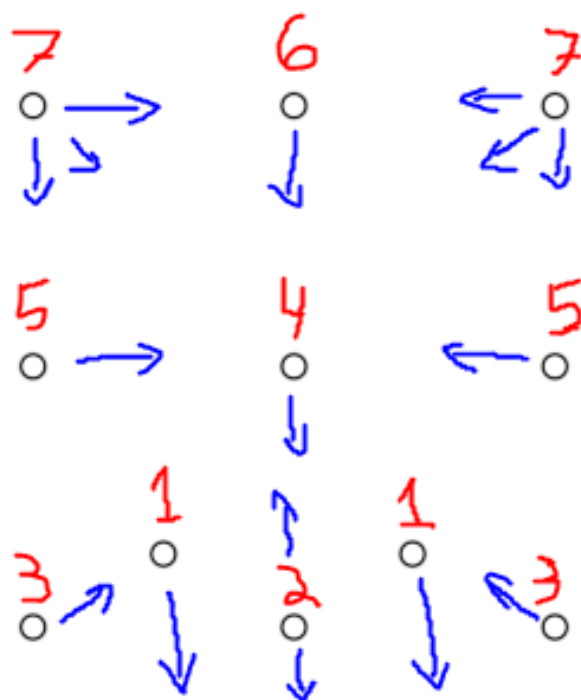


Figur 17 - Tennmønster

Som vi ser er det hull 4 og 5 som ble ladet med de raskeste tennerne. Problemet her er at hullene har fjell rundt seg på alle kanter, og det er derfor ikke noe naturlig vei for fjellet å utvide seg. Dette var grunnen til at de ble boret med helning, slik at de skulle ha lettere for å løfte fjellet oppover. Når tennerne med 1 da ble avfyrt, hadde det 2hullet sprengt fjell rundt seg på alle kanter. Det samme gjelder deretter 3, 4, 5 og så videre

På denne måten skaper vi alltid et løst område rundt hvert hull som skal tennes.

På neste side ser vi både planlagt og utført sprengningsplan. Her er lademengden definert til 1,25kg per hull. Det ble brukt Eurodyn 2000, i form av papirpatroner. En slik patron i 35x400mm (380mm) veier cirka 0,5kg. Vi brukte derfor 2,5 patron hvert hull. Siden hullene var 2-2,3 meter dype, ble det da rundt 1 meter med singel over. Denne singelen var i dimensjon 8-11.



Figur 18 - Utslag

Sprengningsplan Brødrene Helland pukkverk

Sprengningsplan.	Plan	Utført
Hulldimensjon	45 mm	45
Forsetning	1	1
Hullavstand	0,9	0,9
Underborring	0,3	0,3
Hullhelling		
Hullengde	2	2
Dynamitt 25x400mm Lengde		
Lademengde	0	
Dynamitt 30x400mm		
Lademengde	0	
Dynamitt 35x400mm	1	1
Lademengde	1,25	1,25
Bunnladningens lengde 50mm	0	
Bunnladningens mengde 50mm	0	
Sum dynamitt	1,25	1,25
Pipeladning anolit		
Pipeladningens lengde Anolit		
Pipeladningens mengde Anolit	0	0
Fordemning		
Antal hull	11	11
Sum sprengstoff pr hull	1,25	1,25
Sum sprengstoff totalt	13,75	13,75
M3 pr hull	1,8	1,8
Sprengstofforbruk pr/m3	0,69444	0,6944
M3 totalt	19,8	19,8

Tennmidler: El.

Varsling med sirene.

Rystelsesmåling : nei

Post 1 ved bolig

Post 2 ved hovedveg

Post 3 ved hovedveg

Post 4

Spesiell varsling:

Varsle fastboende i nærheten





Figur 21 – Etter fjellrensk



Figur 20 – Under boring



Figur 22 - Etter ladning



Figur 19 - Etter sikring

Salven ble beskyttet med 2 skytematter. Disse skytemattene har hver en vekt på cirka 1,5 tonn. Totalt hadde vi da 3 tonn med skytematter på prøvesprengningen. Vi hadde derfor to matter over alle hullene.

Salven ble deretter sprengt av og mattene gjorde et lite løft. Det at mattene gjør et løft er ofte et bra tegn. Det vil si at fjellet under har blitt løftet og forhåpentligvis knust. Når mattene da ble fjernet var fjellet fint sprengt, og vi hadde steiner i alle størrelser.

Som vi kan se midt på bilde ser vi noe oransje. Vi var redde for at dette kanskje kunne være forurensning fra massene rundt. Vi var derfor nøye med å skrape bort dette. Når vi hadde rotet litt forsiktig i den sprengte salven fant vi noe finstoff/singel som vi tok vare på. For å sikre gode prøver tok vi også med oss to steiner på rundt 0,5m<sup>3</sup>. Disse ble plukket ut med



Figur 23 - Etter sprengning

gravemaskinen. Dette gjorde vi for å sikre at prøvene ble

tatt av rent fjell, og for at ingen slepper i fjellet skulle forurense prøvene. Vi la deretter disse steinene i bedriften sin grovknuser og knuste de ned til pukk. Vi fikk da stein i størrelsen 0-200. Et tilfeldig utvalg av steinene ble da lagt i bøtter.

Massene ble deretter tatt med til UIS for videre lab undersøkelser.

Det ble totalt brukt 40 liter med ulike fraksjoner av stein. Siden bedriften jobber mye med veg og lignende tok vi tester ut ifra Statens Vegvesen sine krav. Tester som da ofte blir etterspurt er: LA-Test, MicroDeval og Flisighetsindeks. Alle disse prøvene tas ut ifra fraksjoner i 8-16 størrelsen. Prøvene ble derfor kjørt igjennom kjeftknuseren på UIS sin materiallab. Her ble de knust til cirka 0-20mm, og deretter siktet. Vi tok også en XRD av prøvene. En XRD står for X-Ray powder diffraction, som på norsk blir Røntgenkrystallografi.

## XRD Prøve

For å ta en XRD trenger vi steiner som er nedknust til pulver. Pulveret må være cirka like fint som melis.

Det må også knuses for hånd for å bevare krystallene best mulig i materialet. Størrelsen på steinene vi begynte med, og størrelsen til slutt viser på bildene på siden. Det ble knust av en liten del av hver stein, som igjen ble malt ned til fint pulver.

Pulvere legges i små beholdere og deretter i en XRD maskin.

På bildet her ser vi en XRD maskin. Denne sakte rundt beholderne, og sender signal fra forskjellige vinkler. Dette signalet blir da lest av, og man får en indikasjon på hva materialet kan være.

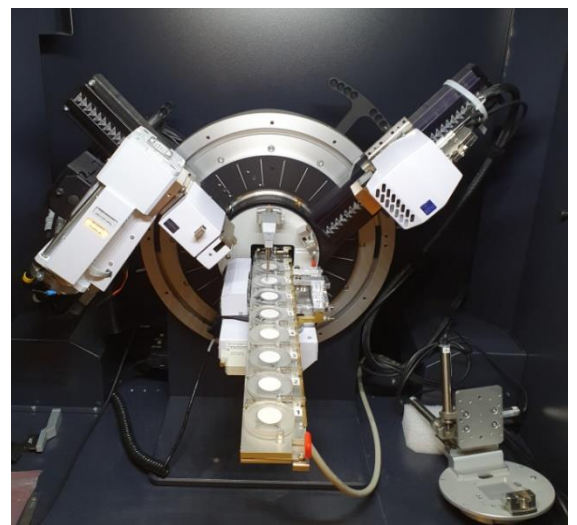
Resultatene kommer ut som vist i tabellen under.



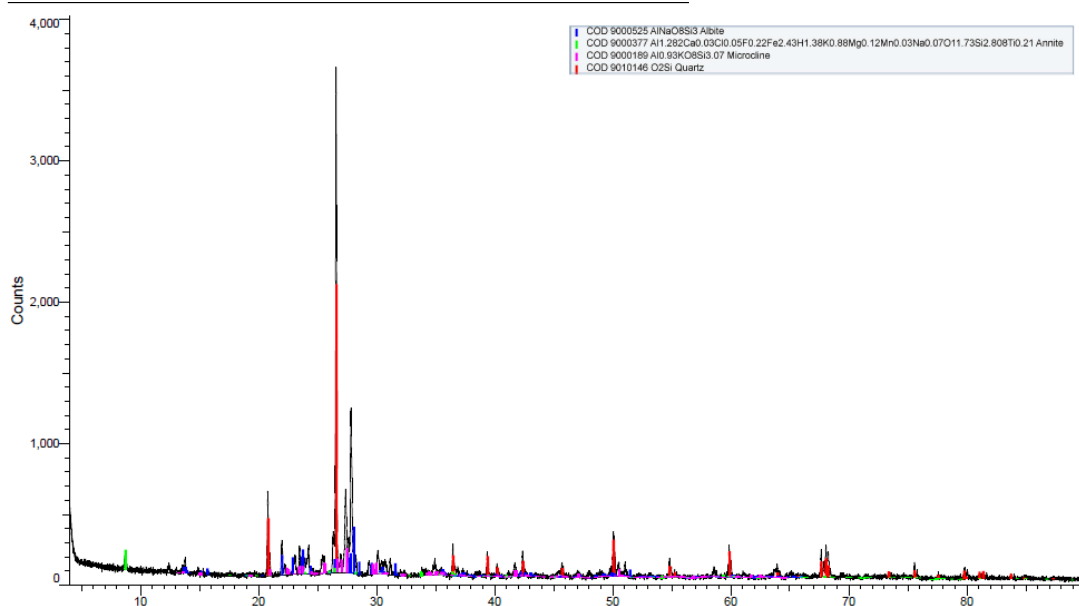
Figur 24 - Bilde av steinprøve



Figur 25 - Nedknust stein



Figur 26 - XRD maskin



Figur 27 - Diagram fra XRD maskin

Det programmet da vet, er hvilke verdier som er vanlig å få på de forskjellige stoffene.

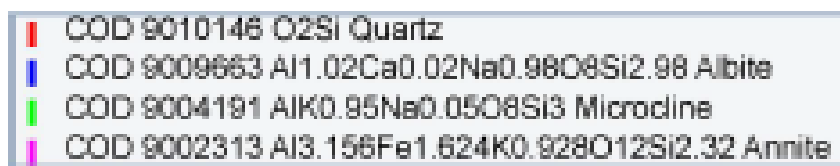
Maskinen sammenligner våre prøveresultat med «fasiten» for hvert material.

Programvaren velger derfor de materialene som er nærmest de kjente verdiene.

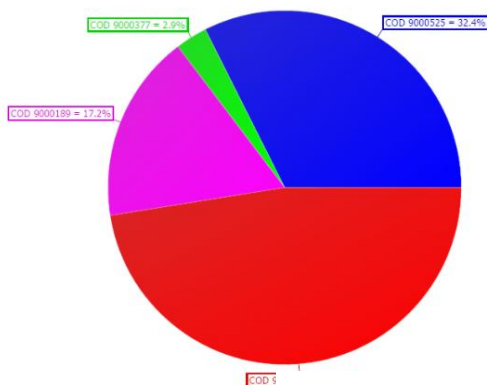
Om man ønsker et helt nøyaktig resultat, må man gå inn i dybden på hvert enkelt punkt for å se om maskinen har tatt feil. Det hender at maskinen trekker sammenligninger som egentlig ikke er tydelige nok til å konkludere. I vårt tilfelle har vi ikke gått så veldig inn i detalj. Dette skyldes at det ikke har så mye å si med en liten variasjon av resultatet. Om massen inneholder for eksempel 31% kvarts, i stedet for 30,8% så har ikke det noe å si for vår del. Vi var mest interessert i et generelt overblikk over hva som befant seg i massen.

Vi hadde 3 forskjellige steiner som vi tok prøver av. Maskinen/programvaren laget da sektordiagram som viste fordelingen.

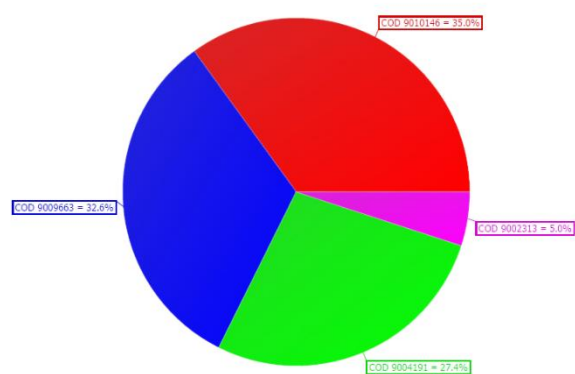
Som vi ser varierer innholdet i prøvene noe, men man får likevel et innblikk i hvordan fordelingen er på de forskjellige prøvene.



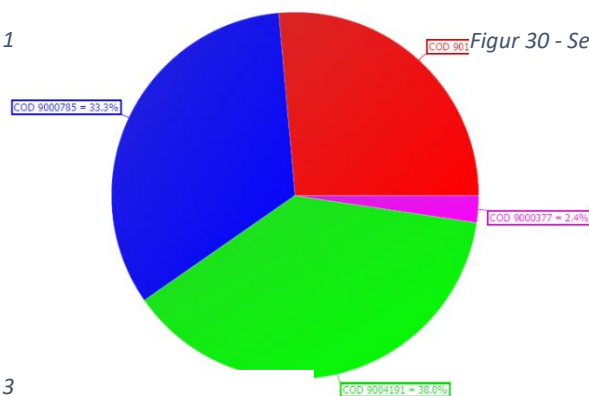
Figur 28 - Beskrivelse sektordiagram



Figur 29 - Sektordiagram prøve 1



Figur 30 - Sektordiagram prøve 2



Figur 31 - Sektordiagram prøve 3

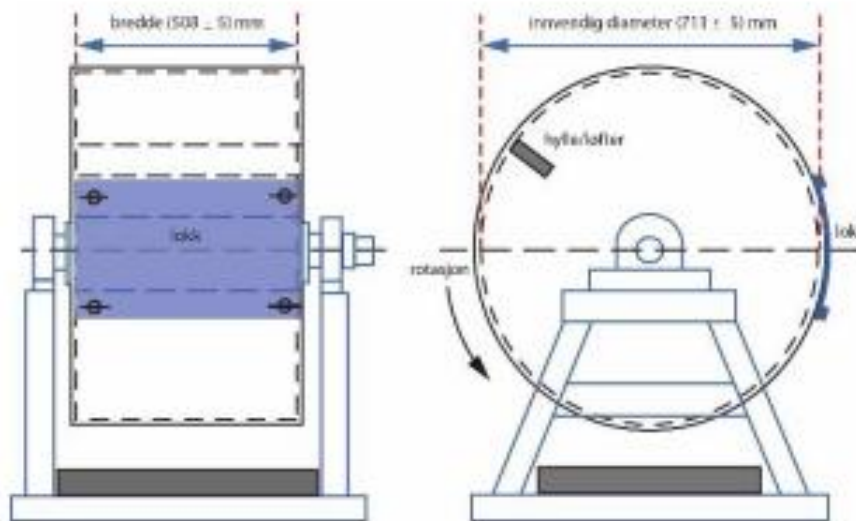
Man ser da at prøvene inneholder Kvarts, Albitt, Mikroklin og Annitt. Alle disse mineralene er vanlige å finne i granitt. Med hjelp fra veiledere ved UIS, kunne vi konstatere at bergarten var en Granodioritt fra tidsalder mesoproterozoikum (1000-1130 millioner år gammel art). Som nevnt tidligere sies det at en «ekte» granitt må inneholde minst 20% kvarts. Fra våre prøveresultat ser vi at de tre prøvene innehold henholdsvis 47,5, 35 og 26,4 prosent kvarts. Et gjennomsnitt vil da være 36,3 % med Kvarts, noe som er godt over grensen på 20. Siden kvarts er det som bidrar til at steinen blir hard, kan dette låte bra for prøvene fremover.

## Los Angeles-metoden

R210 Lab undersøkelser [8, s67]

«Testen er ment å simulere den påkjenning et tilslag utsettes for i en veg. Metoden tallfester et tilslags motstandsevne mot nedknusning ved at det tromles

tørt med stålkuler. Mengde nedknust materiale gir uttrykk for bestandigheten».



Figur 32 - Los Angeles maskin

Maskinen vist ovenfor beskriver hvordan en Los Angeles maskin fungerer. Når da masse legges inn i maskinen, skal den tromle massen. Når maskinen begynner å tromle, bidrar den innvendige platen til å løfte massen opp. Når massen da er løftet opp, vil den naturlig dette av platen, og ned igjen til bunnen. Deretter henter platen opp igjen massen, og samme prosess forsetter. Det som også gjør at materialet får en ekstra belastning er stålkulene som legges i maskinen. Det er totalt 11 stålkuler som også ligger løst inni, og da roterer sammen med massen. Denne skal rotere 500 omdreininger, noe som tar rundt 15-16 minutter. Når maskinen er ferdig, skal massene siktes, og man skal hente ut materialet som er mindre enn 1,6mm.

## Los-Angeles test



Kunde:	Brødrene Helland
Sted:	Bjørheimsbygd
Forekomst:	Fjell
Prøve:	10 - 14 mm lab knust materiale
Prosjektnr.:	
Prøve levert UIS:	
Bestiller:	
Utført av:	
Dato:	

Prosedyre etter Statens vegvesen:  
Håndbok R-210 Laboratorieundersøkelser  
141 Los Angeles-metoden

Krav til kuler:	11 stk; vekt mellom 400 og 445 gram	≈	Innveid vekt på kuler:
	Samlet vekt mellom 4690 og 4860 gram		439,0 <b>OK</b>
			4829 <b>OK</b>

LA verdien fremkommer slik:  $LA = \frac{5000 - m}{50}$

$m$  = masse i hele gram av materialet > 1,6 mm av våtsiktet prøve.

Massen på  $(5000 \pm 5)$  g er sammensatt slik:

<b>Krav:</b>		<b>Prøve:</b>
10 - 12,5 mm (65 ± 1)% :	(3250 ± 3,3) g	3249,8 g
12,5 - 14 mm (35 ± 1)% :	(1750 ± 1,7) g	1750,6 g
		5000,4 g
	$m$ = sikterest > 1,6 mm	3889,4 g

**LA verdi** 22

Figur 33 - Los-.Angeles test

Som vi kan se ble resultatet/ LA verdien 22.

Det denne verdien da forteller oss, er hvor mange prosent av prøven som er mindre enn 1,6 etter tromling. En prosent på 22 ser ut til å være et godt resultat i forhold til kravene til Statens Vegvesen. Et høyere resultat vil tyde på at en høyere andel av massen har blitt nedknust, noe som er negativt. Jo lavere tallet er, jo sterkere er materiale egnet mot nedknusing.

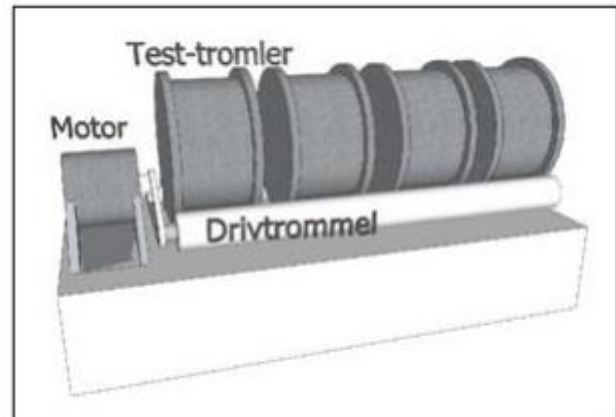
## Micro-Deval metoden

«Et tilslag i fraksjonen 10-14 mm tromles med stålkuler og vann i to timer. Bortslitt masse (vekttapet) forteller om materialets motstandsevne mot abrasiv slitasje. Testen simulerer den slitasje et grovt tilslag utsettes for i et mekanisk stabilisert bære- og forsterkningslag. Alle typer tilslag kan benyttes i denne analysen». R210 Lab undersøkelser [8, s70]

Micro-deval metoden kan på noen områder likne på Los Angeles metoden.

Også her plasseres massene i en rund beholder som roteres. Men i denne maskinen fylles det også vann i beholderne, og kulene er mye mindre. Grunnen til dette er at testen skal teste slitasje, og ikke nedknusning slik som LA.

Trommelen på bildet viser 4 tromler, vi tok 2 paralleller, så da ble kun 2 tromler brukt.



Figur 34 - Micro-Deval trommel

Tromlene skal ha en hastighet på cirka 100 omdreininger i minuttet. (pluss/minus 5)  
Siden testen skal ha totalt 12000 omdreininger varer den i rundt 2 timer.

Under ser vi en beholder vi har lagt singel i, og en uten masse. Når vi var ferdige, var begge fylt med stein og vann.



Figur 35 - Innsiden av tromlene

## MicroDeval, våt



Kunde: Brødrene Helland As  
 Sted: Bjørheimsbygd  
 Forekomst: Fjell  
 Prøve: 10 - 14 mm lab knust materiale  
 Prosjektnr.  
 Prøve levert UIS  
 Bestiller:  
 Utført av:  
 Dato:

Prosedyre etter Statens vegvesen:  
 Håndbok R-210 Laboratorieundersøkelser  
 142 Micro-Devalmetoden

$M_{DE}$  verdien fremkommer slik: 
$$M_{DE} = \frac{500 - m}{5}$$

$m$  = masse i hele gram av materialet > 1,6 mm av våtsiktet prøve

Testen er utført på fraksjonen 10 - 14 mm, oppdelt i 10 - 11,2 mm og 11,2 - 14 mm

	Delprøve 1		Delprøve 2	
Innveid prøve i hele gram		524,6		525
Sikterest > 1,6 mm	$m$	486,85	$m$	487,89
$M_{DE}^1$		7,6	$M_{DE}^2$	7,4

**MicroDeval Indeks :**

$$M_{DE} = (M_{DE}^1 + M_{DE}^2) / 2 \quad \underline{7}$$

Figur 36 - MicroDeval test

Resultatet på MicroDeval ble da på 7, mer eksakt 7,5.

Micro-Deval-koeffesienten vil si gjennomgangen i prosent på 1,6mm siktet. Dess mer stein som blir slitt ned til under 1,6mm dess høyere vil prosenten være. Det vil derfor si at et lavest mulig tall betegner mest slitesterk stein. En rask kikk på R210 så ser man at 7,5 er et bra resultat.



## Flisighetsindeks

«Det stilles krav til flisighet til et materiale som skal anvendes i ulike deler av en vegkonstruksjon. For flisig materiale er ugunstig for stabiliteten». [8, s78]

Flisighet vil si hvor «flakete» massen er. Dette er siden tynne flak vil knekke lettere enn de som er kubeformet.



Kunde:  
Sted:  
Forekomst  
Prøve:  
Prosjektnr.  
Prøve levert UIS  
Bestiller:  
Utført av:  
Dato:

Brødrene Helland  
Bjørheimsbygd  
Fjell  
8 - 16 mm lab knust materiale

Prosedyre etter Statens vegvesen:  
Håndbok R-210 Laboratorieundersøkelser  
144 Flisighetsindeks

## Flisighetsindeks

Prøvens totale masse før analyse  $M_0 =$  2600,00 g

Fraksjon	Sikterester R <sub>i</sub>	Spaltbr. stavsikt	Gjennomgang m <sub>i</sub>	FI=(m/R <sub>i</sub> ) x 100 (%)
12,5/16	1660,2	8	45,6	2,75
10/12,5	485,4	6,3	39,2	8,08
8/10	307,4	5	59,8	19,45

$M_1 =$  2453       $M_2 =$  144,6      **FI = 5,89**

Massetap = 0,09 %

Figur 37 - Flisighetindeks

Resultatet på Flisighetsindeksen ble 5,89.

Flisighetsindeksen vil også si antall prosent av massen som detter igjennom stavsiktene. En høy prosent vil da indikere at mye av steinen er formet som flak. Et lavest mulig tall er derfor best for stabiliteten i massene. En verdi på 5,89 ser også ut til å være et godt resultat.

## Prøveresultat

Mange tabeller under kommer fra [N200](#). For ordens skyld merkes de med [N200, og sidetall].

N200 ligger vedlagt under referanser.

Nå som vi har fått resultatene av hver test, gjenstår det kun å sette dette opp mot kravene til Statens Vegvesen.

[[N200](#), s140]

Trafikkgruppe skal bestemmes ut fra antall ekvivalente 10 tonns aksler (N) per felt i dimensjoneringsperioden, se tabell 511.1.

*Tabell 511.1 Valg av trafikkgruppe ut fra antall ekvivalente 10 tonns aksler*

Trafikkgruppe	Ekvivalente 10 tonns aksler (N)
A	< 500 000
B	500 000 – 1 000 000
C	1 000 000 – 2 000 000
D	2 000 000 – 3 500 000
E	3 500 000 – 10 000 000
F	> 10 000 000

*Figur 38 - Beskrivelse trafikkgruppe*

Tabellen over beskriver de ulike trafikkgruppene som senere blir brukt til å klassifisere veiene etter strenghet. Vi ser da at F er den mest trafikkerte veien, og vil derfor være den klassen med de strengeste kravene.

I N200 finner man forskjellige krav for hvert av lagene i en veg. De aktuelle lagene for bedriften vil først og fremst være forsterkningslag og bærelag. Det blir derfor naturlig å sette søkelys på de kravene i denne omgang.

## Forsterkningslag

Når det gjelder forsterkningslag ser vi på [N200, s199] *Tabell 631.1 – Krav til mekaniske egenskaper, knusningsgrad og humusinnhold til forsterkningslag for produsert materiale.*

Krav til mekaniske egenskaper (knuste steinmaterialer)	Trafikkgruppe	
	A <sup>1</sup>	B, C, D, E og F
Los Angeles-verdi, LA	≤40	≤35
Micro-Deval-koeffisient, M <sub>DE</sub>	≤25	≤20

Figur 39 - Krav til mekaniske egenskaper

Vi fikk en Los Angeles-verdi på 22. Verdien er da under minimumskravet kravet for alle trafikkgrupper. Dette vil si at kvaliteten på fjellet er god nok til forsterkningslag i en veg.

Vår Micro-Deval-koeffisient ble 7,5, noe som også er innenfor minstekravene for alle trafikkgrupper.

Vi har da sett at fjellet i pukkverket har riktig kvalitet til å lage forsterkningslag av knust fjell. I tabellen under kan vi se hva denne pukken kan brukes til.

[N200, s144] *Tabell 513.3 Bruksområder for materialer i forsterkningslag*

	Trafikkgruppe					
	A	B	C	D	E	F
Grus						
Knust grus						
Knust berg (pukk, kult og samfengt knust berg)						
Resirkulerte materialer (Gjb og Bm)						

Figur 40 - Bruksområder for materialer i forsterkningslag

Vi ser da at knust berg kan brukes i alle de forskjellige trafikkgruppene.

Når det gjelder forsterkningslag i en veg finnes det også andre krav. Disse kravene kan være i forhold til kornstørrelse, og finstoffinnhold. Slike krav blir satt for å sikre at massen er telefri (T1), som vil si at den ikke skal holde på vann og eventuelt fryse opp på vinteren. Vi ser ikke på disse kravene nå, siden dette har med siktingen/produksjonen senere å gjøre. Eventuelle avvik fra kravene kan enkelt løses ved å endre størrelse på sifter i sikteverket, eller å sikte massene flere ganger. Dette justeres derfor etter behov når prosessen har kommet så langt.

## Bærelag

I tabellen under ser vi krav til materiale i bærelag.

[N200, s203] Tabell 641.1 Materialkrav og kontrollomfang for bærelag av knust grus (Gk), knust berg (Fk) og knust betong (Gjb) ferdig utlagt på veg

Parameter	Krav	Kontrollomfang, 1 prøve pr. påbegynt	Andel avvikende prøver	Maks. avvik
Los Angeles-verdi <sup>1)</sup>	≤ 35 <sup>1)</sup>	5000/1500 m <sup>3 2)</sup>	1 av 5	+2
Micro-Deval-koeffisient <sup>1)</sup>	≤ 15 <sup>1)</sup>	5000/1500 m <sup>3 2)</sup>	1 av 5	+1
Flisighetsindeks	≤ 25	5000/1500 m <sup>3 2)</sup>	1 av 5	+2
Humusinnhold for Gk, % <sup>3)</sup>	≤ 1	5000 m <sup>3</sup>	1 av 5	+0,2
Masseprosent av knuste korn <sup>4)</sup>	≥ 50	2500 m <sup>3</sup>	1 av 5	-4
Masseprosent av fullstendig rundete korn <sup>4)</sup>	≤ 30			+2
Korngradering	Tabell 641.2	500 m <sup>3</sup>	Kun innenfor toleranse, se tabell 641.2	Se tabell 641.2 (toleranse)
Overstørrelser Maksimal kornstørrelse	Tabell 641.2	500 m <sup>3</sup>	Kun innenfor toleranse, se tabell 641.2	Se tabell 641.2 (toleranse)
Maksimum finstoffinnhold : ( < 63 µm av total prøve): Sortering 0/22 (kun Gk), 0/32 <sup>5)</sup>	≤ 7 %	500 m <sup>3</sup>	0	0
Sortering 0/45	≤ 5 %			
Sortering 0/63 (kun Fk og Gjb)	≤ 3 %			

<sup>1)</sup> For veger i trafikkgruppe A er kravet Los Angeles-verdi ≤ 40 og micro-Deval-koeffisient ≤ 20. Det aksepteres verdier fra materialprodusent for disse to egenskapene.

<sup>2)</sup> Kontrollomfang er 1 prøve pr. påbegynt 5000 m<sup>3</sup> for Gk og Fk, og 1 prøve pr. påbegynt 1500 m<sup>3</sup> for Gjb.

<sup>3)</sup> Kravet til kontroll av humus gjelder ikke for Fk siden det antas at humus i svært liten grad er til stede i materialet.

<sup>4)</sup> For knust berg (Fk) og knust gjenbruksbetong (Gjb) kan kravet ansees oppfylt uten ytterligere dokumentasjon.

<sup>5)</sup> Fk 0/22 kan benyttes til forkiling av forsterkningslag og som bærelag i veger med grusdekke. Krav til korngradering er da som for Gk.

Figur 41 - Krav til materiale i bærelag

Vi ser da at også her er resultatene våre innenfor kravene. Hvor vi kan bruke denne type bærelag ser vi i tabellen under

[N200, s144] Tabell 513.2 Bruksområder for materialer i bærelag.

Bærelagstype		Øvre bærelag						Nedre bærelag						
		Trafikkgruppe <sup>1)</sup>						Trafikkgruppe <sup>1)</sup>						
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
Knust berg	Fk	■						■	■	■				
Asfaltert grus	Ag		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Asfaltert puk	Ap		■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
Gjenbruksasfalt <sup>2)</sup>	Gja	■	■	■				■	■	■				
Knust asfalt	Ak	■	■					■	■	■				

Figur 42 - Bruksområder for materialer i bærelag

Knust berg (Fk) kan kun brukes i trafikkgruppe A i øvre lag, og A-D i nedre bærelag.

Vi sjekker derfor om bedriften kan lage asfaltert grus (ag) som kan brukes i A-F i begge lag med sine masser.

[N200, s210] Tabell 643.1 Krav til delmaterialer, Ag

ÅDT	≤ 300	301–1500	1501–5000	> 5000
<b>Stein</b>				
Flisighetsindeks	≤ 25	≤ 25	≤ 20	≤ 20
Los Angeles-verdi	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 30
Micro-Deval-koeffisient	≤ 20	≤ 15	≤ 15	≤ 15

Figur 43 - Krav til delmaterialer Ag

Ovenfor ser vi kravene for steinmaterialer i Ag. Vi ser da at bedriften kan lage bærelag til alle typer trafikkgrupper. Siden det hovedsakelig er bærelag og pukk bedriften vil produsere til vegformål er resultatene etter forhåpningene. De kan da produsere ønsket produkt, med de rette kvalitetene. Selv om bedriften da er fornøyd, kan vi strekke strikken litt lengre for å finne ut om steinen har noen begrensninger. Vi kan derfor se litt på kravene til steinmaterialer i asfalt.

[N200, s244] Tabell 651.9 Krav til Los Angeles-verdi for steinmaterialer i asfaltbærelag og asfaltdekker

ÅDT	≤ 300	301 - 1500	1501 - 3000	3001 - 5000	5001 - 15000	> 15000
<b>Bituminøse bærelag</b>						
Ag	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 30	≤ 30
Ap	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 30	≤ 30
Da <sup>1)</sup>	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35		
Eg	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35		
Sg	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35		
Pp	≤ 40	≤ 35	≤ 35	≤ 35		
<b>Overflatebehandling</b>						
Eo og Do	≤ 40	≤ 35	≤ 30			
Eog og Dog	≤ 40	≤ 35				
<b>Varmproduserte asfaltdekker</b>						
Agb	≤ 40	≤ 35	≤ 30			
Ab	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 20
Ska				≤ 30	≤ 25	≤ 20
Sta					≤ 25	≤ 20
Ma	≤ 40	≤ 35	≤ 30			
Da	≤ 40	≤ 35	≤ 30	≤ 25	≤ 25	
<b>Fuktmembraner</b>						
Top 4S				≤ 30		
Sta				≤ 30		
<b>Kaldproduserte asfaltdekker</b>						
Egt	≤ 40	≤ 35	≤ 30			
Asg	≤ 40	≤ 35				

Figur 44 - Krav til LA verdi i asfaltbærelag og asfaltdekker

Siden vi fikk en Los Angeles-verdi på 22 ser vi at det er kun kravene for < 20 materiale ikke blir oppfylt. Dette vil da si at fjellet i pukkverket også kan brukes til det meste innen asfalt, sett bort i fra Ab, Ska og Sta ved en ÅDT over 15000.

## Utstyr til produksjonen.

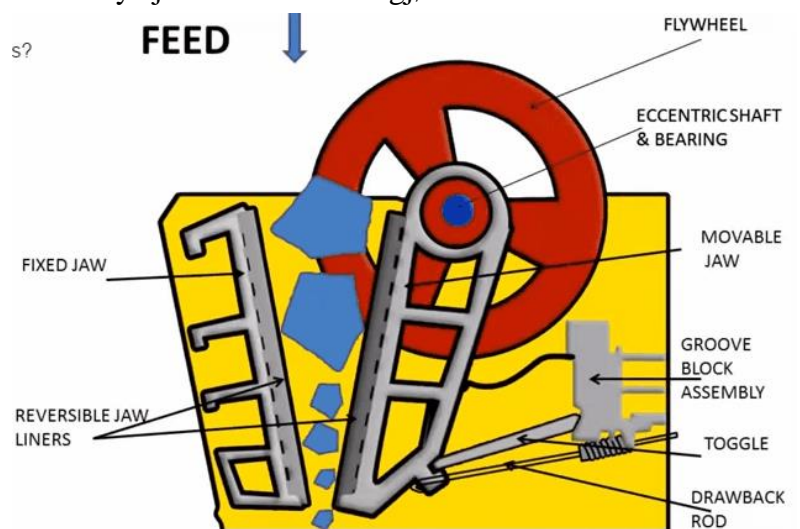
Siden bedriften allerede har sandtak i området har de også en del utstyr som skal bli benyttet i pukkverket. Alt utstyr som planlegges brukt i pukkverket skal være belteutstyr i første omgang. Bedriften har valgt å ha belteutstyr slik at produksjonen hele tiden kan flytte seg etter hvert som sandtaket flytter seg. Først og fremst har de en grovknuser som har blitt brukt til å knuse steiner i morenemassen. Denne planlegges også som første ledd i knuseprosessen i pukkverket.

Denne knuseren er av typen Sandvik QJ 340. Dette er en kjeftknuser på rundt 46 tonn, og den har en lengde på 15meter. En slik kjeftknuser blir også omtalt som grovknuser. Selve kjeften i knuseren har en åpning på 1,2m x 0,75m. Dette vil si at lengden er 1,2meter og selve åpningen er 0,75meter.

En kjeftknuser fungerer slik at den har en stålplate som står i ro, og en som er bevegelig. Den bevegelige knuseplaten er festet til et hjul som igjen blir drevet av motoren ved hjelp av reimer. Dette gjør at den bevegelige platen vil beveges i en sirkulær bevegelse inn og ut mot den faste platen. Når da stein blir lagt imellom, vil den knuses til en mindre og mindre dimensjon etter hvert som den beveger seg nedover i knuseren. Det er også størst bevegelse i nedre del av den bevegelige platen. Ønskelig dimensjon på steinen som kommer ut kan stilles ved å stille den bevegelige platens avstand til den faste.

Siden bedriften allerede har knust en del stein fra morenemassene i området, vet de hvor mye en slik knuser klarer å produsere. De har erfaring med at den produserer rundt 200-300 tonn pukk (0-300) per time. Dette varierer etter hvor mye jobb knuseren må gjøre. Man kan si at knuseren produserer mest når differansen på steinen som lesses i og på ferdig produkt er minst.

For eksempel om man lesser i størst mulig stein og skal knuse den helt ned til minimal størrelse, vil knuseren ha mindre kapasitet enn om middels stein lesses i, og et grovere produkt skal komme ut.



Figur 45 - Kjeftknuser illustrasjon

Bedriften har planlagt å produsere pukk i størrelsen 0-120 med denne knuseren.

Når de da har fått ønsket produkt i størrelsen 0-120 skal denne behandles videre. For å få mindre produkter slik som for eksempel 0-64 må det knuses igjen.



Figur 46 - Innsiden av kjeftknuser

For å knuse massen igjen har bedriften en konknuser. Denne er av typen Metso HP300, som vil si en konknuser på rundt 45tonn og

17,5meter. Konknusere blir ofte kalt finknuser. Denne typen knuser fungerer litt annerledes enn en kjeftknuser. Her har man en kon som blir som en slags kjegle. Denne kjeglen er smal i toppen og blir bredere og bredere nedover slik som på bilde. Kjeglen er innebygd i en kasse med tykke stålplater. Når denne er i gang, vil kjeglen jobbe med sirkulære bevegelser og knuse steinen mellom kjeglen og kassen. Prinsippet her blir



Figur 47 - Konknuser illustrasjon

litt likt kjeftknuseren, da med tanke på at steinen blir knust mer og mer etter hvert som den kommer lengre ned i knuseren. Også her er bevegelsen størst i nedre ende av kjeglen.

Mye av grunnen til at massen først må igjennom en kjeftknuser er at en konknuser ofte ikke har så stor åpning i toppen, og man vil da kile fast steinen som er for stor. Dette er grunnen til at en kjeftknuser ofte blir kalt for en grovknuser siden den tar det groveste, og konknusere blir kalt finknuse siden de behandler et finere produkt.

Om bedriften da lesser i masse i størrelse 0-120 i konknuseren er det forventet å produsere rundt 300-400 tonn med masse i timen. Dette vil også variere litt etter hvilket produkt man ønsker skal komme ut. Jo tettere man justerer konen inn til veggene rundt, jo finere produkt får man. Ulempen med å stramme knuseren for mye er at jo mer man strammer knuseren, jo mindre produserer man. Når bedriften regner med å få 300-400tonn på snitt tenker de å få et ferdig produkt på 0-64.

Når da massen har vært igjennom en grovknuser og finknuser må man sortere ut de massene man ønsker. Bedriften har da et sorteringsverk av type Kleemann MS 16. Dette er et sorteringsverk på cirka 28 tonn og cirka 15meter. Dette sorteringsverket har muligheten til å sortere 4 ulike fraksjoner. Måten dette skjer på er at man fører massen over en lang rist. Denne risten er den med størst ruter, for eksempel på 32mm. Dette vil da si at all massen som er mindre enn 32mm detter igjennom risten, og den som er større blir værende på risten. Ristene er derfor plassert litt skrått, slik at det som ikke renner igjennom renner ned på et transportbånd og opp i en dunge. Den massen som da rant igjennom første risten, treffer en ny rist med mindre dimensjon. Denne risten kan for eksempel ha dimensjon på 22mm, og neste på f.eks. 11. Alle disse ristene har en ramme rundt seg som rister, og massene blir derfor ristet enten igjennom hullene, eller ned til et transportbånd.



Figur 48 - Sikteverk



Når massene da blir lagt i dunger under transportbåndene vil en hjullaster bli benyttet for å legge massene i lager.

Denne hjullasteren er av typen Hitachi ZW 330, og veier rundt 30tonn. Denne har en skuff på rundt 5m<sup>3</sup>, og med haug på kan en skuff fort ta med seg 10-12 tonn masse. For å utnytte hjullasteren mest mulig er det viktig å planlegge plassering av haugene godt. Jo lengre



Figur 49 - Hjullaster

hjullasteren må kjøre med hver skuff jo mindre effektiv blir den. Plasseringen av dungene bør derfor samkjøres med hvor de kommer ut fra sorteringsverket. Denne hjullasteren vil også bli benyttet for lessing av lastebiler. Det er derfor viktig at de ulike dungene må ha god plass rundt seg, slik at hjullasteren effektivt kan lesse lastebilene.

For å legge stein i grovknuseren vil en gravemaskin av type CAT 324 bli benyttet. Denne har også en vekt på rundt 30 tonn, og en skuff på 1,5m<sup>3</sup>. En full skuff kan da bestå av rundt 3 tonn masse. Gravemaskinen sin jobb vil da primært være å legge det sprengte fjellet i grovknuseren. For at dette skal bli mest mulig effektivt bør gravemaskinen flytte fjellet minst mulig. Dette kan gjøres ved at gravemaskinen svinger minst mulig grader for hver skuff. Dette kan optimaliseres ved at salven legges på rett plass når den sprenges. Bergsprenger kan derfor ha litt å si hvor effektivt gravemaskinen kan være.

Dette gjelder også ved dimensjonen på steinen. Ved gunstig sprengning vil fjellet bli jevnere oppdelt, og man vil finne mindre store steiner i salven. Dersom det da er lite stor stein, kan gravemaskinen lempe massen mye mer effektivt, enn om den måtte ha sortert ut stein. Det er derfor smart å planlegge dette før man begynner å sprengte.



Figur 50 - Gravemaskin

Bedriften har pr. i dag veldig mange varierte oppdrag, og behovet for ulike masser vil da variere. Typiske oppdrag kan være opparbeiding av veg, grøftarbeider og tomteutgraving. Bedriften tenker å produsere følgende fraksjoner:

- 20/120
- 20/64
- 16/22
- 8/16
- 0/8
- 0/32
- 0/300

Disse produktene er også noen av de mest brukte på generell basis. Ved opparbeiding av vei, kreves 20/120 som forsterkningslag, og 0/32 som bærelag. Dette er nok de produktene det kommer til å gå mest av i tillegg til 8/16. Utenom brukes de andre fraksjonene til for eksempel oppfylling, muring, fundamenter osv.

For å produsere for eksempel 0-300 trenger man kun grovknuseren. Om man derimot ønsker å produsere 0/32 kan det være aktuelt å ha alle disse 3 verkene på rekke og rad. Om man da legger sammen alle lengdene får man en rekke på  $15+17,5+15=47,5$  meter. Siden sorteringsverket også legger fraksjonene opp på hver side kreves det en god bredde.

Knuserne har ikke så store transportbånd ut på siden, så de trenger ikke så stor plass. Knuserne har rundt 3,5 meter bredde. Om man da har en side med tilkomst på cirka 5 meter bør dette være nok, men la oss si at hver knuser trenger cirka 10 meter i bredden. Man kan da se at  $32,5\text{m} * 10\text{m}$  blir 325 kvadratmeter.

I tillegg kommer sorteringsverket med 15 meter lengde. Sorteringsverket trenger også mer bredde, siden transportbånd kommer ut på hver side. Under transportbåndene må det også være plass til et lite mellomlager. Vi må derfor regne med minimum 40 meter bredde for god tilkomst. Dette vil da si at vi trenger  $15\text{m} * 40\text{m} = 600$  kvadratmeter. Dette vil da si at man trenger et område på nesten 1000 kvadratmeter. Det er derfor viktig å legge til rette for god plassering av verkene når man planlegger. Om det skulle bli for trangt kan dette føre til lavere effektivitet.

## Ulike deler av bruddet

Siden området er mye større enn bedriften vil klare å ta ut på kort sikt kan det være smart å lage detaljplaner for litt av området om gangen. Området blir derfor delt opp i tre ulike soner. Om man da ser på sonene, kan man få et innblikk i hvor store områder som kommer til å være aktive med uttak i forskjellige tidspunkt. Som nevnt tidligere er det en tydelig rygg på området. Denne ligger i Sone 1. Sonene er skissert på kartet under, i en cirka størrelse kun for illustrasjonsformål.



Figur 51 - Oversikt med soner

Kanten av sone 1 ligger da langs kanten av det synlige fjellet på bilde under.



Figur 52 - Bilde av synlig fjell

## Beregninger

For å få et best mulig estimat av mengdene på området ble det brukt en håndholdt Topcon GPS. En slik GPS tar målinger med nøyaktighet på  $\pm 5$ cm, noe som er mer enn godt nok for oss i denne situasjonen. Denne ble brukt til å måle forskjellige høyder på området.

For eksempel ble det målt høyder på bunn og topp av det synlige berget på bildet ovenfor. Bunnen av det synlige fjellet ble målt til en høyde på 48,23, og toppen ble målt til 60,03. Høydene er meter over havet (også kalt en kote). Dette fører til en synlig høydeforskjell på 11,8m.

Bunn i det eksisterende sandtaket ble målt til 37,88. Det vil da være naturlig å fortsette inn i denne høyden til man treffer fjell. Om man da lager en flate på denne høyden, vil forskjellen fra bunn og topp være 22,15meter. Dette vil da si at man bør lage minst 2 forskjellige høyder på pallene.

Arealet av Sone 1 ble også målt opp med GPS. Sonen har en lengde på 70meter, og en bredde på 40meter. Dette vil si et areal på 2800 kvadratmeter. Om vi da regner med å få to paller på cirka 10meter, tilsvarer dette 56 000 kubikk med fast fjell. Utvidelsesfaktoren på fast fjell varierer noe, men et generelt estimat kan være en faktor på 1,8. Dette vil da si at 56 000 kubikk fast fjell blir til 100 800 kubikk når det er sprengt.

Vi vet også at fast fjell har en densitet på rundt 2,7 tonn per m<sup>3</sup>. Siden vi da har 56 000m<sup>3</sup> med fast fjell, vil dette tilsvare 151 200 tonn.

Bedriften pleier å bruke rundt 20-30 000 tonn masse i året i forskjellige fraksjoner. Dersom Sone 1 da har cirka 150 000 tonn, vil dette tilsvare 5 års forbruk.

## Flåsprengning

Vi vet nå hvor mye fjell det er i Sone 1. Videre kan vi da se på fjellets utforming. Vi så tidligere på hva vi skulle gjøre med jord og morenemassene. Det er ikke lett å vite hvordan fjellet er utformet med 100% sikkerhet under disse massene. Man må da se det litt etter hvert hvordan man velger å starte utsprengningen. Med erfaring vet man likevel at fjellet kan variere en hel del under massene. Om fjellet har store variasjoner når det blir avflådd bør vi sprengne i form av flåsprengning. Vi kan jevne ut fjellet slik at vi slipper å ha for store variasjoner i pallhøyden i fremtiden.

Et eksempel dersom det blir for store variasjonen på høyden:

Toppen av fjellet varierer med  $\pm 1$  m i snitt. Man bestemmer seg så for en pallhøyde på 10 m. Når man da sprenger må fører av borerigg ha full kontroll på at bunn hull ligger på samme høyde. Det vil si at noen hull må være 2 meter lengre enn andre. Noe som kan være krevende nok i seg selv og ha kontroll på, men det fører også til at man må lade hvert hull forskjellig. Dette fører da til ekstra arbeid ved ladning av salven.

Om man da ikke klarer dette perfekt vil bunnen av salven ha større variasjoner enn ellers. Dette skyldes at der boreriggen ikke har boret dypt nok, vil det stå igjen stubber av fjell. Noe som igjen kan føre til komplikasjoner når belteutstyr skal innover på den utsprengte solen etter hvert.

Dette tatt i betraktning vil flåsprengning være løsningen for bedriften om slike variasjoner skulle oppstå. Ved flåsprengning vil man da sprengte av ujevnheter i fjellet, og skape en benere flate for sprengning av hovedpallen. Forhåpentligvis vil da det bli en jevnest mulig stuff, og man kan da senere lage mer «A4» paller.

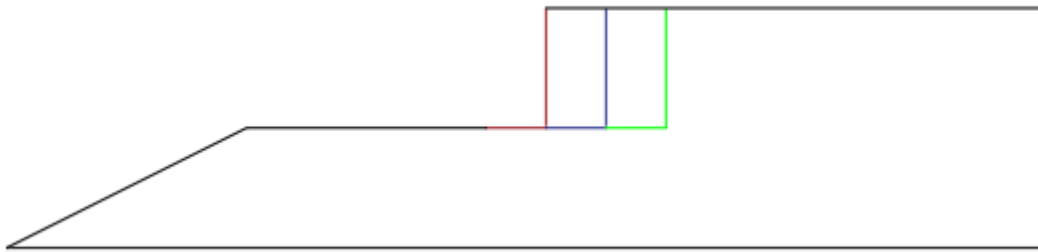
Ved en slik flåsprengning vil man også få en del masser. Disse massene kan eventuelt brukes til å etablere en riggplass for utstyr som skal stå på plassen.

Siden vi ikke vet hvordan fjellet ser ut, er det heller ikke lett å lage en boreplan eller salveplan før man faktisk har rensket fjellet.

## Planlagt uttak Sone 1

I beregningene så vi at det måtte bli to paller i høyden. Det vil da si at vi må planlegge for å sprengne i to forskjellige lag. Dette gjøres ved at et bestemt areal sprenges fra topp og ned, for eksempel 10 meter. I vårt tilfelle vil dette bli fra kote 60 til kote 50. Vi har da sandtaket i kote 40, det nye området på kote 50, og topp på 60. Deretter blir planen å utvide området på kote 50.

Prinsippet enkelt forklart i tegningen under, med forskjellige salver i hver farge.



Figur 53 - Illustrasjon av pallsprengning

Vi kan da sprengne oss innover som vist på tegningen over.

På denne måten kan belteknuseren beltes innover etter hvert som det sprenges ut nytt fjell. Det at den nye flaten da blir 10meter høyere enn sandtaket er også en fordel for hjullasteren. Etter hvert som grovknuseren produserer pukk, kan da hjullasteren enkelt legge dette utfor kanten. Når dungen da er så stor at toppen er på samme høyde som hjullasteren er den allerede 10meter høy. Dette sparer naturligvis hjullasteren for en hel del arbeid med å kjøre opp og ned i de store dungene. Det vil også være plassbesparende å gjøre det på denne måten, siden man får fylt massene i høyden, og det vil da bli brukt mindre areal.

## Planer Sone 1

Orica som er en sprengstoffleverandør har laget tabeller som viser hullavstand og forsetning i forhold til dybde. Tabellen viser også hvor mye man skal lade i hvert hull. Orica har tabeller for de fleste hulldiameter, men her har jeg tatt ut for 64mm [10, s74] Dette er en mye brukt boredimensjon. Planen nedenfor gjelder for bruk av dynamittpatroner.

### Hulldiameter 64 mm (2 1/2"), hullhelning 5:1 (11 grader)

Pall-høyde (H), m	Bore-hulls lengde (L), m	Forsetning (V <sub>p</sub> ), m	Hull avstand (E), m	Bunn ladning (Q <sub>b</sub> ), kg	Pipe ladning (Q <sub>p</sub> ), kg	Total ladning (Q <sub>tot</sub> ), kg	Spesifikk ladning (q), kg/m <sup>3</sup>
4	4,60	2,00	2,50	7,70	2,8	10,5	0,52
5	5,60	2,00	2,50	7,70	4,1	11,8	0,47
6	6,70	2,00	2,50	7,70	6,9	14,6	0,49
8	8,80	2,00	2,50	7,70	12,5	20,2	0,50
10	10,80	2,00	2,50	7,70	18,1	25,8	0,52
12	12,80	2,00	2,50	7,70	22,2	29,9	0,50

Figur 54 - Orica pallberegning

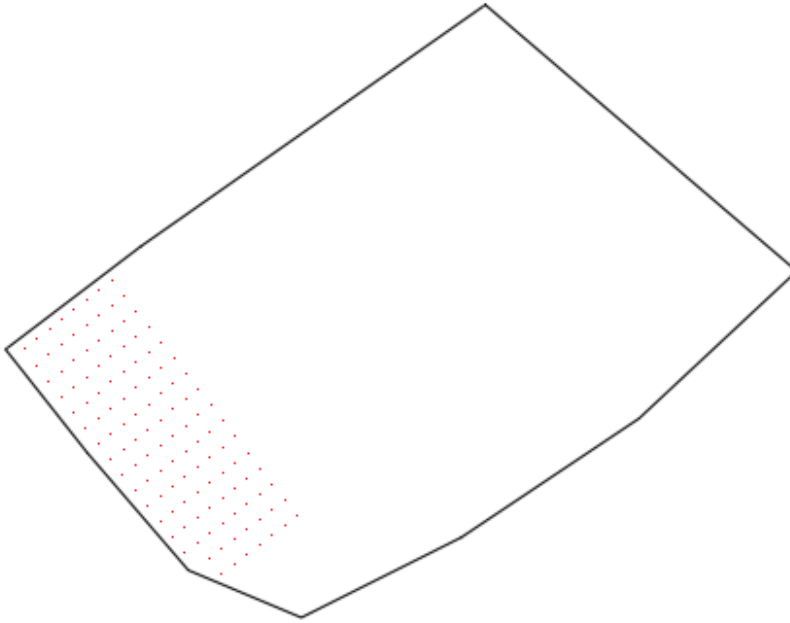
Om man da følger denne tabellen ser man at ved pall på 10meter skal det være forsetning på 2 meter og hullavstand på 2,5 meter. Dersom vi skal spreng ut hele bredden i Sone 1 i en salve, blir dette 40 meter. (Vi antar at dette er mulig i forhold til eksisterende terreng for illustrasjons skyld). Vi må da ha 16hull i bredden. Hvor mange rader vi skal lage avhenger da av hvor mange kubikk bedriften ønsker å ta ut hver gang. Dersom vi tenker at bedriften skal ta ut 12000 kubikk med fast fjell i året. De kan da for eksempel spreng to ganger på 6000kubikk. De må da ha 40meter\*15meter\*10meter for å få 6000kubikk.



Figur 55 - Boremønster

Boremønsteret over har en hullavstand på 2,5meter, og forsetning på 2meter, og er da i forhold til Oricas tabell. Dette vil si at hvert hull skal sprengre  $2,5m \times 2m = 5$  kvadratmeter.

Med dette mønsteret har vi fått 128 hull, som vil si at vi dekker et areal på 640kvadratmeter. Med en 10meter høy pall vil vi da få 6400 faste kubikk.



Figur 56 - Bormønster i Sone 1

Ovenfor ser vi når boremønsteret plassert ca. i Sone 1. Som vi også kan se i tabellen til Orica, er pallhøyden 10meter, mens borehullslengden er 10,80. Dette betyr at vi har en underboring på 0,8meter. Grunnen til at man gjør dette er for å sikre en jevnere bunn. Her legger man som oftest også i litt mer sprengstoff enn oppover i hullet. Fjellet krever en del mer energi for å løsne så langt nede i en salve. I dette tilfellet består en slik bunnladning av patroner i størrelsen 55 x 560 mm (55mm i diameter, og 560 i lengde). En slik patron veier 1,92kg. Bunnladningen skal være totalt 7,7kg, det vil si at man må ha 4 slike patroner for å få ønsket mengde bunnladning. Når en patron da er 560mm lang, vil en slik ladning fylle 2,245 meter av hullet. Den resterende delen av hullet skal lades med 53 x 525mm. Disse patronene veier 1,39kg. Den ladningen vi lader over bunnladningen kalles for pipeladning. For å få en pipeladning på 18,1kg må vi ha 13 patroner. 13 slike patroner blir totalt 6,825 meter lange. Når vi legger sammen pipeladning med bunnladning får vi da 25,8kg og 9,1 meter lengde. Den resterende lengden skal fyllest med singel. Dette gir oss en overdekning med singel på 1,7meter.



Når det gjelder total mengde sprengstoff kan vi enkelt regne ut dette.

Vi hadde totalt 128 hull, og dersom alle hullene blir ladet med 25,8kg får vi 3302,4kg.

I denne salven vil det da bli brukt 3,3 tonn med dynamitt. I slike størrelser bør nok bedriften vurdere flytende sprengstoff. Det finnes også tabeller for denne type ladning:

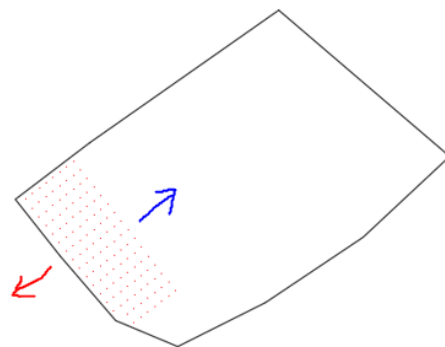
Borehulls-diameter			Sprengstoffdensitet, kg/liter								
Tommer	mm	Volum l/m	0,80 kg/l	0,85 kg/l	0,90 kg/l	0,95 kg/l	1,00 kg/l	1,05 kg/l	1,10 kg/l	1,15 kg/l	1,20 kg/l
<b>Sprengstoffmengde pr. meter, kg</b>											
2	51	2,00	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,50
2,5	64	3,20	2,60	2,70	2,90	3,10	3,20	3,40	3,50	3,70	3,90
3	76	4,50	3,60	3,90	4,10	4,30	4,50	4,80	5,00	5,20	5,40
3,5	89	6,20	5,00	5,30	5,60	5,90	6,20	6,50	6,80	7,20	7,50
4	102	8,20	6,50	6,90	7,40	7,80	8,20	8,60	9,00	9,40	9,80

Figur 57 - Flytende sprengstoff

Som vi kan se i tabellen er det 3,2liter per meter når man borer 64mm hull. Som vi ser i tabellen, finnes det mange forskjellige sprengstoffdensiteter. Dersom vi velger den minste, får vi cirka like mange kg med sprengstoff i hvert hull som vi gjorde med patroner. Om vi da lader hvert hull med 9,1meter sprengstoff får vi 29,12 liter per hull. 128 hull vil da kreve 3727,36 liter med sprengstoff.

Når sprengstoff i denne dimensjonen skal brukes, kan det fort oppstå store rystelser. I dette området kan rystelsene være et problem for bedriften siden det er et hus i nærheten. Salvene bør derfor også fokusere på å skape minst mulig vibrasjoner i fjellet. Hvor store vibrasjonene i fjellet er, kan påvirkes på forskjellige måter.

En metode er ved tennmønster. Jo mer tennere som sprenger på likt, jo mer rystelser vil man få. Det vil derfor være smart å bruke mest mulig tennere med forskjellig forsinkning. Selve mønsteret tennene blir detonert i har også mye å si. Ved pallsprengning vet vi at vibrasjonene er størst i motsatt retning av



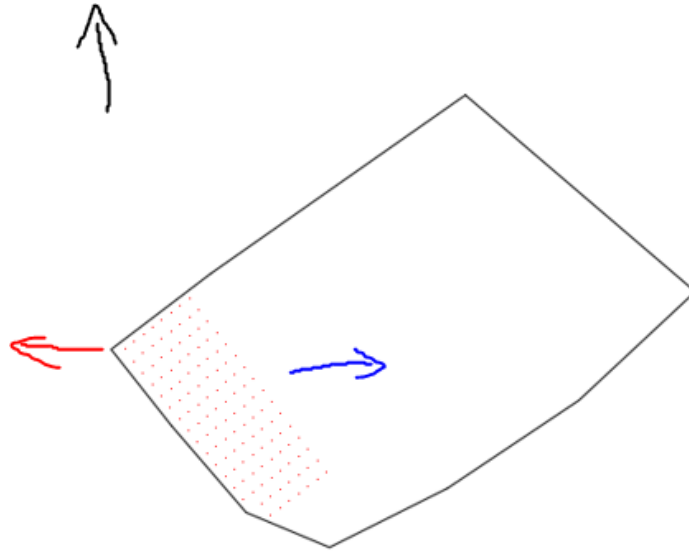
Figur 58 - Retning på rystelser

skyteretningen. Dersom den røde pilen på bilde er skyteretningen, vil blå være den linjen hvor rystelsene er størst. En god forklaring på dette er Newtons 3. Lov: Kraft = Motkraft [9]

I vårt tilfelle vil det da den kraven som fjellet skytes utover med, vil også vibrere innover i fast fjell.

For å unngå å sende for mye rystelser/vibrasjon i retning av huset, kan vi skyte ut massene i følgende retning:

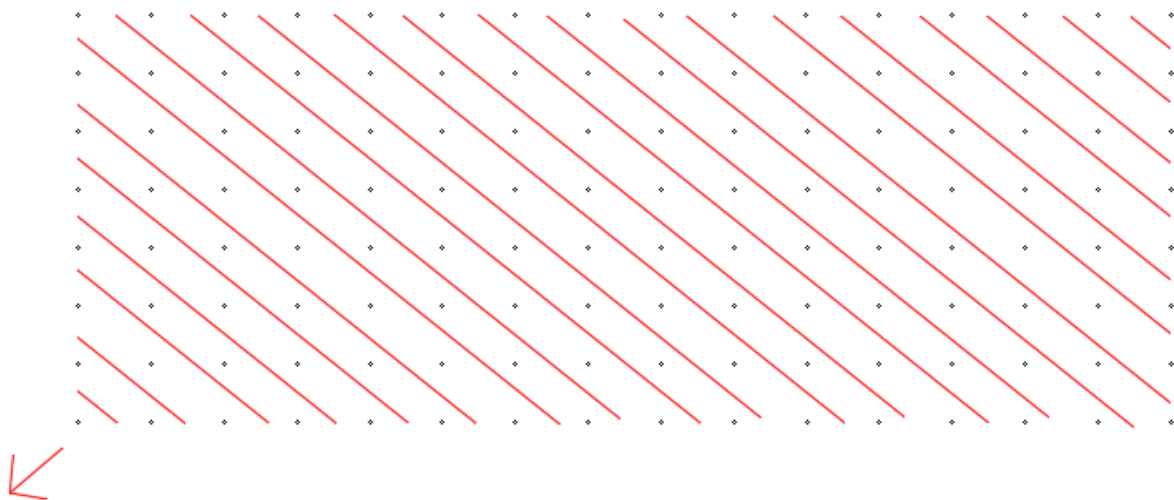
Svart pil viser retning av huset  
Rød pil viser skyteretning  
Blå pil viser rystelser.



Figur 59 - Eksempel på skyteretning

Dette kan da være et godt alternativ for å minske risikoen for rystelser i huset. Det bør likevel vurderes rystelsesmåler ved sprengning, for å justere på salvene om det skulle være nødvendig.

Vi kan f.eks. bruke et tennmønster som minner om V mønster, bare at vi kun har den ene siden. Hver rød strek skiller de forskjellige detonasjonstidene. Den nederst mot venstre detonerer først. Deretter vil de detonere bakover og mot høyre.



Figur 60 - Tennmønster retning

Dette er en metode bedriften kan bruke i flere av salvene innover i fjellet, men det er noen ting som er viktige å huske på. Spesielt når det nærmer seg slutten av Sone 1. Sone 3 ligger på en høyde rundt 70 moh. Dersom bedriften har senket seg ned til kote 40 i hele Sone 1, vil de få et problem dersom de vil begynne å ta ut masse i Sone 3. De vil da møte en fjellvegg som er rundt 30 meter høy. Om dette skulle skje, ville det gjort det vanskelig å flytte utstyr opp og ned, og det ville også blitt svært trangt om plassen ved de første sprengningene.

Bedriften må derfor tenke seg om i god tid før de nærmer seg enden av Sone 1. De kan da bruke Sone 1 som en trapp for å komme seg opp/bort til de neste sonene. På denne måten vil de også få mer plass til utstyr og lager på hvert nivå.

## **Gjenlegging av pukkverk/paller**

Som vi nevnte tidligere, er pukkverk et stort inngrep i naturen. Det er derfor viktig at når pukkverket er ferdig, legges pukkverket ned på en fin måte. Det er da smart å ha en plan man kan jobbe mot for å gjøre dette på best mulig måte. Det finnes litt forskjellige måter å legge igjen pukkverk på. Dette skyldes at man må se på omstendighetene for å få best mulig resultat.

Den høyeste koten i eksisterende terreng ble målt til 80moh, og den laveste til rundt 40. Dersom bedriften da har tatt ut maksimalt med fjell i alle tre sonene, vil de da ha 4 forskjellige paller/høyder i pukkverket. I dette tilfellet ville jeg ha anbefalt å sett på muligheten med beplantning på pallene. Dette vil da si at de gjenstående pallene er på rundt 5-10 meter breie, og beplantes med trær. På denne måten vil man skjule den store fjellveggen, og det vil si ut som et mer naturlig bratt terreng. På den gjenværende flaten er det opp til bonden hva han ønsker. Mest sannsynlig vil dette være dyrket jord.

## Oppsummering

Det ser ikke ut til å være noen negative sider for bedriften ved å åpne pukkverk.

Tilkomsten til området er god, og relativt sentral i forhold til bedriftens arbeider. Etter prøver viste det seg også at massen var av svært god kvalitet.

Det var kun noen asfaltkvaliteter den ikke kunne bli brukt til. Siden bedriften ikke har et ønske om å produsere stein til asfaltproduksjon, er massen mer enn god nok. Fjellet er også naturlig enkelt å sprengte ut, siden man allerede har en synlig rygg som er lett tilgjengelig.

Det kreves derfor ikke unormalt mye arbeid før det kan tas ut fjell.

Dersom man ser på pukkverket isolert sett som en egen bedrift bør det være lønnsomt å starte pukkverket. Utstyret står allerede på plassen og venter på arbeid. De vet også at massen blir solgt. I tillegg kan pukkverket ta ut masse i flere tiår.

Alt ligger i grunn til rette for at dette pukkverket skal kunne være drivverdige.

I tillegg har bedriften nå fått en del informasjon de kan bruke i en driftsplan når de søker om konsesjon.

## Figurliste

Figur 1 – Grus og pukkkforekomster i Bjørheimsbygd .....	7
Figur 2 – Berggrunn i Bjørheimsbygd .....	7
Figur 3 - Pukkkverk .....	8
Figur 4 – Kjeftknuser.....	9
Figur 5 – Bruksområder byggeråstoff.....	10
Figur 6 - V mønster .....	14
Figur 7 - V mønster illustrasjon .....	15
Figur 8 - Kart over sandtak og nytt pukkkverk .....	16
Figur 9 - Tilkomst.....	17
Figur 10 - Eksisterende situasjon.....	18
Figur 11 - Skjerming av hus.....	18
Figur 12 - Tegning av jordvoll .....	19
Figur 13 - Borehull .....	21
Figur 14 - Borehull fra siden .....	21
Figur 15 - Boring med helning .....	22
Figur 16 - Før ladning.....	22
Figur 17 - Tennmønster .....	23
Figur 18 - Utslag.....	23
Figur 19 - Etter sikring .....	25
Figur 20 – Under boring.....	25
Figur 21 – Etter fjellrensk .....	25
Figur 22 - Etter ladning .....	25
Figur 23 - Etter sprengning .....	26
Figur 24 - Bilde av steinprøve .....	27
Figur 25 - Nedknust stein .....	27
Figur 26 - XRD maskin.....	27
Figur 27 - Diagram fra XRD maskin.....	27
Figur 28 - Beskrivelse sektordiagram .....	28
Figur 29 - Sektordiagram prøve 1.....	28
Figur 30 - Sektordiagram prøve 2.....	28
Figur 31 - Sektordiagram prøve 3.....	28
Figur 32 - Los Angeles maskin .....	29
Figur 33 - Los-Angeles test .....	30
Figur 34 - Micro-Deval trommel.....	31
Figur 35 - Innsiden av tromlene .....	31
Figur 36 - MicroDeval test .....	32
Figur 37 - Flisighetindeks.....	33
Figur 38 - Beskrivelse trafikkgruppe.....	34
Figur 39 - Krav til mekaniske egenskaper.....	35
Figur 40 - Bruksområder for materialer i forsterknigslag.....	35
Figur 41 - Krav til materiale i bærelag .....	36
Figur 42 - Bruksområder for materialer i bærelag .....	36
Figur 43 - Krav til delmaterialer Ag.....	37
Figur 44 - Krav til LA verdi i asfaltbærelag og asfaltdekker .....	37
Figur 45 - Kjeftknuser illustrasjon.....	38
Figur 46 - Innsiden av kjeftknuser .....	39
Figur 47 - Konknuser illustrasjon .....	39

## Bacheloroppgave Mathias Helland

Figur 48 - Sikteverk .....	40
Figur 49 - Hjullaster .....	41
Figur 50 - Gravemaskin.....	41
Figur 51 - Oversikt med soner .....	43
Figur 52 - Bilde av synlig fjell .....	43
Figur 53 - Illustrasjon av pallsprengning.....	46
Figur 54 - Orica pallberegning .....	47
Figur 55 - Boremønster.....	47
Figur 56 - Bormønster i Sone 1.....	48
Figur 57 - Flytende sprengstoff .....	49
Figur 58 - Retning på rystelser.....	49
Figur 59 - Eksempel på skyteretning .....	50
Figur 60 - Tennmønster retning .....	50

## Kilder / Referanser

- [1] Direktoratet for mineralforvaltning (2020.08.01) Søknad om driftskonsesjon <https://www.dirmin.no/soknad-om-driftskonsesjon>, sist sjekket 12.05.2021
- [2] Direktoratet for mineralforvaltning (2016.11.08) Driftsplanveileder ([https://www.dirmin.no/sites/default/files/driftsplanveileder\\_rev\\_1\\_1\\_komplett\\_jan\\_20.pdf](https://www.dirmin.no/sites/default/files/driftsplanveileder_rev_1_1_komplett_jan_20.pdf)), sist sjekket 12.05.2021
- [3] Statens Vegvesen (2020.22.4) Norges Største veiprojekt åpnet i Stavanger onsdag <https://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/nyheter/nasjonalt/norges-storste-veiprojekt-apnes-i-stavanger-onsdag>, sist sjekket 12.05.2021
- [4] Norges Geologiske Undersøkelse (2019.16.05.) Granitt, hentet fra <https://www.ngu.no/emne/granitt>, sist sjekket 13.05.2021
- [5] Mibau Stema (u.å.) hentet fra <https://www.mibau-stema.com/no/steinbrueche-3/jelsa> sist sjekket 13.05.2021
- [6] Hugsted (2019.21.07) Sprenging, hentet fra <https://snl.no/sprenging> sist sjekket 13.05.2021
- [7] Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (u.å.) hentet fra (<https://www.dsb.no/lover/farlige-stoffer/veiledning-til-forskrift/veiledning-til-eksplosivforskriften-kap.-10/#-83-virksomhet-som-utforer-bergsprenningsarbeid>) Sist sjekket 13.05.2021
- [8] Statens Vegvesen (2014, juni), Laboratorieundersøkelser, hentet fra <https://www.vegvesen.no/attachment/185231/binary/1090658> sist sjekket 13.05.2021
- [9] Grøn (OsloMet) (2020.21.09) Newtons Lover, hentet fra [https://snl.no/Newtons\\_lover](https://snl.no/Newtons_lover) sist sjekket 2021.13.05
- [10] Orica (2021.12.04) Produktkatalog, hentet fra [http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012\\_04\\_2021\\_WEB\\_II.pdf](http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012_04_2021_WEB_II.pdf), side 74, sist sjekket 13.05.2021
- [N200] Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) sist sjekket 13.05.2021

### Bok:

[Vatne]: Trond Eeg Vatne (2021), *Prosjektering og utførelse av bergsprengningsarbeider* Bergen: Fagbokforlaget.

Figur 1: Norges Geologiske Undersøkelse (u.å.), Arealinformasjon, sist sjekket 11.05.2021 fra [http://geo.ngu.no/kart/arealis\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/arealis_mobil/), Kartlag: Grus og pukkkforekomster

Figur 2: Norges Geologiske Undersøkelse (u.å.) Arealinformasjon, sist sjekket 12.05.2021 fra [http://geo.ngu.no/kart/arealis\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/arealis_mobil/) Kartlag: Berggrunn N50

Figur 3: Skolt (u.å.) Moss Pukkverk, hentet fra <https://www.skolt-pukk.no/vaare-pukkverk/moss-pukkverk/>, sist sjekket 13.05.2021

Figur 4: World Highways (2020.16.06) High productivity for Sandviks new jaw crusher, Hentet fra <https://www.worldhighways.com/products/high-productivity-sandviks-new-jaw-crusher>, sist sjekket 13.05.2021.

Figur 5: Norsk Bergindustri (2018), Harde fakta om mineralnæringen, hentet fra <https://www.norskbergindustri.no/contentassets/f7c9a710b7c247479525afb91aeca7f4/harde-fakta-om-mineralnaringen-2018.pdf>, Side 31(tabell 8), sist sjekket 13.05.2021

Figur 8: Kartutsnitt fra <https://kommunekart.com/>, sist sjekket 13.05.2021

Figur 9: Kartutsnitt fra <https://kommunekart.com/>, sist sjekket 13.05.2021

Figur 12: Kartutsnitt fra <https://kommunekart.com/>, sist sjekket 13.05.2021

Figur 32: Statens Vegvesen (2014, juni), Laboratorieundersøkelser hentet fra <https://www.vegvesen.no/attachment/185231/binary/1090658>, side 67, sist sjekket 13.05.2021

Figur 34: Statens Vegvesen (2014, juni), Laboratorieundersøkelser hentet fra <https://www.vegvesen.no/attachment/185231/binary/1090658>, side 70, sist sjekket 13.05.2021

Figur 38: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf), side 140 sist sjekket 13.05.2021

Figur 39: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf), side 199 sist sjekket 13.05.2021

Figur 40: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf), side 144 sist sjekket 13.05.2021



Figur 41: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) , side 203 sist sjekket 13.05.2021

Figur 42: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) , side 144 sist sjekket 13.05.2021

Figur 43: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) , side 210 sist sjekket 13.05.2021

Figur 44: Statens Vegvesen (2018.15.07) Vegbygging, hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf) , side 244 sist sjekket 13.05.2021

Figur 45: 911 Metallurgist, (u.å.) Jaw Crusher Working Principle, <https://www.911metallurgist.com/blog/jaw-crusher-working-principle> sist sjekket 13.05.2021

Figur 47: Blue Group (u.å) Cone Crusher Applications, Hentet fra <https://blue-group.com/news/news-articles/cone-crusher-applications/> sist sjekket 13.05.2021

Figur 48: Lectura Specs (u.å.) Kleemann MS 16Z, hentet fra <https://www.lectura-specs.com/en/model/recycling-waste-management/mobile-screening-plants-kleemann/ms-16-z-1134436> sist sjekket 13.05.2021

Figur 49: Wajax (u.å.) Hitachi Wheel Loader, hentet fra <https://www.wajax.com/product/zw330-5b/> sist sjekket 13.05.2021

Figur 50: Michigan Cat (u.å.) 324E Hydraulic Excavator, hentet fra <https://www.michigancat.com/rental-equipment/machines/excavators/324e-hydraulic-excavator/> sist sjekket 13.05.2021

Figur 54: Orica (2021.12.04) Produktkatalog, hentet fra [http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012\\_04\\_2021\\_WEB\\_II.pdf](http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012_04_2021_WEB_II.pdf) , side 74, sist sjekket 13.05.2021

Figur 57: Orica (2021.12.04) Produktkatalog, hentet fra [http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012\\_04\\_2021\\_WEB\\_II.pdf](http://www.oricaminingservices.com/uploads/Norway/Produktkatalog%20%2012_04_2021_WEB_II.pdf) , side 74, sist sjekket 13.05.2021