

SBF2016A0581- Åpen

Rapport

Prognose for vannlekkasjer og fremdrift frem mot gjennomslag (ca. 1250 m)

Mælefjelltunnelen

Forfattere

Kristin Hilde Holmøy

Eivind Grøv



Rapport

Prognose for vannlekkasjer og fremdrift frem mot gjennomslag (ca. 1250 m)

Mælefjelltunnelen

EMNEORD:Tunnel
Injeksjon
Vannlekkasjer
Mælefjelltunnelen
Fremdrift**VERSJON**

2.0

DATO

2017-09-14

FORFATTEREKristin Hilde Holmøy
Eivind Grøv**OPPDRAGSGIVER**

Statens vegvesen Region sør

OPPDRAGSGIVERS REF.

Trond Øygarden

PROSJEKTNR

102009993

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

9 s

SAMMENDRAG

I forbindelse med drivingen av Mælefjelltunnelen har det vært store utfordringer med mye vannlekkasjer og høyt vanntrykk. Størst utfordringer har det vært på Århus-stuffen der det per 2. desember er utført totalt 117 skjermes og 917 m har blitt injisert (dvs. 34% er injisert). Dette har medført at fremdriften har gått ned i forhold til opprinnelig planlagt fremdrift.

I foreliggende rapport er det laget en prognose for hvor mye vannlekkasjer som må forventes på gjenstående tunnelstrekning. Basert på prognosen for vannlekkasje er det også gitt et estimat for fremdrift på begge stuffene på gjenstående strekning. Rapporten har tatt utgangspunkt i status den 2. desember, da var tunneldrivingen kommet til pel nr. 11457 (Gvammen) og 12712 (Århus).

Resultatet vil danne et grunnlag for planlegging av hvordan drivingen kan optimaliseres mot gjennomslag.

UTARBEIDET AV

Kristin H. Holmøy

KONTROLLERT AV

Eivind Grøv

GODKJENT AV

Lisbeth Alnæs

SIGNATUR**SIGNATUR****SIGNATUR**

SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 Trondheim

Telefaks: 73593380

Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

RAPPORTNR	ISBN	GRADERING	GRADERING DENNE SIDE
SBF2016A0581	978-82-14-06116-1	Åpen	Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2016-12-05	Prognose
2.0	2017-09-14	Prognose for vannlekkasjer og fremdrift frem mot gjennomslag (ca. 1250 m) - Mælefjelltunnelen

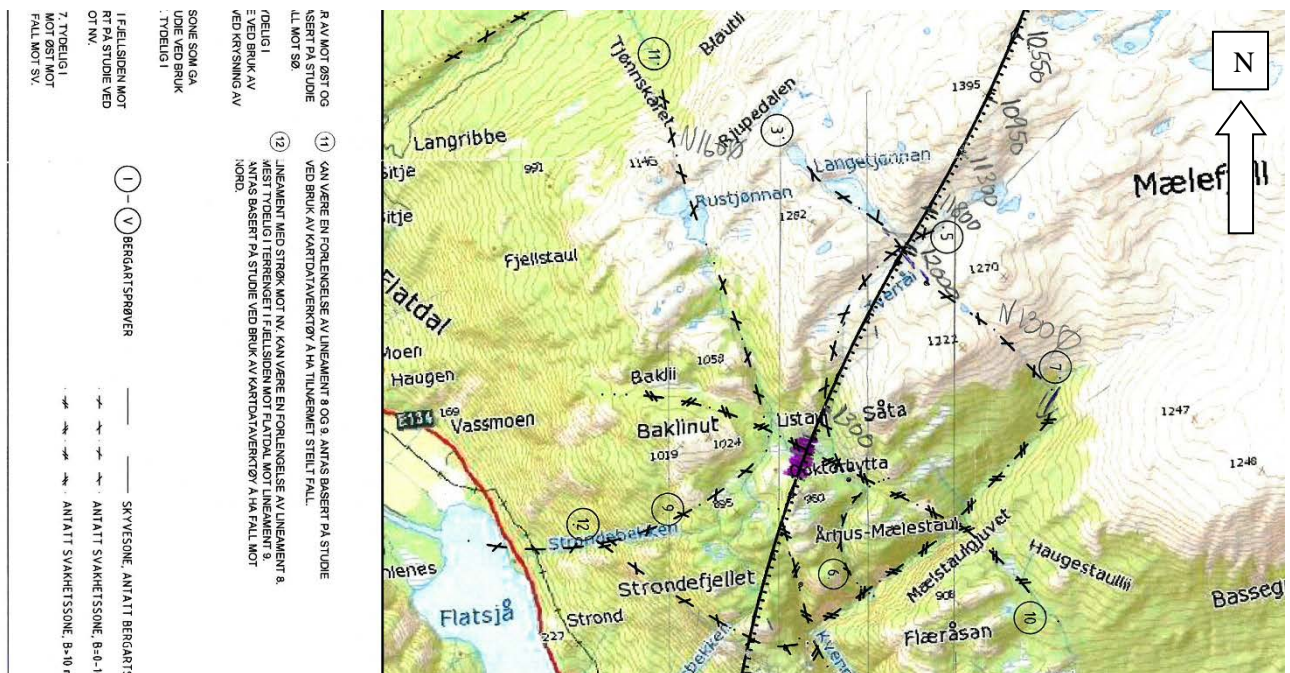
Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og målsetning	5
2	Grunnlag / metode.....	6
3	Prognose for vannlekkasjer.....	6
3.1	Strukturgeologi og flyfototolkning.....	6
3.2	Prognose for vannlekkasjer.....	8
4	Estimat av fremdrift	8
5	Oppsummering / konklusjon.....	10
6	Referanser	10

1 Bakgrunn og målsetning

Hovedutfordringene med vann og omfattende injeksjon har vært på Århus-stuffen. Status 23. november var at på Gvammen-stuffen er det utført 10 skjermes og totalt 161 m har blitt injisert. Derimot er det på Århus-stuffen utført totalt 117 skjermes og 917 m har blitt injisert (dvs. 34% er injisert). Dette har medført at fremdriften har gått ned i forhold til opprinnelig planlagt fremdrift.

Tunneldrivingen er per 2. desember kommet til pel nr. 11457 (Gvammen) og 12712 (Århus). Et utsnitt som viser kart over det aktuelle området med antatte svakhetssoner er vist i Figur 1 (SWECO, 2014). Området som er merket lilla er en strekning (pel nr. 13452-13235) der tunnelen ble drevet gjennom et parti bestående av flere store og mindre tektoniske bruddsoner som krysser hverandre. Topografisk har dette området fasong som ei grop (derfor kalt "gropa") i terrenget, og det var store utfordringer med mye vannlekkasjer og høyt trykk i området. Flere hovedbruddsoner er påvist ved strukturgeologisk kartlegging og er merket som lineament nr. 10 og 11 i den ingeniørgeologiske rapporten (SWECO, 2014).



Figur 1 Oversiktskart med antatte svakhetssoner. Modifisert fra (SWECO, 2014).

SINTEF Byggforsk v/Kristin H. Holmøy og Eivind Grøv har fått i oppgave å gi en prognose for hvor mye vannlekkasjer som må forventes på gjenstående tunnelstrekning. Basert på prognosen for vannlekkasjer skal det gis et estimat for fremdrift på begge stuffene.

Resultatet vil danne et grunnlag for planlegging av hvordan drivingen kan optimaliseres mot gjennomslag. Arbeidet vil bli lagt frem på et felles møte mellom NCC og SVV.

2 Grunnlag / metode

Det er foretatt en gjennomgang av tilgjengelig informasjon om strukturgeologiske forhold i området Gvammen-Århus. Det er også utført en studie av hvor det er påtruffet vannlekkasjer i tunnelen hittil. Dette for å se om det finnes noen forklaring på hvorfor det er møtt vannlekkasjer akkurat der. Det er tatt utgangspunkt i at det for dype tunneler ofte oppstår store vannlekkasjer langs markerte forkastningssoner (Selmer-Olsen, 1981) og (Holmøy, 2008).

Det er vanskelig å lage prognoser for vannlekkasjer i tunneler, det er derfor valgt å dele inn forventede vannlekkasjer i klasser med intervall gitt i l/min innlekkasje påtruffet på sonder- og injeksjonshull (før injeksjon blir utført). Klassene er her satt til:

- Lite vann: 0-50 l/min
- Medium vann: 50-400 l/min
- Mye vann: 400-1000 l/min
- Veldig mye vann: > 1000 l/min

Deretter er fremdrift og injisert sementmengde (gitt i tonn) per uke for begge stoffene satt opp i et XY-plott, ett for hver stoff. En trendlinje er kalkulert i excel, og denne anvendes for å estimere hvilken fremdrift som kan forventes ut fra injeksjonsinnsats.

3 Prognose for vannlekkasjer

Erfaring viser at store vannlekkasjer ofte påtreffes ved følgende strukturgeologiske forhold (Holmøy, 2008):

- Stive og harde bergarter (som for eksempel kvartsitt)
- I nærheten av markerte forkastninger (spesielt skjærforkastninger)
- I tilknytning til bergartsgrenser og gangbergarter (som metagabbro/diabas)
- I områder der man har god tilgang til vann på overflaten
- Ved høy bergoverdekning (høyt vanntrykk)
- Vannførende sprekker er tilnærmet parallelle med største hovedspenning

Når man har en eller flere av disse geologiske forholdene tilstede er sjansen for å påtreffe vann stor. Og det har vist seg flere ganger at utfordringene blir ekstra store når forkastningssonene påtreffes i tunneler med høy overdekning, siden det statiske vanntrykket da blir stort (Buen og Halvorsen, 2005) og (Holmøy, 2008).

3.1 Strukturgeologi og flyfototolkning

De mest markerte geologiske lineamentene i området rundt og på Mælefjellet har hovedsakelig to strøketninger;

- N120°-140°Ø
- N50°Ø.

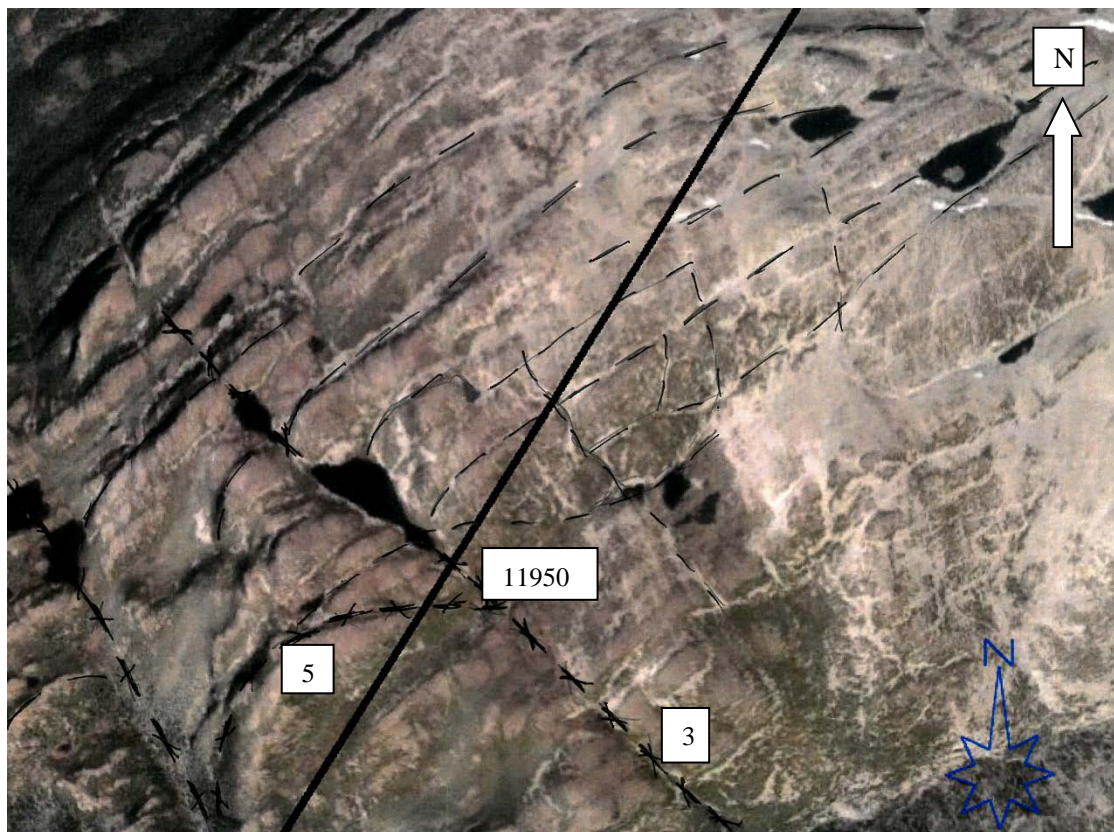
De mest vannførende sonene og sprekkeene i Mælefjelltunnelen er påtruffet i svakhetssoner som er parallelt eller tilnærmet parallelt N120°-140°Ø, og gjerne hvor flere svakhetssoner krysses, som for

eksempel i gropa (pel nr. 13452-13235). Strøkretningen N120°-140°Ø er sammenfallende med strøkretningen på forkastningssonen hvor det ble påtruffet mye vann i trykkunnelen ved Grunnåikraftverk. Den andre strøkretningen er parallelt lagdelingen i kvartsitten; denne sprekkeretningen har imidlertid ikke vært spesielt vannførende.

Det er utført én 3D-spenningsmåling ved pel nr. 15050. Største hovedspenning har orientering 298° (N118°Ø) fra nord og fall 12°, dvs. tilnærmet horisontal og med tilnærmet samme retning som de vannførende sprekkene og forkastningssonene. Dette stemmer veldig bra med teorien om at vannførende sprekker er tilnærmet parallelle med største hovedspenning.

Om man studerer to flyfoto tatt med litt forskjellig vinkel i et stereoskop ser man landskapsrelieffet med dybdesyn (tre-dimensjonalt). Om man studerer området over Mælefjelltunnelen er det tydelig at den sørlige delen er mer dominert av svakhetssoner generelt, og spesielt de NV-SØ-lige sonene er mer fremtredende i sør i forhold til i nord. Det kan se ut som om det er et skille ved Langtjønnan og svakhetszone nr. 3. Det er markant mindre svakhetssoner lenger nord.

Den 2. desember sto stuffene henholdsvis på 11457 (Gvammen) og 12712 (Århus). Om man studerer denne strekningen i stereoskop kan man tegne opp og tolke svakhetssonene som vist i Figur 2. Her har vi tegnet inn de tolkede strukturene på et utsnitt hentet fra norgei3d.no. Den tykke svarte streken er tunneltraseen. Svakhetszone 3 antas å ha vertikalt fall og krysser tunnelen ved pel nr. 11950.



Figur 2 Tolkning av strukturgeologien i området, (tykk svart strek er tunneltraseen).

3.2 Prognose for vannlekkasjer

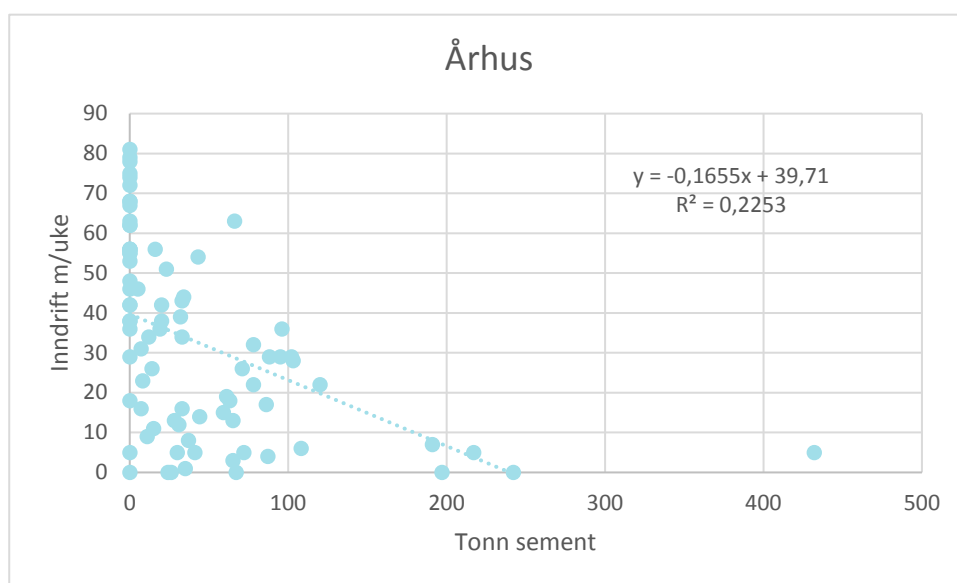
Ut fra den strukturgeologiske tolkningen kan det se ut som det er et skille ved Langtjønnan og svakhetszone 3. I tillegg kan man ut fra erfaringer fra tidligere kryssninger av svakhetssoner i Mælefjelltunnelen med retning NV-SØ forvente at det vil bli vannlekkasjer i svakhetszone 3. På Århus-stuffen forventes at det vil fortsette med medium vannlekkasjer (50 til 400 l/min) inntil man nærmer seg svakhetszone 3.

På Gvammen-stuffen forventes det lite vann (0 til 50 l/min) frem til ca. pel nr. 11800. Derfra kan man forvente en gradvis økning av vannlekkasjer (50 til 400 l/min) frem til 11900. Mellom pel nr. 11900 og 12050 kan bergmassen være påvirket av svakhetszone 3 og kryssingen med svakhetszone 5. Det er forventet at denne strekningen kan påtreffe veldig mye vann (>1000 l/min) over en strekning på ca. 150 m.

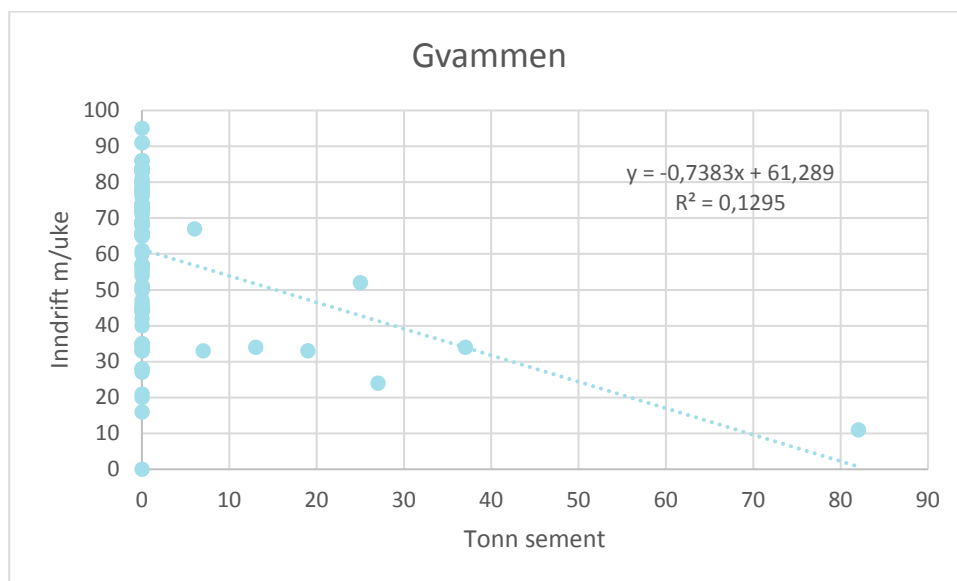
4 Estimert av fremdrift

Det er valgt her å bruke den informasjonen som finnes tilgjengelig om vannlekkasjer og injeksjon utført. Det har vist seg at injeksjonen har vært krevende da forholdene har vært varierende. I en og samme svakhetszone har man hatt forhold med åpne sprekker og hulrom til det stikk motsatte med tynne sprekker/kanaler med leirinfisert sprekkefylling. Dermed er det også nødvendig å tilpasse injeksjonsprosedyrene til de enhver tid rådende forholdene.

Om man sammenstiller fremdrift og injisert sementmengde (gitt i tonn) per uke for begge stuffene får man to ulike grafer, se Figur 3 og 4. En trendlinje er kalkulert i excel, og denne kan brukes for å estimere hvilken fremdrift som kan forventes ut fra injeksjonsinnsats på de to tunnelstuffene.



Figur 3 Fremdrift som funksjon av injeksjonsinnsats i tonn sement for Århus-stuffen



Figur 4 Fremdrift som funksjon av injeksjonsinnsats i tonn sement for Gvammen-stuffen

Det har ikke vært mulig å få en full oversikt over innlekkasjer i sonder- og injeksjonshull (innlekkasjer før injeksjon) da det mangler detaljerte registreringer a innlekkasje i alle borehull i injeksjonsskjermene. Det er derfor naturlig å dele vannlekkasjer inn i klasser med et visst variasjonsområde (som beskrevet i kapittel 2). Noen soner er imidlertid studert nøye i forbindelse med sammenstilling av erfaring med injeksjon ved Mælefjelltunnelen (SINTEF, 2016). Denne studien viser at det er en generell trend at store vannlekkasjer har krevd store mengder injeksjonssement for å tette bergmassen tilstrekkelig, og gjerne med flere injeksjonsomganger på samme stuff. Spesielt på Århus-stuffen har det gått med store mengder injeksjonssement. Totalt til og med 18. november 2016 er det medgått 2583 tonn standard injeksjonssement, 881 tonn mikrofin sement og 65 tonn ultrafin sement.

Basert på erfaringstall for fremdrift, injeksjonsinnsats og innlekkasje (SINTEF, 2016) er forventet driving per uke satt opp basert på forventet vannlekkasjer for de to stoffene. Det er tatt hensyn til at gjennomsnittsfremdriften kan være for lav på grunn av at det har vært uker der uttak av eksempelvis nisjer, tekniske rom og berghallen har påvirket inndriften. Prognose for vannlekkasjer og forventa fremdrift er vist i Tabell 1.

Tabell 1

Pel nr.		Estimert vannlekkasje	Forventa fremdrift	Estimert tid på strekning
Fra	Til			
11457	11800	0-50	65	5,5
11800	11900	50-400	35	3
11900	12050	>1000	7,5	20
12050	12150	400-1000	15	6,5
12150	12712	50-400	35	16

Totalt er det estimert behov for totalt 51 uker tunneldrift til sammen på begge stuffer (ikke tatt hensyn til samtidig drift på begge stuffer).

5 Oppsummering / konklusjon

Prognose for vannlekkasjer og fremdrift er oppsummert under.

Tabell 2 Oversikt som viser prognose for vannlekkasjer og fremdrift fordelt på gjenstående tunnelstrekning

PeI nr (*1000)	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7
Vann (l/min)	0-50				50-400	>1000	400-1000	50-400						
Fremdrift (m/uke)	65				35	7,5	15	35						
Uker på strekning	5-6				3	20	6-7	16						

Det vil alltid være knyttet usikkerhet til prognoser for vannlekkasjer og fremdrift. En viktig årsak til usikkerheten er knyttet til at det er flere geologiske parametere som innvirker på om det vil bli påtruffet vann eller ikke i tunnelen. Disse parametere påvirker hverandre og varierer både romlig og i størrelse/grad, og dette gjør det vanskelig å prognostisere. Men prognosen som er presentert her er bygget på erfaringstall fra tunneldrivingen i Mælefjelltunnelen og Grunnåi kraftverk og flere dokumenterte sammenhenger mellom strukturgeologi og vannlekkasjer (Buen og Halvorsen, 2005) og (Holmøy, 2008).

6 Referanser

Buen B. og Halvorsen A., 2005: "Vanskelig driving gjennom lavkonsoliderte leirsoner med vann under høyt trykk – Grunnåi kraftverk". Bergmekanikkdagen 2005

Holmøy, K. H., 2008: "Sammenhenger mellom ingeniørgeologiske forhold og vannlekkasjer i berg – resultat av studier av 6 norske tunneler" Bergmekanikkdagen 2008

SINTEF, 2016: "E134 Mælefjelltunnelen – Erfaringer med injeksjon" SINTEF Rapport SBF2016F0580, datert 05.12.2016

SWECO, 2014: "Ingeniørgeologisk rapport til konkurransegrunnlaget" datert 28.04.2014, 9 sider



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no