



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·





# RAPPORT

<b>Rapport nr.:</b> 2016.027	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Grunnvann og grusressurser på Fremo - bidrag til konsekvensutredning			
<b>Forfatter:</b> Lars Rolstad Libach, Atle Dagestad og Bjørn Eskil Larsen		<b>Oppdragsgiver:</b> Melhus kommune	
<b>Fylke:</b> Sør-Trøndelag		<b>Kommune:</b> Melhus	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Trondheim		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> 1621-3 Støren (106S)	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b> Fremo UTM 32 Ø569944 N7009871		<b>Sidetall:</b> 27	<b>Pris:</b> 80,-
<b>Feltarbeid utført:</b> -		<b>Rapportdato:</b> 18.11.2016	<b>Prosjektnr.:</b> 337103
<b>Ansvarlig:</b> 			
<b>Sammendrag:</b> <p>På oppdrag fra Melhus kommune har Norges geologiske undersøkelse (NGU) gjennomgått eksisterende geologiske undersøkelser og sammenstilt geofysiske data fra Fremo-området. Melhus kommune har hatt behov for et bedre og helhetlig kunnskapsgrunnlag for samfunnsviktige verdier på Fremo som er nærmere omtalt i <i>planprogram for konsekvensutredning og kommunedelplan Fremo</i>. Hensikten har vært å gi en vurdering av ressursene av grunnvann, sand og grus på Fremoavsetningen og anbefalinger om hvordan disse ressursene best kan forvaltes og utnyttes. I dag utnyttes grunnvann og sand og grus på Fremo uten å være i direkte konflikt som geologiske ressurser. NGU har utarbeidet en anbefaling om hvordan forekomsten kan utnyttes videre både som grunnvann- og grusressurs. Fremoavsetningen har stort potensial innen begge ressursområder. Framtidig utnyttelse av forekomsten bør i størst mulig grad ta hensyn til begge ressurstyper, men dette krever en forvaltning av området som ikke forringer grunnvannskvalitet og samtidig sikrer tilgang på sand og grus.</p>			
<b>Emneord:</b> Grunnvann	Grusressurs	Løsmasser	
Arealplanlegging	Ressurskartlegging	Konsekvensutredning	



## INNHOOLD

1.	Konklusjon .....	7
2.	Områdebeskrivelse .....	8
2.1	Tidligere undersøkelser .....	11
3.	Datagrunnlag .....	11
3.1	Utførte geofysiske undersøkelser på Fremo .....	12
3.1.1	Refraksjonsseismikk.....	12
3.1.2	Georadar (GPR).....	13
3.1.3	Resistivitet.....	13
4.	Ressursene på Fremo.....	13
4.1	Grunnvannet på Fremo .....	13
4.2	Sand og grusressursen på Fremo .....	16
4.2.1	Behov for sand og grus.....	16
4.2.1.1	Foredling av sand og grus .....	16
4.2.1.2	Krav til masser .....	16
4.2.2	Volum grus .....	17
4.3	Grunnvann .....	19
4.3.1	Grunnvannspotensial og drikkevannsforsyning .....	19
4.3.2	Økt grunnvannspotensial gjennom økt infiltrasjon av overflatevann .....	20
5.	Framtidig utnyttelse og beskyttelse av grunnvannsressursen .....	21
5.1	Grunnvannsmagasinet sårbarhet .....	21
5.2	Trusler mot grunnvannsressursen .....	21
5.3	Grusressursen.....	22
5.3.1	Framtidig utnyttelse av grus på Fremo.....	22
5.3.2	Forutsetninger ved anbefalinger for utnyttelse av grus .....	23
5.3.3	Levetid for anbefalte områder for grusutnyttelse .....	23

## FIGURER

Figur 1 Løsmassekart over Fremo drapert på terrengmodell basert på lidardata fra 2011. ....	9
Figur 2 Grovt materiale i topplag på ca 2 meter (Bilde 1), sorterte masser i skrålag > 2 meter mot dypet (Bilde 2) .....	10
Figur 3 Stein og blokk (Bilde 3) blanding av fint og grovt materiale med lagdeling (Bilde 4)	10
Figur 4 Geofysikkprofiler og grusressursen på Fremo.....	12
Figur 5 Løsmasser på Fremo med registrerte kilder og brønner i GRANADA (NGU database) samt lokalisering av Fremo og Klæbu vannverk.....	14
Figur 6 Vertikalsnitt fra Fremo-området som viser løsmassetyper, grunnvannsnivå og strømning. Fremo-deponiet, overvåkingsbrønner og vannverksbrønner er også inntegnet (Storrø 1990, Forbord 2010). .....	15
Figur 7 Endringer i grunnvannsstand ved Fremo vannverk og vannstand i Langvatnet i perioden 1984 -1999 (Storrø 2000) .....	15
Figur 8 Grusressursen på Fremo med angitt volumberegnet område .....	18
Figur 9 Flybilde over Fremo-området med inntegning av de viktigste potensielle forurensningskildene (figur fra Hilmo 2015). .....	19
Figur 10 Eksempler på kunstig infiltrasjon av overflatevann i åpne bassenger i Kungsbacka vannverk i Sverige (bilder A. Dagestad) .....	20
Figur 11 Anbefalt områdeinndeling for utnyttelse av grunnvann- og løsmasseressurser på Fremo .....	24

## TABELLER

Tabell 1 Sammenheng mellom areal og volum for arealer anbefalt avsatt til grunnvann og masseuttak i figur 11 ( <i>Volum = Bruttovolum</i> ) .....	23
---	----

## VEDLEGG

Vedlegg 1 Forenklet beskrivelse av geofysiske metoder



## FORORD / INNLEDNING

NGU har på oppdrag fra Melhus kommune foretatt en sammenstilling og vurdering av eksisterende geologiske og geofysiske data som finnes for Fremoavsetningen. I sammenstillingen er det i hovedsak sett på hvordan en felles forvaltning av grus- og grunnvannsressurene kan gjøres. Dette er tema kommunen ønsker å ta hensyn til i konsekvensutredningen for området.

### 1. Konklusjon

Fremo-området er en meget stor breelavsetning som har betydelig potensial som geologisk ressurs både for uttak av sand og grus som byggeråstoff samt grunnvann til drikkevannsforsyning.

Dersom Melhus kommune ønsker å sikre grunnvannsforekomstens gode vannkvalitet mot forringelse, må det legges begrensninger på potensielt forurensende aktiviteter på forekomsten. Ut fra dagens aktivitet i området er det spesielt masseuttak som kan utgjøre en betydelig framtidig trussel mot grunnvannsressursen. Denne aktiviteten må reguleres og det må sikres at uttak av sand og grus på Fremo følger krav som kommer av mineralloven.

NGU anbefaler ikke uttak av sand og grus i forekomstens nordøstlige og sentrale deler, men at disse avsettes til grunnvannsformål. NGU anbefaler at vestlige deler av forekomsten kan utnyttes til uttak av sand og grus.

Forutsetning for uttak av sand og grus i forekomstens vestlige del, er at det stilles krav om en umettet beskyttelsessone av løsmasser over grunnvannet som omfattes av uttaket. Mektigheten på denne sonen vil være avhengig av løsmassenes sammensetning og vannføringsegenskaper samt nærhet til grunnvannsuttak for vannforsyning. God kunnskap om løsmassenes sammensetning mot dypet samt mektighet på umettet sone over grunnvannet er derfor en forutsetning for å kunne etablere en forvarlig beskyttelse av grunnvannsressursen i området. Det finnes kun detaljerte registreringer av grunnvannstand og løsmassesammensetning i begrensede områder av forekomsten. Derfor anbefales det at alle aktiviteter og inngrep som kan ha negative konsekvenser for grunnvannet må dokumentere løsmassesammensetning mot dypet og dyp til grunnvannet. Dette kan gjøres gjennom etablering av undersøkelsesbrønner og overvåking av grunnvannsnivå.

Det bør også vurderes om det i forbindelse med kommunalt planarbeid skal gjøres et mer helhetlig detaljert kartlegging av løsmassesammensetning og grunnvannstand for hele Fremoavsetningen.

Den store grunnvannsforekomsten på Fremo tilsier at det er mulig å ta betydelig mer grunnvann til drikkevannsforsyning enn i dagens uttak. Uttakene til Klæbu og Fremo vannverk foregår sentralt på forekomsten og NGU anbefaler at disse områdene fortsatt benyttes til dette formålet. Dersom grunnvannsuttaget skal økes bør utvidelser av anlegg og nye uttak også etableres sentralt på forekomsten.

Fremo-avsetningen har også potensial til å utgjøre en kilde til drikkevannsforsyning i regional sammenheng. Dette forutsetter at vann tilføres ved kunstig overføring og infiltrasjon av vann fra for eksempel Selbusjøen via infiltrasjonsbassenger på forekomstens overflate eller i Langvatnet. Uten kunstig infiltrasjon er ikke nedslagsfeltet til Fremoavsetningen stort nok til å sikre nydanning av grunnvann til å forsyne for eksempel Trondheim.

Totalt er det over 80 millioner m<sup>3</sup> løsmasser på Fremo. Det er beregnet et bruttovolum på 50 millioner m<sup>3</sup> sand og grus i forekomstens vestlige del. Å begrense uttak av sand og grus for å sikre grunnvannet i forekomstens sentrale og østlige deler, er ikke til hinder for å forsyne Melhus lokalt og regionen med sand og grus i lang tid.

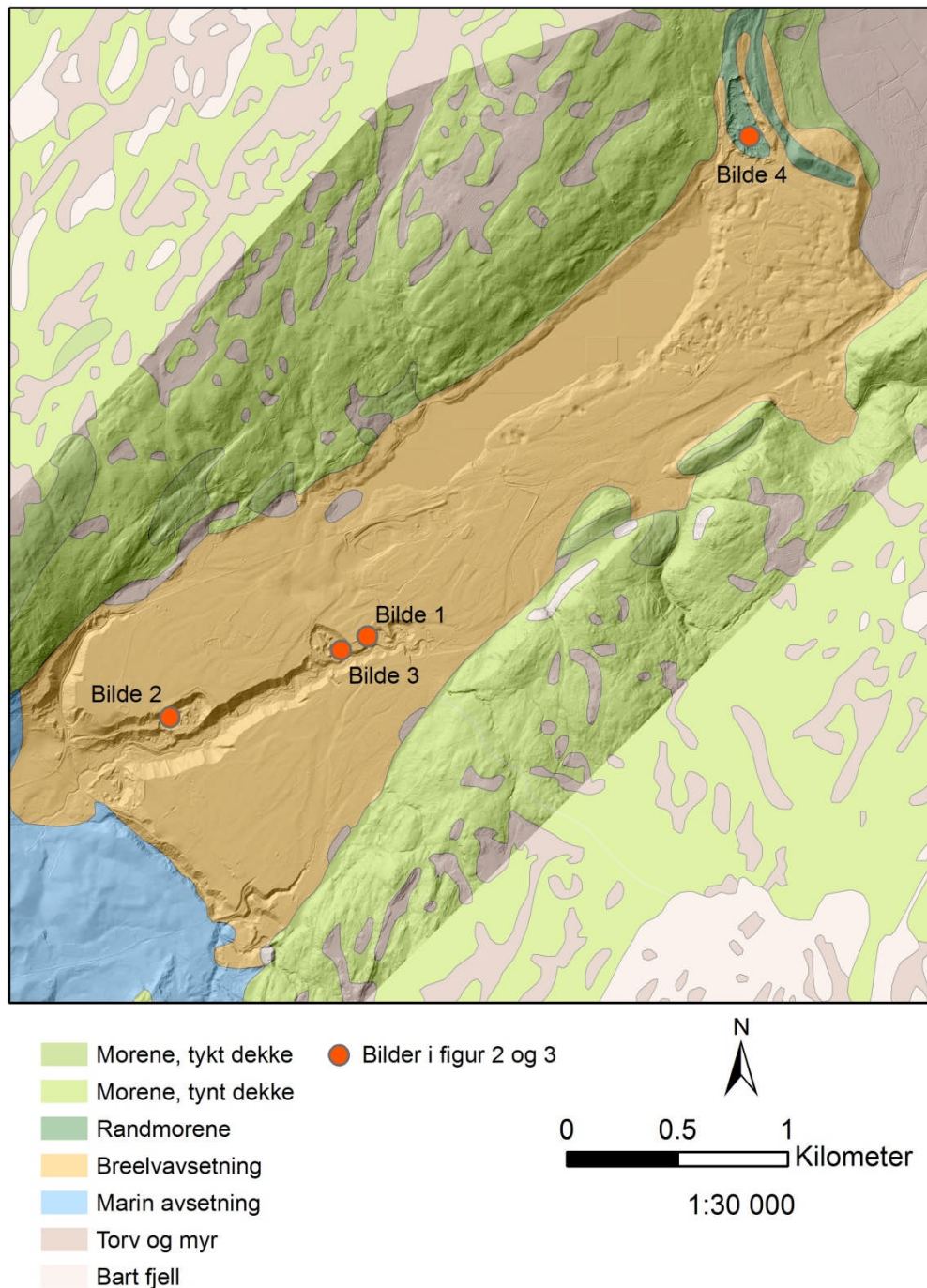
## 2. Områdebeskrivelse

Fremo-området, i mange sammenhenger også benevnt som Kaldvella-området, har helt siden slutten av 1800-tallet vært i naturforskernes interesse. Området ble først omtalt av geologen J.P. Friis (1898), foranlediget av leirskredet i Verdalen i 1893 som ført til at det ble igangsatt "terrænundersøkelser og jordboringer" flere steder i Trøndelag bl.a. i Kaldvelladalen. Friis forundret seg spesielt over at Langvatnet ikke hadde noe synlig utløp og den betydelige vannføringen i de mange kildeframspringene i Kaldvelladalen samt at bekken i dalen "gik ned i grunnen grunden saa Elveleiet var aldeles tørt på en strekning af henved 300 m" (sitat J.P. Friis 1898). Den mer kjente pioneren og geologen og senere NGU-direktør H. Reusch omtaler også noe av de samme forhold og gir også en tolkning av dannelsesforløpet til Langvatnet som en stor dødisgrop gitt av nedsmelting av en isrest begravd av breelvsedimenter (Reusch 1919).

Fremoavsetningen er et stort breelvdelta med sanduroverflate avsatt av smeltevann som har drenert fra øst fra det som i dag er Selbusjøen (Reite 1985). Avsetningen er bygd opp til like over marin grense på 175 moh. Store mengder smeltevann har transportert og avsatt forskjellige lag med løsmasser ned mot Gauldalen. I denne prosessen har den stadige tilførselen av materiale gradvis dannet nye skrålag av sand og grus i dalgangen som avsluttes med den tydelige bratte fronten mot sørvest ut mot Gauldalen. Under avsetningsprosessen har vannet vasket ut det meste av finkornete materialet slik at sedimentene består hovedsakelig av sand og grus. Skråningen mot vest har senere blitt overdekket av finkornige marine sedimenter.

Da den store innlandsisen etter hvert smeltet ned og brefronten trakk seg tilbake østover, ble noe is liggende igjen og dannet dødisterrengtet som markeres både med det store Langvatnet og med den kuperte overflaten øst på Fremo. Det er også tydelige spor av tidligere kanaler og løp etter smeltevann, som har drenert fra øst til vest på deltaflaten. I siste fase av isavsmeltingen har større flomlignende hendelser avsatt mer usorterte topplag over skrålagene over et større område. Overflaten av avsetningen er derfor gjennomgående grovere og dårligere sortert enn skrålagene under. Topplaget av mer usorterte flomsedimenter defineres som en sandurflate.





Figur 1 Løsmassekart over Fremo drapert på terrengmodell basert på lidardata fra 2011. (Bilder fra angitte lokaliteter er vist i figur 2 og 3.)

Variasjonen i kornfordeling i forekomsten er stedvis dokumentert med boringer (Ottesen 1987a, Storrø 2000, Forbord 2010) og gravesnitt i avsetningene. Boringene viser til dels grov grus med innslag av stein og blokk i en sandig grunnmasse. Dette bekreftes også av observasjoner i skjæringer i massetak i området (Figur 2 og Figur 3). Materialet er rundet tilsvarende det som kan forventes i en breelvavsetning. I topplaget av flomsedimenter er innholdet av stein og blokk høyere enn de dypere liggende skrålagerne bestående av hovedsakelig grov grus og sand.

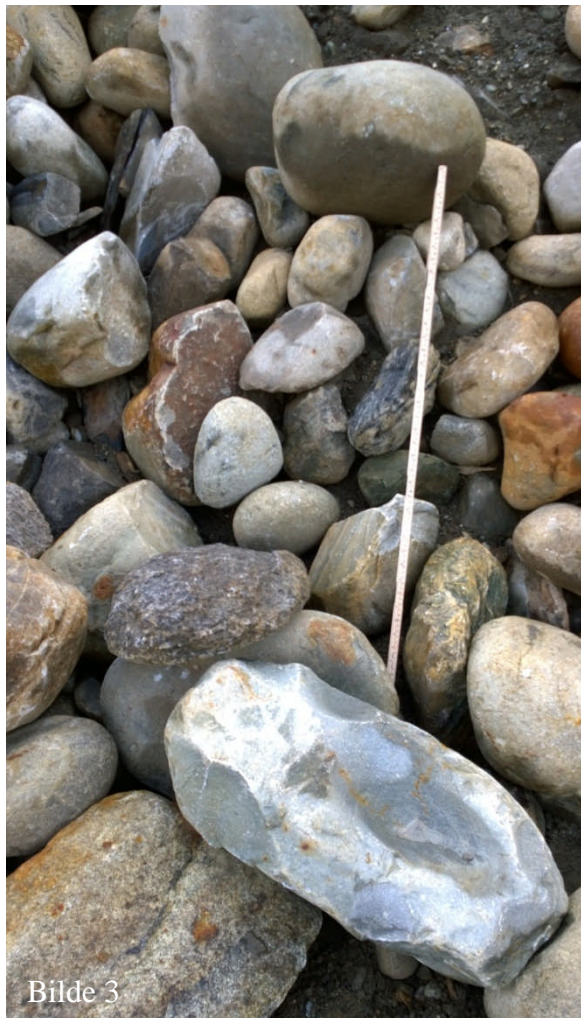
Øst på Fremo, der breelvavsetningen ligger blandet med randmorene, er det innslag av mer finkornet materiale som også viser lagdeling (Figur 3). Randavsetningene vises med mørk



grønn farge på løsmassekartet (Figur 1). Her ser det grove materialet ikke ut til å være like godt rundet som i vest og lagdelingen (Figur 3) framstår betydelig mer kaotisk enn lagdelingen observert i vest, og som skyldes nærhet til iskontakten i øst.



Figur 2 Grovt materiale i topplag på ca 2 meter (Bilde 1), sorterte masser i skrålag > 2 meter mot dypet (Bilde 2) (se lokalisering i figur 1)



Figur 3 Stein og blokk (Bilde 3) blanding av fint og grovt materiale med lagdeling (Bilde 4) (skala én meter, se lokalisering i figur 1)

## 2.1 Tidligere undersøkelser

Fremo er kartlagt kvartærgeologisk i skala 1:50 000 på kartblad Støren (Reite 1980). Forekomsten på Fremo er videre beskrevet i beskrivelse til det kvartærgeologiske kartet (Reite 1985).

De største arbeidene med geologiske undersøkelser i Kaldvella-området foregikk på slutten av 1970-tallet og fram til 1990 med flere større arbeid knyttet til hydrogeologiske problemstillinger (Sindre 1976, Andersen 1979, Andersen 1982, Andersen 1985, Storrø 1987, Morland 1988). Kaldvella-områdets hydrogeologi og grunnvannskjemi ble også tema for en doktorgradsavhandling ved NTH (Storrø 1990), og som til nå er det mest omfattende studiet som er gjennomført i området. Etableringen av Fremo vannverk og senere utbygging av hovedvannforsyningen til Klæbu kommune basert på grunnvann fra Kaldvella (Storrø 1997 og 2000, Hilmo 2015) samt miljøundersøkelser ved tidligere Fremo avfallsdeponi (Forbord 2010) har også gitt mye ny hydrogeologisk informasjon. Det finnes derfor ingen områder i Midt-Norge hvor det har blitt utført så omfattende hydrogeologiske studier som i Kaldvella-området. De hydrogeologiske undersøkelsene har fremskaffet geologisk informasjon som også er relevant som grunnlagsdata for generell geologisk tolkning av forekomsten og egenskaper og potensial som grusressurs. I tillegg til nevnte arbeid er det foretatt løsmasseboringer for å beskrive løsmassesammensetningen over grunnvannsspeilet (Ottesen 1987a). Det er også foretatt undersøkelser av Fremo da forekomsten ble undersøkt som mulig verneverdig løsmasseforekomst som følge av sin spesielle dannelseshistorie og betydelige størrelse (Ottesen 1987b).

## 3. Datagrunnlag

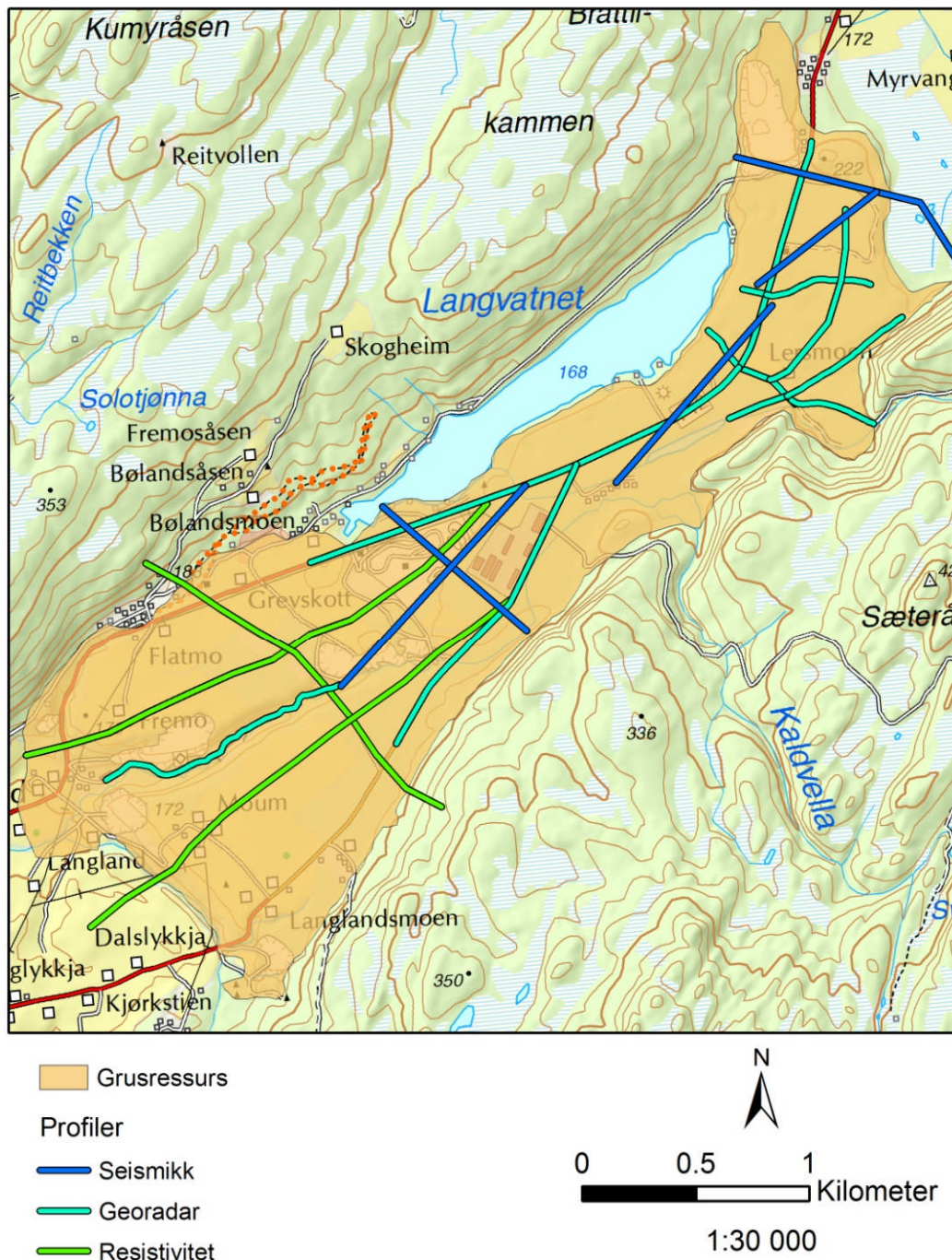
Denne rapporten er i hovedsak en sammenstilling av tidligere publiserte undersøkelser på Fremo. En del upubliserte georadardata (GPR) er også tatt med i arbeidet. I Figur 4 er det vist en oversikt over geofysiske data på Fremo. Det er i tillegg gjort et arbeid med å vurdere en samtidig utnyttelse av grunnvann og grusressursene, og hvilke innbyrdes begrensninger dette vil medføre for disse aktivitetene.

Eksisterende data for forekomsten er i stor grad tolket og framstilt i tidligere rapporter. Det som er nytt i denne rapporten er at data fra tidligere undersøkelser med ulikt formål er sammenstilt og brukt for å kalkulere grusvolumet samt å vurdere framtidig felles utnyttelse av sand og grus og grunnvann. Det er ut fra tilgjengelige lidar-data (Figur 1), laget en ny høydemodell som er grunnlaget for en ny avgrensning av arealer som antas å være aktuelle for framtidig uttak av sand og grus.

Alle geofysiske data er prosessert og visualisert i programvaren 3DMove. Det er ut fra informasjonen i de geofysiske profilene laget flater som skal representere grunnvannspeilet i området. Grunnvannsspeilets dybde er kontrollert mot tidligere grunnvannsmålinger i observasjonsbrønner på forekomsten.



### 3.1 Utførte geofysiske undersøkelser på Fremo



Figur 4 Geofysikkprofiler og grusressursen på Fremo

Beskrivelse av de ulike geofysiske metoder som er benyttet i undersøkelser av Fremo-avsetningen er nærmere forklart i vedlegg 1.

#### 3.1.1 Refraksjonsseismikk

Seismikkprofilene på Fremo viser hovedsakelig tre refleksjonsflater; landoverflaten, grunnvannsspeil og fjelloverflaten (Sindre 1977, Hillestad 1988). Beliggenheten på grunnvannsspeilet på disse profilene bekreftes i stor grad av dataene som finnes fra boringene som er foretatt på Fremo. Det er i all hovedsak informasjon om grunnvannsnivå på seismikkprofilene som er benyttet i analysen til denne rapporten

### 3.1.2 Georadar (GPR)

Georadarprofilene for Fremo er ikke tidligere publisert og tolkningen av dette datamaterialet er vanskelig gjort på grunn av manglende informasjon om posisjonering og forhold knyttet til innsamlingen av profilene. De fleste georadarprofilene viser ingen tydelige refleksjoner fra et grunnvannsspeil. Profilene er derfor hovedsakelig benyttet i den generelle vurderingen av geologien på Fremo. Profilene bekrefter likevel mye av informasjonen fra andre kilder, blant annet de grove sedimentene i de øvre delene av avsetningen.

### 3.1.3 Resistivitet

Profilene fra Fremo ble første gang prosessert av Dretvik (2014), men ble prosessert på nytt til bruk i analysen til denne rapporten. Profilene viser omtrentlig dyp til fjell og grunnvannsnivå. Resistivitet- og seismikkprofilene viser sammenfallende tolkninger og har blitt brukt til kalibrering ved tolkning av grunnvannsnivået.

## 4. Ressursene på Fremo

Løsmassene på Fremo dekker et område på mer enn 5 km<sup>2</sup> hvor Langvatnet utgjør omtrent 0,5 km<sup>2</sup>. Områdene som er vurdert i rapporten tar utgangspunkt i beskrivelsen i Planprogram for konsekvensutredning og kommunedelplan Fremo (Melhus kommune 2015). Dette tilsvarer stort sett grusressursen på Fremo, og som på grunn av størrelse og beliggenhet er klassifisert til å være av nasjonal betydning i NGUs grus-, pukk- og steintippdatabase. Det samme området er i Nasjonal grunnvannsdatabase (GRANADA) under tema grunnvannspotensiale definert som "påvist betydelig grunnvannsressurs".

### 4.1 Grunnvannet på Fremo

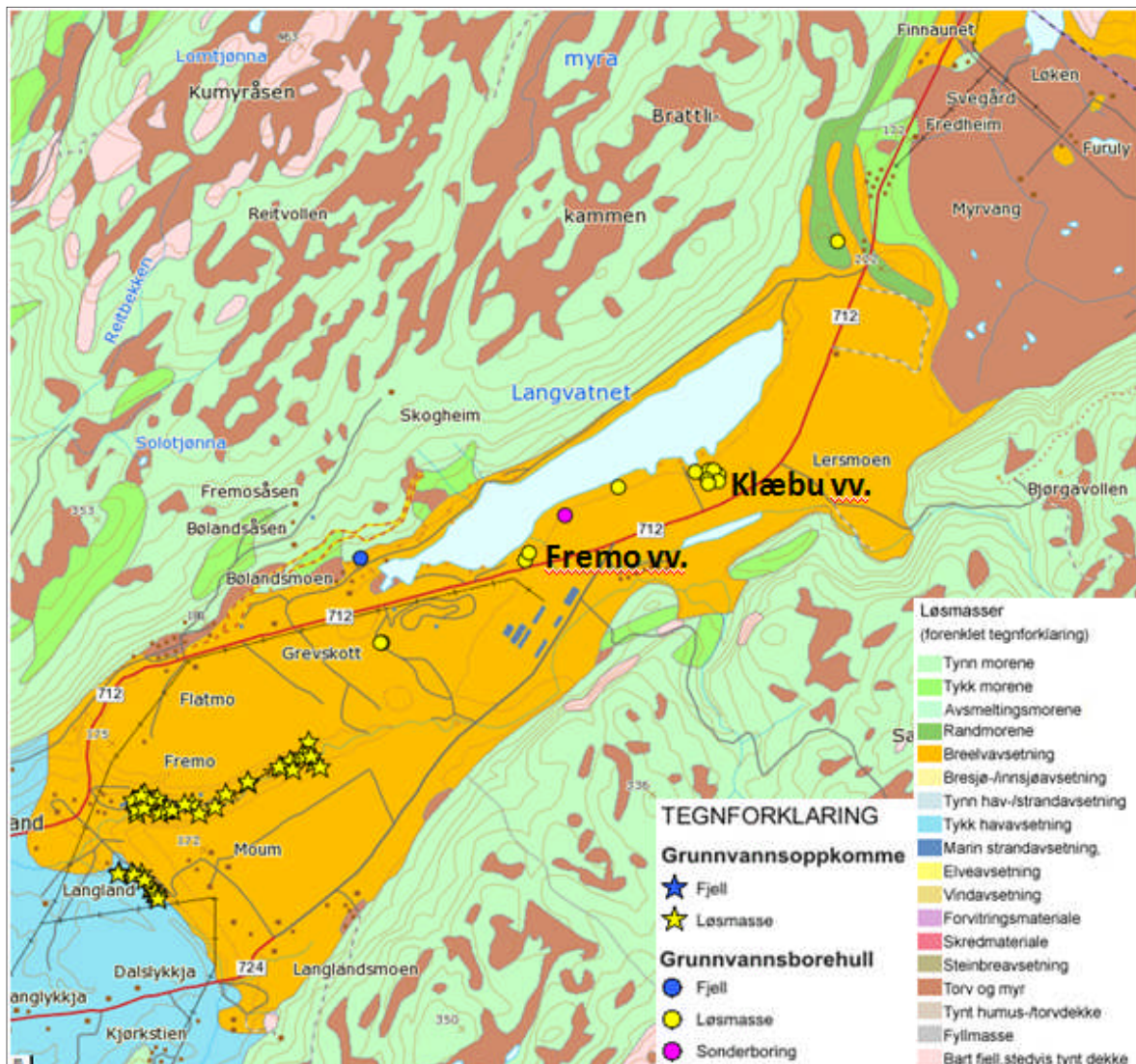
Grunnvannsmagasinet i Fremo-området ligger i de mektige sand- og grusavsetningen i dalgangen mellom Selbusjøen og Gauldalen (Figur 6). Boringer har vist over 50 m mektighet med permeable sand- og grusavsetninger. Geofysiske målinger angir en total løsmassemektighet på opp mot 200 m (Figur 6) der det mektige topplaget av sand og grus overlager mer finkornige lavpermeable sedimenter (Storrø 2000, samt upublisert geofysiske undersøkelser NGU).

Grunnvannsmagasinet står i hydraulisk kontakt med Langvatnet gjennom infiltrasjon i bunnen av vatnet, samt bekken Kaldvella og noen andre små bekker som renner ut på avsetningen. I tillegg til dette vil infiltrasjon av nedbør på selve forekomsten, samt infiltrasjon av overflateavrenning fra omliggende fjellområder være den viktigste kilden til nydannelse av grunnvann. Ut fra kunnskap om løsmassenes oppbygging, med lavpermeable løsmasser mot dypet i østlige områder, er det ikke forventet at grunnvannsmagasinet står i hydraulisk kontakt med Selbusjøen.

Registreringer av grunnvannsnivå i brønner etablerte på avsetningen viser en hovedretning på grunnvannsstrømmen fra nordøst til sørvest med en økende gradient mot sørvest og utstrømningsområdet i kildene i langs Kaldvelladalen. Dypet til grunnvannsspeilet øker også langs grunnvannsstrømmen med et grunnvannsnivå i de sentrale deler på rundt 20 m til over 40 meter ved Fremogårdene i vest. Grunnvannsnivået fluktuerer også over året med topper i snøsmeltingen om våren samt om høsten med mye nedbør. Registrering av grunnvannsnivået over flere tiår har samtidig vist at grunnvannsnivået kan varierer betydelig over lange tidsperioder, ut over de gjentakende årlige variasjoner, og er gitt av variasjoner i nedbørsmengder over år (Figur 7).

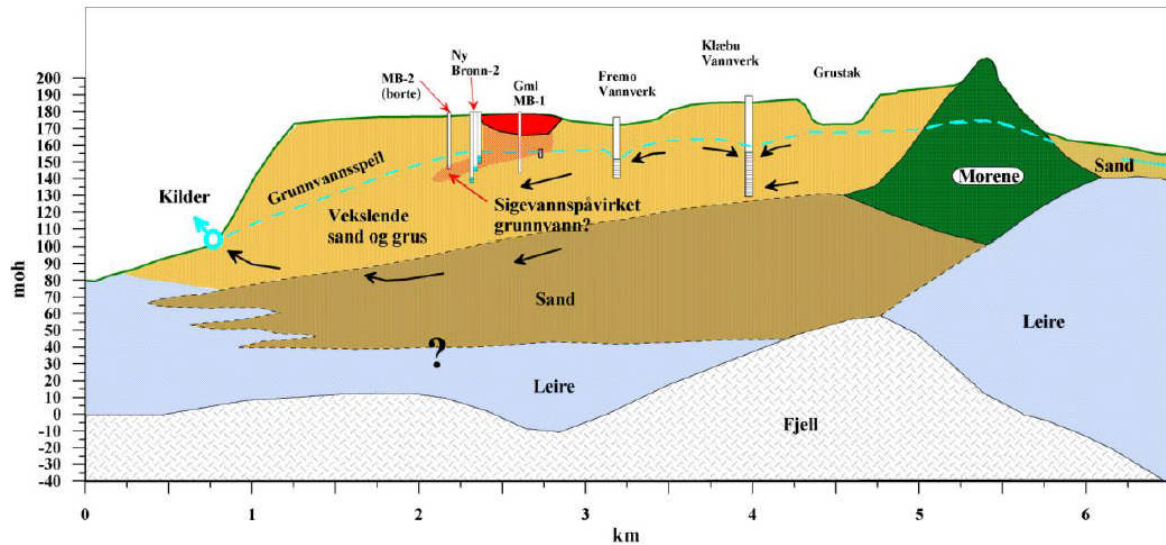


Samtidige nivåmålinger i Langvatnet og grunnvannet viser at grunnvannsnivået svinger synkront med nivået i Langvatnet, men med betydelig større nivåendringer i grunnvannet sammenliknet med nivåendringer i Langvatnet (Figur 7).

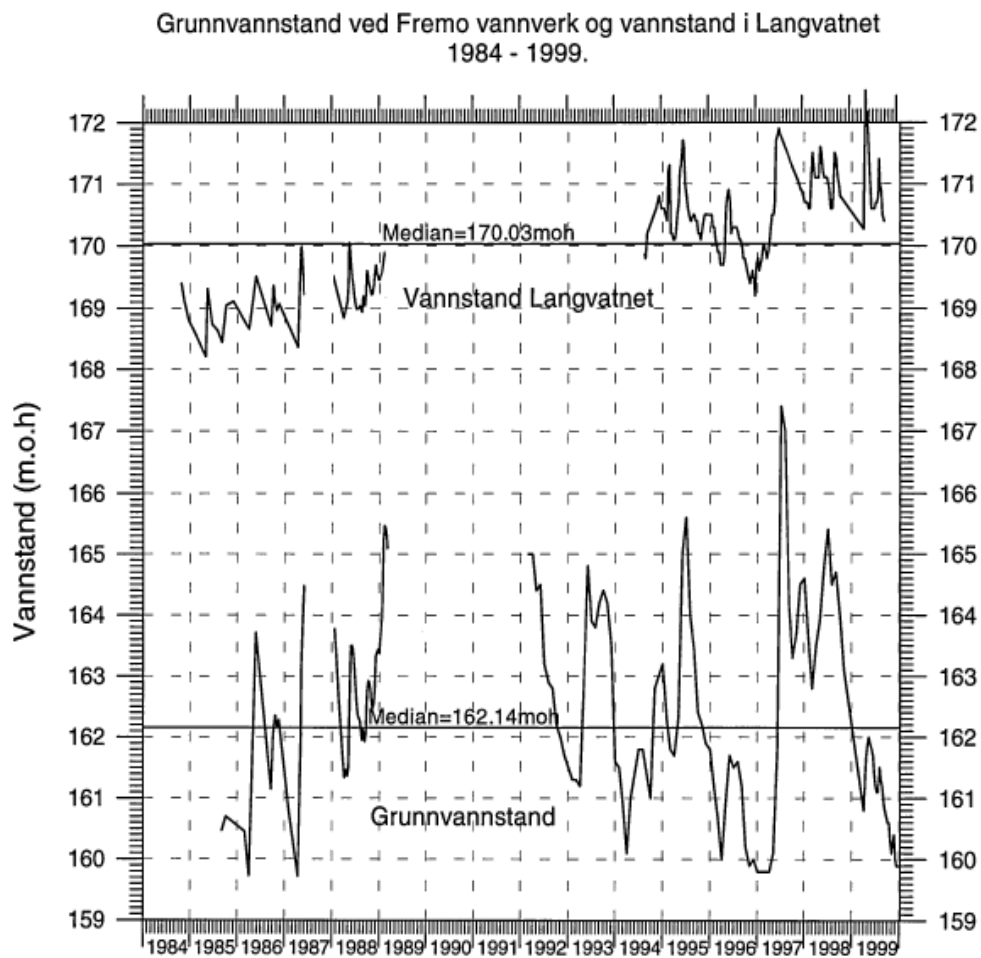


Figur 5 Løsmasser på Fremo med registrerte kilder og brønner i GRANADA (NGU database) samt lokalisering av Fremo og Klæbu vannverk.





Figur 6 Vertikalsnitt fra Fremo-området som viser løsmasseyper, grunnvannsnivå og strømning. Fremo-deponiet, overvåkingsbrønner og vannverksbrønner er også inntegnet (Storrø 1990, Forbord 2010).



Figur 7 Endringer i grunnvannstandsstand ved Fremo vannverk og vannstand i Langvatnet i perioden 1984 -1999 (Storrø 2000)

## 4.2 Sand og grusressursen på Fremo

Løsmasser som skal utnyttes som byggeråstoff består vanligvis av sortert materiale som breelavsetningene på Fremo er et eksempel på. Sand og grusressursene på Fremo er klassifisert til å ha nasjonal betydning på grunn av sin sammensetning, beliggenhet og betydelig volum. Tester utført av NGU (tilgjengelige i grus-, pukk- og steintippdatabasen) (NGU 2016) på materiale fra Fremo har vist mindre gode mekaniske egenskaper, noe som gjør grusen i mindre grad egnet til bruk i vegbygging etter Statens vegvesens krav (2014). Informasjon fra NGUs database for mineralstatistikk viser likevel at grus fra Fremo benyttes til vegbygging (NGU 2016b, Mineralstatistikk 2015). Løsmassene kan da være benyttet som fyllstoff i vegdekker eller til grusveger. Det har også blitt rapportert at materialet er benyttet til betong.

Observasjonene i utgravde snitt i grustak viser ikke tydelig tykkelsen på det grove topplaget over de mer finkornige skrålagene. Andelen av grove masser kan ha betydning for hva massene kan brukes til. I tillegg vil tekniske løsninger for masseseparasjon og den enkelte drivers uttak vil i stor grad avgjøre hva massene vil være egnet til.

### 4.2.1 Behov for sand og grus

I Sør-Trøndelag ble det solgt ca 700 000 tonn grus i 2014 (Mineralstatistikk 2015). I perioden fra 2006 til 2014 ble det på Fremo blitt solgt omlag 50 000 tonn grus i årlig (NGU 2016b). Grus som ressurs har et mer begrenset bruksområde enn pukk (knust fjell) som det ble solgt ca 3,4 millioner tonn av i Sør-Trøndelag i samme periode. Det er spesielt til betong at det brukes mer tilslag fra løsmasser enn fra knust fjell. Til vegformål og diverse andre formål benyttes i størst grad pukk.

#### 4.2.1.1 Foredling av sand og grus

Selv om løsmasser i utgangspunktet ikke har riktig sammensetning til et ønsket bruksområde, kan massene sorteres og siktes til ønskede fraksjoner og dermed bli benyttet som forskjellige produkter. Eksempler på dette kan være dreneringsgrus, støpesand osv. Løsmasser benyttes også til en del spesialprodukter som det i mindre grad finnes fullverdige substitutter for. Hvilke bruksformål massene på Fremo kan benyttes til vil til en viss grad være gitt av anvendelser som bransjen finner gjennom etterspørsel i markedet. Variasjonen i fraksjoner som er observert i snitt på Fremo (Figur 2) viser at det vil være mulig å framstille de aller fleste produkter som etterspørres av sand og grus fra forekomsten.

#### 4.2.1.2 Krav til masser

Selv om utviklingen viser økende bruk av pukk er fortsatt forbruket av grus stabilt (NGU 2016b, Mineralstatistikk 2015). En årsak til at grusforbruket ikke øker er at det til en del bruksområder stilles krav om knuste masser (Statens vegvesen 2014). Det er ofte bedre forutsetninger for å lage et tilslag med nødvendige mekaniske egenskaper fra en homogen bergart som sprenges og knuses fra fjell, enn fra løsmasser med en blanding av mange forskjellige bergarter med varierende mekaniske egenskaper. Grus er imidlertid billigere å utvinne enn pukk, fordi grus kan graves direkte ut av forekomsten uten sprenging.

#### 4.2.2 Volum grus

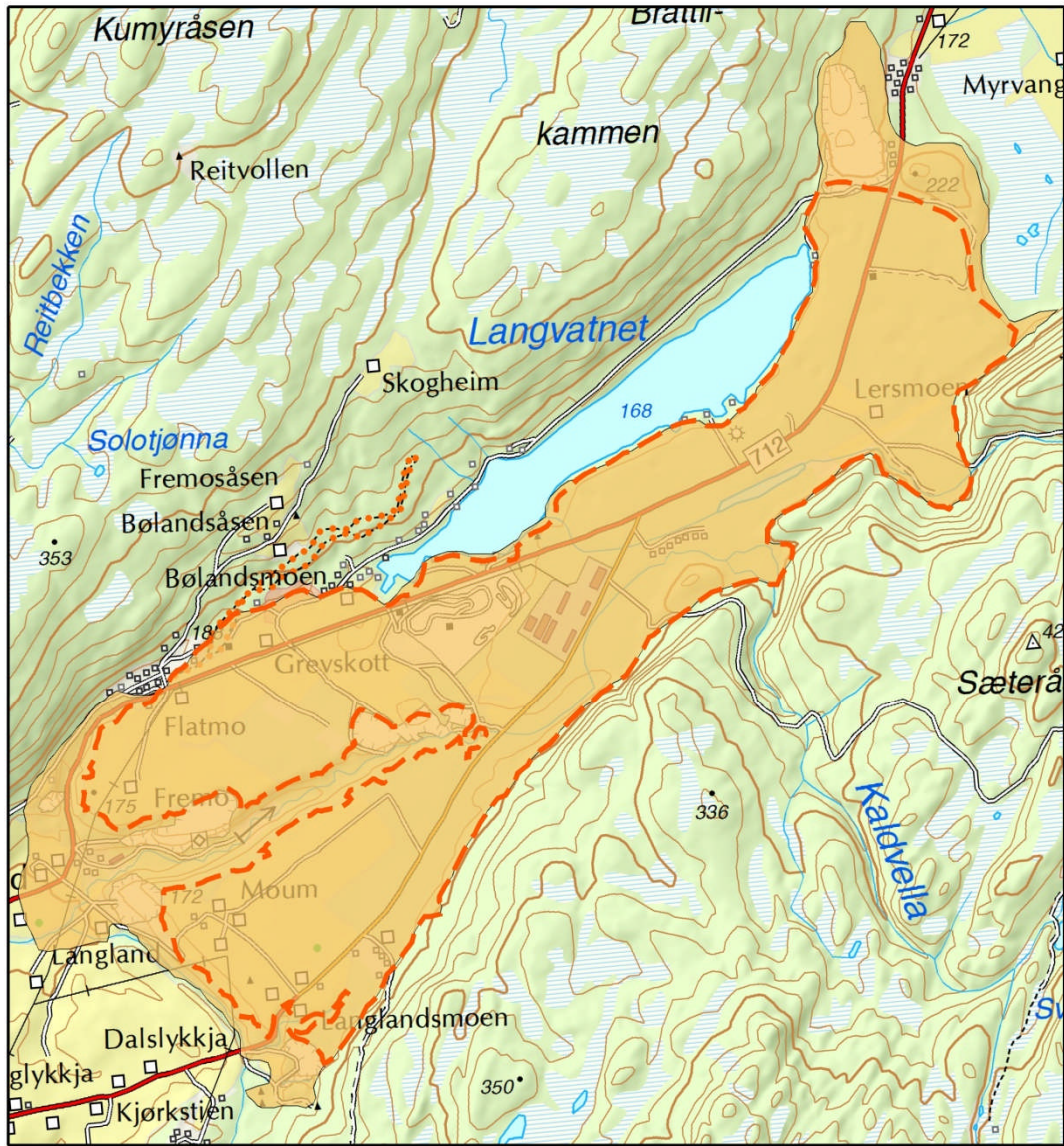
I NGUs grusdatabase (NGU 2016) er forekomsten på Fremo beregnet til å ha et totalt volum på ca. 87 millioner m<sup>3</sup>. Volumet er beregnet ved at forekomstens areal er multiplisert med en tolket gjennomsnittlig sannsynlig mektighet, som på Fremo er satt til 19 meter. I databasen er avsetningens utnyttbare volum sett i sammenheng med arealbruk som båndlegger ressurser og tolkning av løsmassesammensetningen i forekomsten. Til sammen gir dette et estimat for utnyttbart volum. For Fremo er det i NGUs grusdatabase beregnet et utnyttbart volum på 37 millioner m<sup>3</sup>.

I arbeidet med å sammenstille geofysiske data har det blitt gjort en ny kalkulasjon av forekomstens totale volum over grunnvannstanden. Den nye kalkulasjonen viser et bruttovolum. Det er ikke gjort nye beregninger av utnyttbart volum. Bruttovolumet vil tallmessig svare til *totalt volum* i grusdatabase, men her basert på en modellering av grunnvannstanden som gir en varierende mektighet av umettet sone. Ikke en gjennomsnittlig mektighet.

Den nye volumberegningen gir et bruttovolum over grunnvannstand på ca. 88 millioner m<sup>3</sup>, noe som stemmer godt overens med volumet angitt i NGUs grusdatabase (NGU 2016). Men arealberegningen i databasen er basert på et 1 km<sup>2</sup> større areal, se Figur 8.

Fremo-forekomsten har i grusdatabase antatt løsmassefordeling med 40% innenfor grusfraksjonen og 60% innenfor sandfraksjonen. Denne fordelingen er meget generell og må undersøkes nærmere for å få et bedre estimat på utnyttbart volum. Det er observert stein og blokk (grovere enn grus) og finstoff (finere enn sand) (Figur 2 og Figur 3) i forekomsten som vil endre dette fordelingsstallet.

Det totale arealet for grusressursen på Fremo er på ca. 4,5 km<sup>2</sup>. I de nye volumberegningene er skråningene i forekomstens ytterkanter, skråningene langs Kaldvellabekken, skråningene i eksisterende uttak og randmorenen i nordøst utelatt fra det opprinnelige forekomstarealet (Figur 8). Avgrensingen i Figur 8 er basert hovedsakelig på høydemodellen i Figur 1. Det volumberegnete arealet utgjør dermed ca. 3,5 km<sup>2</sup>. De utelatte arealene har mektigheter eller beliggenhet som gjør dem mindre interessante å utnytte, selv om det er gjenværende ressurser også i disse områdene. Det vil blant annet være gjenværende ressurser mot dypet i flere av de eksisterende masseuttakene.



Figur 8 Grusressursen på Fremo med angitt volumberegnet område



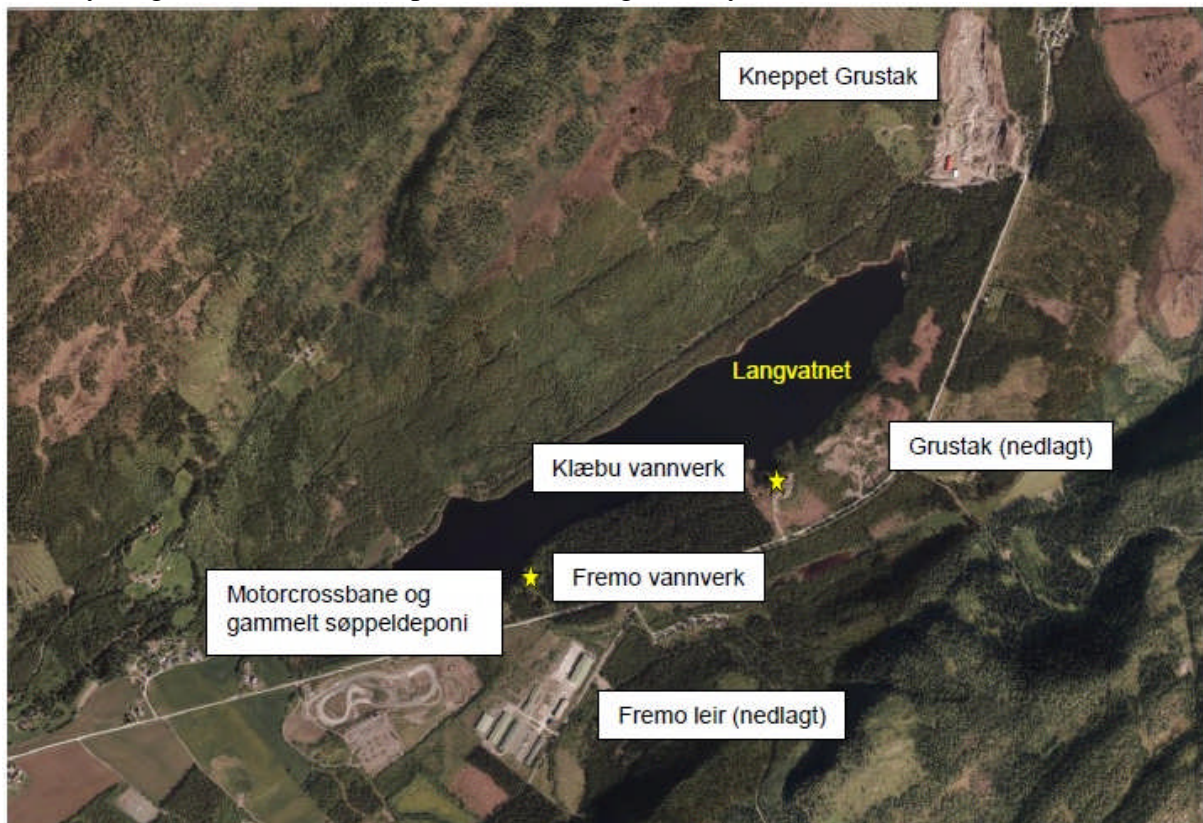
## 4.3 Grunnvann

### 4.3.1 Grunnvannspotensial og drikkevannsforsyning

På grunnlag av et beregnet nedbørsfelt (17,5 km<sup>2</sup>), nedbørsmengder (ca. 1000 mm/år) og antatt infiltrasjonskapasitet, er forekomstens totale grunnvannsavrenning er beregnet til ca. 300 l/s (Storrø 1990). Ut fra disse beregningene er vannforsyningspotensialet til grunnvannsmagasinet i Fremo-området det desidert største i Trøndelag, og har også en betydelig størrelse i nasjonal sammenheng.

Etablering av Fremo og Klæbu vannverk, med tilhørende vannkvalitetsovervåking, har også vist at grunnvannet har meget god kjemisk og bakteriologisk kvalitet velegnet til drikkevannsføremål. Kartlegging av mulig forurensning av grunnvannet fra tidligere deponier og andre potensielt forurensende aktiviteter (Figur 9) har vist ubetydelig eller ingen negativ påvirkning på grunnvannets kjemiske kvalitet, og viser at grunnvannsføremkomsten er godt beskyttet mot overflateforurensning fra dagens belastingsituasjon (Forbord 2010, Hilmo 2015). I områder med en umettet sone på over 20 meter gir dette en meget god beskyttelse av underliggende grunnvann.

Den gode grunnvannskvaliteten og den betydelige nydanningen av grunnvann sett i sammenheng med god beskyttelse mot overflateforurensning, viser at grunnvannsmagasinet har betydelig større drikkevannspotensial enn dagens utnyttelse.



Figur 9 Flybilde over Fremo-området med inntegning av de viktigste potensielle forurensningskildene (figur fra Hilmo 2015).

#### 4.3.2 Økt grunnvannspotensial gjennom økt infiltrasjon av overflatevann

De geologiske forholdene i Fremo-området ligger meget godt til rette for en betydelig økning av uttakspotensialet av grunnvann gjennom å stimulere til økt infiltrasjon av overflatevann til grunnvannsmagasinet. Da det meste av avrenningen fra nedbørsfeltet til Fremoavsetningen allerede tilføres grunnvannsmagasinet, vil overføring av vann fra Selbusjøen være eneste mulighet for å øke nåværende grunnvannsdannelsen. Vann fra Selbusjøen kan tilføres grunnvannsmagasinet gjennom åpne infiltrasjonsbassenger og/eller infiltrasjonsbrønner i de sentrale deler av grunnvannsmagasinet. Ved slik kunstig overflateinfiltrasjon i den mektige umettede sonen av sand og grus, vil tilført overflatevann gjennomgå en bakteriologisk rensing samt kvalitetshevning av kjemiske og fysikalske parametre. Denne metoden har til nå hatt begrenset anvendelse i Norge (Tynset vv, Ringerike vv,) men nær halvparten av grunnvannsanleggene i Sverige benytter denne metoden for å øke uttakspotensialet (Hansson 2000). Figur 10 viser bilder fra Kungsbacka vannverk sør for Göteborg som benytter kunstig infiltrasjon for å øke nydanning av grunnvann i breelvsavsetninger av sand og grus som benyttes som hovedvannkilde.

Forutsatt tilgang til egnede arealer med gode infiltrasjonsegenskaper, og brønnområder som gir tilstrekkelig oppholdstid på infiltrert overflatevann før uttak, har grunnvannsmagasinet i Fremo-området et mulig potensial til å forsyne hele Trondheim by med drikkevann. Det er ikke kvantifisert i denne rapporten hvor stor grunnvannskapasitet det vil være mulig å oppnå ved kunstig infiltrasjon på Fremo. For å kunne oppnå en økning i uttakspotensialet i grunnvannsmagasinet må muligheten for å overføre vann fra Selbusjøen direkte til Langvatnet også utredes. Langvatnet er i utgangspunktet et stort infiltrasjonsbasseng som tilfører grunnvannsmagasinet varierende mengder med vann. Undersøkelser har vist at infiltrasjonen av vann til nydanning av grunnvann er størst ved høy vannstand i vatnet om våren og høsten, og minst om vinteren/tørre somre med lav vannstand (Storrø 2000). Ved å tilføre vann fra Selbusjøen til Langvatnet i tørrværsperioder kan vannstanden holdes jevnt høyt gjennom hele året og slik bidra til en betydelig økning i nydanning av grunnvann.



Figur 10 Eksempler på kunstig infiltrasjon av overflatevann i åpne bassenger i Kungsbacka vannverk i Sverige (bilder A. Dagestad)



## **5. Framtidig utnyttelse og beskyttelse av grunnvannsressursen**

### **5.1 Grunnvannsmagasinetes sårbarhet**

For å kunne utnytte ressursen på en god måte er kunnskap om dyp til grunnvannet og løsmassesammensetning en forutsetning. Tidligere hydrogeologiske undersøkelser i enkelte områder på avsetningen har gitt viktig geologisk informasjon og vist at grunnvannet har god kvalitet og er gjennomgående godt beskyttet mot overflateforurensing som følge av stor umettet sone av sand og grus.

Det har ut fra manglende hydrogeologiske data for store deler av avsetningen ikke vært mulig å lage en sammenhengende pålitelig høydemodell for grunnvannsnivået og følgelig mektigheten på umettet sone i hele forekomsten. De beste nivådataene kommer fra brønnene tilknyttet vannverkene der grunnvannsnivået ligger omkring 20 meter under overflaten (Forbord 2010). Seismiske undersøkelser antyder en dybde som varierer mellom 10 meter i øst og omkring 30 meter sentralt på forekomsten, mens resistivitetsundersøkelser antyder dybder opp mot 50 meter helt i vest.

Gitt usikkerheter tilknyttet løsmassesammensetningen og mektighet på umettet sone i deler av Fremo avsetningen, fremstår likevel grunnvannsressursene som godt beskyttet mot dagens arealbruk av området.

### **5.2 Trusler mot grunnvannsressursen**

Ut fra dagens arealbruk og belastingssituasjon utgjør uttak av sand og grus den største trusselen mot grunnvannsressursene. Det er derfor viktig at uttak av løsmasser reguleres og begrenses til utvalgte områder. Det bør også kreves at eiere/drivere av massetak utarbeider driftsplaner med anvisning av uttaksretninger og uttaksdyp samt planer for tilbakestillelse av landskapsinngrepet etter endt drift. Det må også foreligge HMS dokumentasjon på håndtering og lagring av potensielt forurensende kjemikalier for å redusere faren for grunnforurensning ved uhell.

For å opprettholde en god beskyttelse av grunnvannet i hele eller deler av forekomsten ved masseuttak forutsettes det at grus ikke tas ut helt ned til grunnvannsspeilet, men at det gjenstår en umettet sone av løsmasser over grunnvannet som sikring mot nedtrengning av overflateforurensninger. Hvor mektig denne beskyttelsessonen bør være vil variere både ut fra hydrogeologiske forhold og belastningssituasjonen samt nåværende og framtidig bruk av grunnvannsressursen i det aktuelle området.

Det finnes ingen standard prosedyre for etablering av slike beskyttelsessoner men Folkehelseinstituttet (2004) skriver i Vannforsyningens ABC Kapittel C: "Tilførsler til grunnvannet bør minst ha drenert gjennom 3 meter umettet sone. Dette bør sikres ved at det ikke tillates bakkeplanering eller uttak av løsmasser ned til mindre enn 3 meter over høyeste grunnvannsnivå."

Erfaringer med etablering av beskyttelsessoner ved andre grunnvannsforekomster med tilsvarende interessekonflikter med masseuttak viser at det har blitt benyttet varierende sikringsdybde, og det finnes eksempler der det er blitt foreslått opp til 8 meter umettet sone (Vestland 2016). Til sammenlikning har Ringerike kommune (2015) i reguleringsbestemmelsene til områdeplan for Ringerike vannverk Kilemoen lagt inn forbud mot grus uttak under en viss kotehøyde som bla. er gitt av nærhet til eksisterende vannverk samt stedege hydrogeologiske forhold.

Folkehelseinstituttets anbefaling på tre meter umettet sone over grunnvannet må derfor betraktes som et minimumsnivå, og i et føre var perspektiv og usikkerheter tilknyttet løsmassesammensetning på Fremo, anser NGU at en umettet sone på tre meter ikke ivaretar nødvendig beskyttelse av grunnvannet. For å kunne gi mer presise og konkrete faglige råd om anbefalt beskyttelsessone over grunnvannet må det fremskaffes geologisk tilleggsinformasjon fra områder av avsetningen som i dag er utilstrekkelig kartlagt. Dette vil kreve mer detaljerte undersøkelser med grunnboringer og etablering av undersøkelsesbrønner for å kartlegge løsmassesammensetningen og grunnvannsnivå.

Som nevnt så anser NGU grunnvannsforekomsten på Fremo er godt beskyttet mot forurensninger fra dagens aktiviteter og arealbruk. For å sikre at grunnvannsmagasinet gode vannkvalitet og betydelige potensial ikke forringes må det legges begrensninger og reguleringer på framtidige bruksendringer. For å gi muligheter for uttak av sand- og grusressurser, og samtidig opprettholde grunnvannspotensial, er det foreslått at Fremo-avsetningen inndeles i to reguleringsområder. Figur 11 viser arealfordeling av områder anbefalt benyttet til uttak av sand og grus og hva som anbefales avsatt til grunnvannsformål.

Generelt innebærer anbefalingen at Fremoavsetningen ikke nedbygges i områder med sand og grusressurser og at aktiviteten i området for grunnvann holdes på dagens nivå. Dette forutsetter at det i området avsatt til grunnvann ikke etableres aktiviteter som innebærer lagring og bruk av større mengder potensielt forurensende kjemikalier. Det er også i et langtids vannforsyningsperspektiv viktig at området ikke bygges ned men har tilstrekkelige med arealer frigitt til framtidige brønnetableringer og infiltrasjonsbassenger. I et langtidsperspektiv med mulig storskala utbygging av vannforsyningspotensialet er det mulig at noen av dagens aktiviteter vil måtte avvikles (eks. rallycrossbanen).

Det er samtidig viktig at det etableres en bevissthet hos grunneiere, utbyggere, veimyndigheter og brann og redningsetater at det eksisterer en betydelig grunnvannsressurs i området og at aktiviteter og tiltak er tilpasset dette.

### **5.3 Grusressursen**

Det finnes sand- og grusressurser innefor hele området som er markert med gul farge i Figur 8. Noen av disse områdene er ansett å være mer interessant å utnytte som grusressurs når det skal gjøres prioriteringer for området. Anbefalingene for hvordan den videre utnyttelsen av ressursen bør foregå vises i Figur 11.

#### **5.3.1 Framtidig utnyttelse av grus på Fremo**

Det vil innenfor hele arealet i figur 11 være mulig å ta ut løsmasser i lang tid. Avhenging av hva massene kan selges som, er det på grunn av de store volumene potensielt store verdier i løsmassene på Fremo. Det beregnede bruttovolmet på ca. 80 millioner m<sup>3</sup> gjelder kun for arealene som er anbefalt for utnyttelse som grus (oransje skravur) og grunnvann (blå skravur) i Figur 11. Arealet for grus har et bruttovolum på 50 millioner m<sup>3</sup>, arealet for grunnvann har et bruttovolum på ca 30, se Tabell 1. De utelatte arealene i beregningene inneholder fortsatt grus som kan utnyttes men er volummessig mindre interessante.

Store løsmassevolum kan ikke alene avgjøre klassifiseringen til en grusressurs. Forbruksstatistikk for byggeråstoffer viser at bruken av pukk øker mens bruken av grus er stabil (NGU, 2016b, Mineralstatistikk 2015). Kjennskap til geologien i løsmasseavsetninger er avgjørende for å få tilgang til aktuelle fraksjoner med de ønskede egenskaper som ikke lar seg framstille på andre måter.

### 5.3.2 Forutsetninger ved anbefalinger for utnyttelse av grus

Det er usikkert hvor stort finstoffinnhold det er i randavsetningen i nordøst. Ved iskontakten er det vanligvis størst vannmengder og derfor best utvasking av finstoff (Wolden 2002). Nå er det imidlertid observert finstoff i uttaket lengst nordøst (Figur 3). Snitt sentralt på forekomsten og ved fronten (Figur 2) viser kombinasjon av grusig og sandig materiale med innslag av blokk og lite finstoff også når man kommer et stykke ned i snittene.

Boringene fra Ottesen (1987a) viser at samme type materiale som er observert i snittene i vest og sentralt på Fremo, også finnes i østlige deler av forekomsten i mektigheter på inntil 20 meter. Det betyr at områdene i Figur 11, både med anbefalt uttak av grunnvann og grus inneholder løsmasser egnet som byggeråstoff. Områdene med finstoffholdig morenemateriale i øst anses som minst egnet.

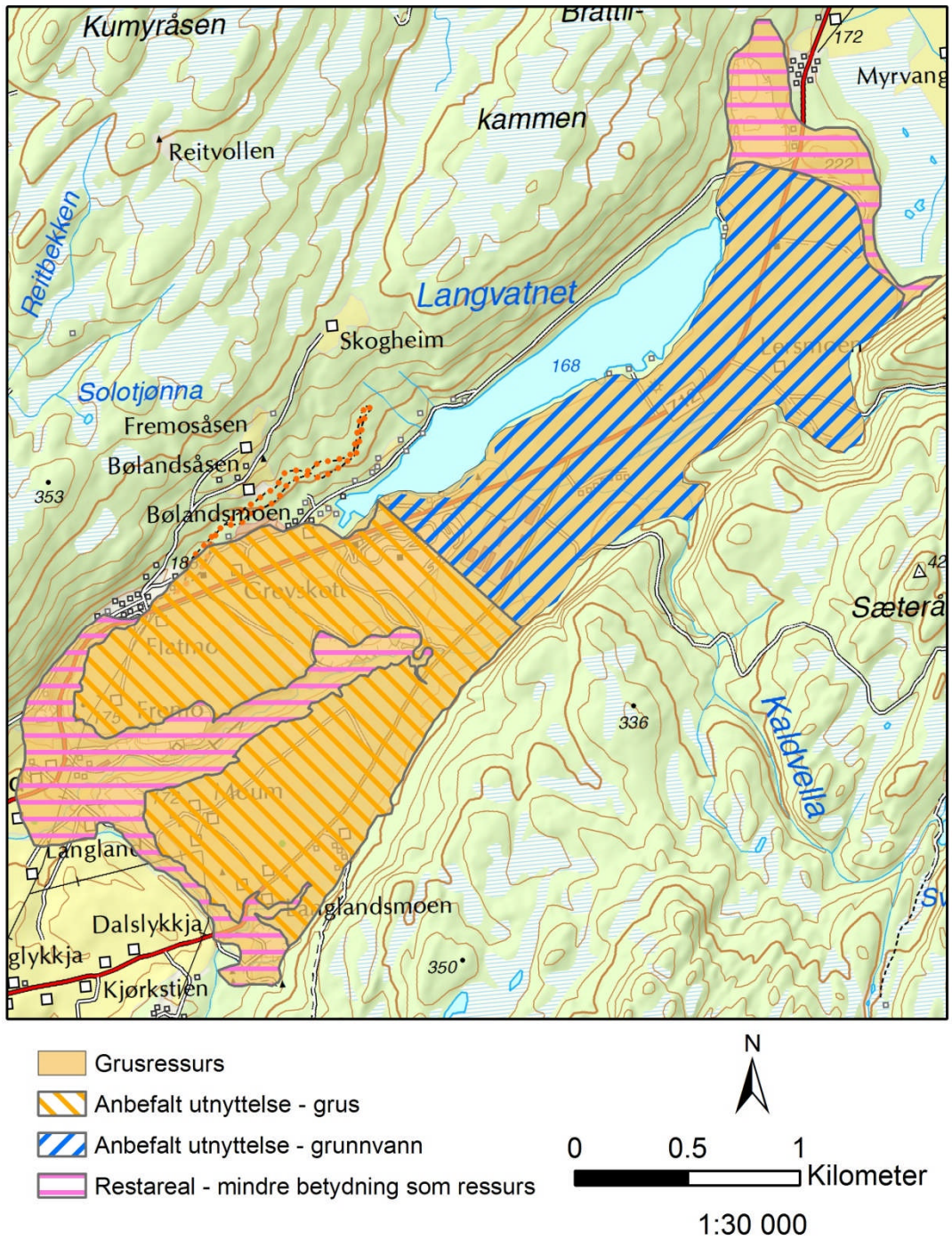
Grunnvannsressursen blir allerede utnyttet fra to anlegg i nærheten av Langvatnet og anleggene er ikke i direkte konflikt med eksisterende masseuttak i vest eller øst. De geofysiske dataene (Figur 4) viser økende mektighet sand og grus over grunnvannspeilet mot fronten (i vest) på Fremo. Tabell 1 viser hvordan størrelsen på arealene og kalkulerte bruttovolum i Figur 11 har betydelig forskjellig gjennomsnittlig mektighet sand og grus over grunnvannspeilet. Selv om det er store volum grus på hele Fremo-området er det de vestlige delene av forekomsten (områder med oransje skravor i figur 11), som har de største mektighetene grus over grunnvannspeilet. Derfor bør områdene i vest sees på som mest interessant for grusuttak, framfor å ta ut grus der mektighetene er mindre sentralt på Fremo (områdene med blå skravor i figur 11).

Tabell 1 Sammenheng mellom areal og volum for arealer anbefalt avsatt til grunnvann og masseuttak i figur 11 ( $Volum = Bruttovolum$ )

	Areal m <sup>2</sup>	Volum mill. m <sup>3</sup>	Snittmekthet (meter)
Grunnvann (blå skravor)	1.7	30	18
Grus (oransje skravor)	1.9	50	26

### 5.3.3 Levetid for anbefalte områder for grusutnyttelse

Arealene med oransje skravor angitt i Figur 11 har et bruttovolum sand og grus på ca. 50 millioner m<sup>3</sup>. Brutto levetid basert på siste års uttakstall for forekomsten (NGU 2016b, Mineralstatistikk 2015), forutsatt at alle massene kan utnyttes, vil være nærmere 2000 år. Tall fra 2014 samsvarer forøvrig godt med tidligere års uttakstall tilbake til 2006 som finnes i NGUs mineralstatistikkdatabase. I NGUs grusdatabase (NGU 2016a) er det utnyttbare volumet på hele Fremo opprinnelig kalkulert til å være i overkant av 40 % av det totale volumet. Som nevnt i kapittel 4.2.2. trengs en ny vurdering dersom det skal oppgis et nytt tall for utnyttbart volum. Legges likevel en utnyttbar andel på 40% til grunn vil levetiden til Fremo være om lag 750 år (forutsatt et uttak på 50 000 tonn i året).



Figur 11 Anbefalt områdeinndeling for utnyttelse av grunnvann- og løsmasseressurser på Fremo

## Referanser

- Dretvik, Håvard og Dalsegg, Einar 2014. Resisitivitetmålinger på Fremoavsetningen, Melhus kommune, Sør-Trøndelag. NGU-rapport 2013.058. Norges geologiske undersøkelse.
- Forbord, R. 2010 Etablering av overvåkingsbrønner og prøvetaking ved Fremo avfallsdeponi. Rapport, Asplan Viak. Utgave 1 / 2010-08-30
- Friis, J.P. 1898: Terrænundersøkelser og Jordboringer i Størdalen, Værdalen og Guldalen samt i Trondhjem i 1894, 95 og 96. Nor. geol. unders. Rapp. 27, H. Ascheoug & Co., Kristiania
- Hanson G. 2005: Konstgjord grundvattenbildning – 100-årig teknikk innom svensk dricksvattenförsörjning. VA-forsk rapport 2000-5, Sverige
- Hillestad, Gustav 1988. Refraksjonsseismiske målinger Kaldvelladalen, Melhus. NGU-rapport 88.040. Norges geologiske undersøkelse.
- Hilmo B.O. 2015: Hensynssoner Klæbu vannverk. Asplan Viak oppdrag 537641 – Klausuleringssoner for Klæbu vannverk
- Ottesen, Dag 1987a. Løsmasseboring, Kaldvelladalen, Melhus i Sør-Trøndelag. NGU-rapport 87.106. Norges geologiske undersøkelse.
- Ottesen, Dag 1987b. Undersøkelse av fire verneverdige løsmasseforekomster i Sør-Trøndelag. NGU-rapport 87.154. Norges geologiske undersøkelse.
- Reite, Arne J. og Sørensen, E. 1980. Støren. Kwartærgeologisk kart; Støren; 16213; 1:50 000; trykt i farger; NGU Skrifter nr.65. Norges geologiske undersøkelse.
- Reite, Arne J. 1985. Støren. Beskrivelse til kvartærgeologisk kart 1621 III - M 1:50 000 (med fargetrykt kart). NGU Skrifter nr. 65. Norges geologiske undersøkelse.
- Reusch, H 1919: Kaldvellas dal og et vand uten avløp. Naturen
- Sindre, Alte 1977. Seismiske grunnundersøkelser Kaldvelladalen. NGU-rapport 1518. Norges geologiske undersøkelse.
- Storrø G. 2000.: Grunnvannsundersøkelser for Klæbu nye vannverk på Fremo i Melhus kommune. NGU-rapport 2000.054. Norges geologiske undersøkelse
- Storrø, Gaute 1990. Hydrokjemi, hydrologi og geologi i Kaldvellfeltet; et feltstudium med hovedvekt på grunnvannskjemi. Dr.in.-avhandling 1990:45, NTH.
- Vestland, M. og Hilmo, B. O. 2016. Klausuleringsplan for Ringerike vannverk Kilemoen. Asplan Viak oppdrag 529119 Hydrogeologisk rådgivning - Rungerike vannverk.
- Wolden 2002 Undersøkelse av sand- og grusressursene på Gardermoen, Ullensaker kommune. NGU-rapport 2002.030. Norges geologiske undersøkelse.

- Folkehelseinstituttet 2004. Vannforsyningens ABC: Kap C Vannkilder og nedbørsfelt.  
Rapport fra Nasjonalt folkehelseinstitutt
- Melhus kommune 2015. Planprogram for konsekvensutredning og kommunedelplan Fremo.  
Vedtatt i Melhus kommunestyre 17.11.2015
- Mineralstatistikk 2015. Mineralressurser i Norge i 2014. Mineralstatistikk og bergindustriberetning. Publikasjon 1/2015. Direktoratet for mineralforvaltning og Norges geologiske undersøkelse.
- NGU 2016a. NGUs Grus-, pukk- og steintippdatabase. Fagdatabase.  
Tilgjengelig via [www.ngu.no](http://www.ngu.no)  
eller direkte [http://aps.ngu.no/pls/oradb/grus\\_GP\\_Oppslag.velg\\_fylke](http://aps.ngu.no/pls/oradb/grus_GP_Oppslag.velg_fylke)
- NGU 2016b. NGUs mineralstatistikkdatabase.  
Kun tilgjengelig ved innlogging ved bruk utenfor NGU.  
Tall fra statistikken er publisert: <http://www.ngu.no/side/mineralstatistikk>.
- Ringerike kommune 2015. Reguleringsbestemmelser 0605\_354 Områdeplan for Ringerike vannverk Kilemoen. Utarbeidet av Asplan Viak 29.05.2013. Revidert av Ringerike kommune 06.08.2015.
- Statens Vegvesen 2014 Vegbygging. Håndbok N200 ISBN: 978-82-7207-672-5  
<http://www.vegvesen.no/fag/Publikasjoner/Handboker/om-handbokene/vegnormalene/n200>



## **VEDLEGG 1**

### **Seismikk:**

Metoden er basert på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Ved utføring av refraksjonsseismiske målinger benyttes vanligvis dynamitt eller en slegge som energikilde. Oppsatte lydbølger fanges opp av geofoner (land) eller hydrofoner (sjø) og disse sendes inn på en digital registreringsenhet (seismograf). Bruk av refraksjonsseismikkmetoden forutsettes at undergrunnen kan beskrives med en forholdsvis enkelt modell av mer eller mindre horisontale lag med homogene seismiske parameter. Ved å måle tiden fra et skudd går av til lydbølgen når en geofon, kan materialenes P-bølgehastighet og lagtykkelser beregnes.

Profilene viser grenser mellom lagene som registreres med forskjellige hastigheter.

### **Georadar (GPR):**

GPR-målinger utføres ved at elektromagnetiske bølger sendes i pulser ned i bakken. Disse bølgene reflekteres tilbake til en mottaker, ved samme prinsipp som refraksjonsseismikk. For å oppnå refleksjon av bølger må det være en kontrast i den dielektriske konstanten mellom to lag. Jo større denne kontrasten er, jo kraftigere refleksjon oppnås.

Georadarprofilene viser et svart hvitt bilde som kan vise lagdeling, overganger mellom forskjellige typer masse og vanninnhold.

### **Resistivitet:**

2D resistivitet utføres ved at en kabel med elektroder plasseres på området som skal undersøkes. Det sendes strøm ned i bakken fra elektroder som registreres av noen andre elektroder. Avstanden mellom elektrodene bestemmer hvor dypt målingen går og hvor høy oppløsning som oppnås. Dataene som avleses må prosesseres, men det er i prinsippet forskjeller i hvor godt undergrunnen leder strøm som gir grunnlag for å si noe om undergrunnens sammensetning.

Resistivitetsprofilene viser en fargegradering etter bakkens evne til å lede strøm. Her må det trekkes linjer ut i fra hvilken resistivitet som eksempelvis kjennetegner masser over eller under grunnvann.



NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)