

**Intern rapport  
nr. 1816**



**Kartlegging av sprøytebetong  
i vegtunneler**

**November 1995**

**Veglaboratoriet**

## Kartlegging av sprøytebetong i vegtunneler

### Sammendrag

Veglaboratoriet har gjennomført prosjektene P346/P461 for å finne frem til totalkostnader og teknisk/økonomisk levealder for de ulike sikringsmetodene benyttet i vegtunneler. I rapportene finnes det tunnelkart og opplysninger om 140 tunneler, i 32 av dem er det brukt sprøytebetong i mere eller mindre grad, totalt er det registrert 186274 m<sup>2</sup>.

Av dette er 90862 m<sup>2</sup>, totalt 49%, så penetrert av vannlekkasjer at montering av vann- og frostsikring av hele arealet er, eller burde vært utført. Andelen er sannsynligvis høyere, fordi det i tillegg finnes betydelige arealer med sprøytebetong som er skjult av tunnelhvelv.

Høyere inndrift og innsparing av bolting var motivet for å benytte sprøytebetong som arbeidssikring i Heggura tunnel. Undersøkelsen viser at det til stuffsikring mot bergtrykksaktivitet overveiende er benyttet bolting. Partier med bomdannelse ble med mellomrom sikret med sprøytebetong bak stuff. Det er ikke dokumentert at bruken av sprøytebetong førte til redusert behov for boltesikring eller bidro til høyere fremdrift.

Sprøytebetongen er utsatt for betydelig utvasking der det er lekkasjer. Forvitring og bomdannelse er prosesser som foregår i utstrakte tunnelpartier, men med ulik hastighet, avhengig av fysiske forhold, bl.a tilførsel av vann og aggressiver. I flere tilfelle har sprøytebetongen bidratt til øket risiko for nedfall.

En konklusjon på undersøkelsen av sprøytede tunneler er at det med tiden foregår en utvikling som reduserer bæreevnen, sannsynligvis spesielt på steder der behovet for permanent forsterkning er størst. Videre vanskeliggjør sprøytebetongen vurdering av rasfaren.

På grunn av den sterkt økende bruk av sprøytebetong på anlegg haster det med å foreta en spesiell undersøkelse og vurdering av bruken av sprøytebetong i våre vegtunneler.

Emneord: *Tunnelsikring, sprøytebetong, lekkasjer, frost, bergtrykk, forvitring, vedlikehold*

Seksjon: *Geologi og geoteknikk*  
Saksbehandler: *Arne Grønhaug*  
Dato: *November 1995*

---

Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Veglaboratoriet

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo  
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44



# *Innhold*

	<i>Side</i>
Historikk	2
Orientering om kartleggingen	2
Sprøytebetong i Heggura tunnel, Tafjord	2
Sprøytebetong i Flekkerøy tunnel	5
Sprøytebetong i Mosseporten tunnel	5
Sprøytebetong i andre tunneler	5
Vurdering av sprøytebetong som vann- og frostsikring	6
Vurdering av sprøytebetong som bergsikring	6
Videre arbeid	7
Konklusjoner	8
Oversikt over litteratur og interne rapporter	
Tegning nr. P447 -01	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -02	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -03	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -04	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -05	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -06	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -07	Tunnelsikringskart
Tegning nr. -08	Tunnelsikringskart
Vedlegg	
Tegnforklaring	

## KARTLEGGING AV SPRØYTEBETONG I VEGTUNNELER

### Historikk

Sprøytebetong er blitt benyttet i vegtunneler siden begynnelsen av 1960-årene. De første vegtunnelene der sprøytebetong ble benyttet var Mosseporten, Østfold, og Høgenhei, Telemark.

I Mosseporten ble det i 1963 utført sprøyting i hele lengden, ca 300 lm. Ved kartleggingen i 1981 ble det registrert 30-50% bom. Utbedring med rensk, bolter og nett, nysprøyting og vannsikring med PE-skum ble foretatt etter dette.

I Høgenheitunnelen ble det betongsprøytet i 1962. Det varte ikke lenge før sprøytebetongen begynte å falle ned og i seg selv skape et rasproblem. Dette ble løst ved installasjon av et takhvelv i betong.

Etter de dårlige erfaringene opphørte bruken av sprøytebetong i vegtunneler mange år.

### Orientering om kartleggingen

Veglaboratoriet gjennomførte i årene 1982 til 1990 kartlegging av sikringstilstanden i ialt 140 vegtunneler som hadde vært i tjeneste en tid. Arbeidet besto i å kartlegge tilstanden til ulike typer sikringsmetoder med hensyn til vanntetthet, stabilitet og skader. Det var også ønskelig å samle inn opplysninger om omfang og art av vedlikeholdet.

Målet for undersøkelsene var å finne frem til totalkostnader og teknisk/økonomisk levealder for de ulike sikringsmetodene. Kartleggingen har ikke tatt sikte på en spesiell undersøkelse av sprøytebetong, men en visuell evaluering av alle typer sikring. Resultatene er beskrevet i 21 interne rapporter, en oppdragsrapport og en artikkel fra Veglaboratoriet Dessuten er det benyttet materiale fra to tunneler beskrevet av SINTEF.

I rapportene finnes det opplysninger om 32 tunneler der det er brukt sprøytebetong i mere eller mindre grad, totalt 186274 m<sup>2</sup> (tabell 1). Av dette er 90862 m<sup>2</sup>, totalt 49%, så penetrert av vannlekkasjer at montering av vann- og frostsikring av hele arealet er, eller burde vært utført. Det går videre frem at kledningene for vann- og frostsikring dekker ytterligere endel arealer av sprøytebetong med lekkasjer som ikke var tilgjengelig for kartleggingen, sannsynligvis av betydelig utstrekning.

### Sprøytebetong i Heggura tunnel, Tafjord

Heggura vegtunnel er 5280 m lang, med tverrsnitt på 40 m<sup>2</sup>, og åpnet for trafikk i 1982 med to års byggetid (26). Heggura var den første av vegtunnelene som ble kartlagt, og den eneste der kartleggingen er fulgt opp av ny kartlegging noen år senere. Fordi driftsproblemer med bergtrykksytringer var ventet, ble arbeidssikringen lagt opp med stålfiberarmert sprøytebetong i kombinasjon med bolting. Det er første tunnelprosjekt der stålfiber er benyttet.

Dette i motsetning til sikring med bolter, bånd og nett som ble benyttet ved driving under høyere anisotrope bergtrykk i Høyangertunnelen. Siden denne sikringsmetoden var vellykket, var det viktig å få sammenlignet og evaluert driftsmetodene. Endringen til sikring med sprøytebetong i Tafjord ble spesielt begrunnet med at den ville gi høyere fremdrift, samt at det ville kunne spares inn på bolting.

### **Kartlegging av 26500 m<sup>2</sup> sprøytebetong i 1982**

Kartleggingen og datainnsamlingen ble utført oktober 1982, se ( 1). Tegningene P447.01-08 viser utbredelsen av sprøytebetong, lekkasjer og øvrig sikring. Tegningene viser resultatene sammenstilt fra kartleggingen i 1982 og 1989 plassert over hverandre. Mindre avvik i avstandsmålingene gjør at posisjonene er litt forskjøvet.

Ialt ble det sprøytet 2650 m<sup>3</sup>, fordelt på 3800 lm tunnel på vestre side (sjøsiden) fra midt i hvelv til ca 1.5 m over vegbane. Dette gir en gjennomsnittlig betongtykkelse på 10 cm med et stålfiberinnhold på 1 vol%. Tykkelsen er imidlertid sterkt varierende fra noen mm opptil ca 15 cm. Betongresepten ble oppgitt til 1600 kg tilslag, 450 kg sement, 36 kg silika, 75 kg 14.5 mm EE-fiber C, 3 l Rescon P, 20 l Aksellerator Rescon sprut og 243 l vann. Schmidthammertest på prøve ga 23 N/mm<sup>2</sup> (S= 8).

Undersøkelsen viste at arbeidssikringen ble utført ved bolting, og at sprøytingen lå 2 til 5 salvelengder bak stuff. Bare i få, enkeltstående tilfelle ble det sprøytet til stuff. Partier med de sterkeste bergtrykksytringene ble boltet gjennomsnittlig med 7.7 bolter pr m, mens partiene med lav/ingen intensitet ble boltet med 2.6 bolter pr m. Den høye boltetettheten viser at boltingen ble vurdert som sikrest.

### **Avskalling og bomdannelse**

Kartleggingen registrerte mange bompartier, men forholdsvis lite avskalling i sprøytebetongen. Sprøytingen ble stort sett begrenset til østre del av hvelv og vegg, der avskallingen skjedde.

Avskallingene skjedde fortrinnsvis ved moderate til lave bergtrykksytringer. Liten avskalling der det var stor bergtrykksintensitet er forklart med den tette boltingen på disse stedene beskyttet mot avskalling. Avskalling skjedde hyppigst der betongtykkelsen var liten. Men det ble også registrert utfall av blokker og betong med opptil 12 cms tykkelse.

Sikring med bare sprøytebetong ga derfor begrenset beskyttelse mot avskalling. Kjerneboringer viste at det var meget vanskelig å få ut hele kjerner av kontakten mellom betong og bergoverflate, noe som må oppfattes som en registrering av dårlig heft.

### **Permanent sikring**

For den permanente bergsikringen ble det supplert med ialt 5246 bolter, derav 2422 på det sprøytebetongbelagte areal. Sprøytebetongen ble således ikke ansett for tilstrekkelig til permanent sikring.

Tunnelen ble vann- og frostsikret med PE-skum i 1.7% av tunnelarealet, men ytterligere 3% ble ansett nødvendig for komplett sikring.

Lekkasje/sikringskartene, tegninger P447:01-08, viser at sprøytebetongpartiene er utsatt for lekkasjer, utvasking og kalkutfellinger.

#### **Konklusjon på undersøkelsen**

1. Stuff-sikringen ble utført med bolting, og i meget liten grad med sprøytebetong
2. Avskallingsmønsteret viser at det er boltingen som i langt overveiende grad tar belastningene.
3. Betongsprøytingen bidro i liten grad til innsparing av boltesikringen
4. Utborete kjerner viser meget dårlig heft mellom betong og berg.
5. Bånd og nett ble lite benyttet.
6. Omfattende ettersikring med bolter viste at sprøytebetongen ikke ble ansett som tilstrekkelig for permanent sikring
7. Omfattende lekkasjer med utvasking og skader på sprøytebetongen vil kreve overvåkning og vedlikeholdssikring.

#### **Ny kartlegging i 1989**

Som ledd i FoU- prosjektet P364 ble tunnelen kartlagt igjen i august 1988 (3). Vannsikringen, utført med PE-skum matter, var nå montert i 2.5% av tunnelarealet, det meste i årene 83/84. Resultatene går delvis frem av tegningene P447: 01-08

#### **Sprøytebetongens tilstand**

Sprøytebetongens tilstand beskrives slik:

"Av vannlekkasjer der fjellet er dekket av sprøytebetong er det tilsammen lekkasje på et areal på 6350 m<sup>2</sup>. Hvorav 2050 m<sup>2</sup> er våte flekker, 2500 m<sup>2</sup> er dryppende og 1800 m<sup>2</sup> er rennende vann. I store partier er sementen blitt vasket ut, og sprøytebetongen blitt utsatt for kalkutfelling i form av stalaktitter (fig 2). Tunnelen ble kartlagt for bom oppunder heng og langs veggene. Det viste seg at det tildels var bom hele vegen, unntatt en strekning fra 1950m til 2600m, hvor tunnelen forøverig var generelt tørt. Dette er en dramatisk økning fra tidligere kartlegging av bom, gjort sist i 1982."

"Avskalling og påfølgende utrasning skjer stadig i Heggura-tunnelen og er en fare for trafikkantene".

"Avskallingen er kartlagt og det viser seg igjen at dette har økt betraktelig siden det ble kartlagt i 1982".

"Ofte henger løse blokker oppe ved hjelp av bolter (fig 3)"

De registrerte partiene med avskalling i sprøytebetongen øket i perioden fra 150 til 183, mens bompartiene øket fra 50 til 350. Som vedlikeholdssikring er det montert endel bolter og bånd.

## Konklusjon

Resultatene av undersøkelsene kan kort sammenfattes i følgende punkter:

1. Avskalling av sprøytebetong fortsetter
2. Bompartiene viser en økning med faktor på 7 på 7 år.
3. Lekkasjepartiene i sprøytebetongen har bredt seg
4. Betydelig økning av kalkutfellinger viser at utvasking og forvitring av sprøytebetongen fortsetter

## Sprøytebetong i Flekkerøy tunnel

Tunnelen går under sundet fra Vågsbygd til Flekkerøy. Tunnelen ble ferdig i 1989, er 2348 m lang og går ned til en dybde på 101 m under havoverflaten. Tunnelen er påført stålfiberarmert sprøytebetong i minst 963 lm, tilsvarende 23070 m<sup>2</sup>, se kartet tegning P461- 05 til 07. Hvor mye som er dekket av 310 lm PE-skumhvelv, er ikke registrert. Av eksponert sprøytet areal, er 36% lekkende, det meste i hvelvet er sikret med platetak.

## Sprøytebetong i Mosseporten tunnel

Etter gjennomslag i 1963 ble det utført sluttrensk, bolting, montering av sikringsnett og grundig rengjøring før sprøyting i hele lengden, nesten 300 lm. Det ble sprøytet ialt 5400 m<sup>2</sup> med en gjennomsnittlig tykkelse på 5 cm (24).

På grunn av problemer for vedlikeholdet foretok Veglaboratoriet i 1981 en kartlegging og undersøkelse for å finne frem til tiltak for rehabilitering (25). Ved kartleggingen ble det registrert bompartier gjennom hele tunnelen, ialt i ca 30-50 % av arealet. Bomdannelsen ble antatt delvis å være forårsaket av for tynne lag, dårlig rengjøring og/eller forekomst av glatte sleppeflater.

Ved kartleggingen ble det registrert 5-6 lekkasjefelter. To av disse var tidligere sikret med drenering og bortledning av vannet ved hjelp av isolerte plastslanger som ble sprøytet inn. Forøvrig var det mindre lekkasjer gjennom hele tunnelen.

Etter kartleggingen ble det utført rensk av bompartier, og ny sprøyting der det var tørt. Det fantes også steder der det har kommet nedfall av stein og betong. Disse var senere sikret med bolter og flettverksnett, en sikring som ble utbedret og og noe utvidet ved rehabiliteringen. Det ble videre oppsatt matter av PE-skum for vann- og frostsikring, ialt 1000 m<sup>2</sup> på 4 felter. Disse er senere delvis blitt utskiftet.

## Sprøytebetong i andre tunneler

De overnevnte tunnelene er beskrevet spesielt fordi de representerer to tunneltyper som er interessante i materialet. I Heggura tunnel er sprøytebetongen utsatt for bergtrykk, selv om boltene bærer det meste av belastningene. I Flekkerøya tunnel er sprøytebetongen utsatt for sjøvann. Og Mosseporten er interessant fordi den er blant de første som ble sprøytet, og har

en rehabiliteringshistorie som det delvis har vært mulig å følge opp.

I rapportene finnes det stort sett lite av beskrivelser av sprøytebetongen tilstand, bortsett fra lekkasjer og kalkutfellinger, fordi dette lå utenfor oppdragsbeskrivelsen. Generelt bygger dataene på tunnelkartene og de kortfattede beskrivelsene som finnes i rapportene.

Mange registreringer bekrefter imidlertid de konklusjonene som er trukket med hensyn til lekkasjer, bomdannelse og utvasking av sprøytebetongen.

### **Vurdering av sprøytebetong som vann- og frostsikring**

Det stilles spørsmål om ikke sprøytebetongen bidrar til å redusere strekningene med lekkasjer. Det er mulig at en ved statistisk behandling av materialet kan få en antydning om dette. Ved gjennomgang av rapportene synes det som om innholdet gir lite grunnlag for å anta at sprøytebetongen har bidratt til begrensnng av vannsikringen.

Dette kan begrunnes med at partier med lekkasjer fortsetter med samme lekkasje-hyppighet i sprøytede partier. Samtidig finnes tørre partier med sprøytebetong på lengre tunnelstrekninger som allerede er tørre. Derimot er det mulig at sprøytebetongen partivis kan ha bidratt til konsentrasjon av lekkasjer, men ikke så mye at det bidrar i noen særlig grad til reduksjon av behovet for vannsikring.

Det går videre frem at kledningene for vann- og frostsikring dekker ytterligere endel arealer av sprøytebetong med lekkasjer som ikke var tilgjengelig for kartleggingen, sannsynligvis av betydelig utstrekning. Slike strekninger bør derfor holdes utenfor mht. vurdering av sprøytebetongens vanntettende evne. Dersom disse forholdene trekkes inn, blir andelen av arealer med lekkende sprøytebetong sannsynligvis betydelig høyere enn 49%.

Sprøytebetongen blir følgelig utsatt for betydelig utvasking og forvitring der det er lekkasjer. En dokumentasjon på dette er kalkutfellinger på lekkasjefeltene. Kalken må som regel komme fra sementen i betongen. Den overveiende del av kalken som oppløses fra betongen blir imidlertid ført vekk med lekkasjevannet. Det er således betydelige mengder av kalk som lutes ut av sprøytebetongen i lekkasjefeltene.

### **Vurdering av sprøytebetong som bergsikring**

Betongsprøytede lokaliteter har i en rekke tilfeller vært utsatt for ras under tunneldrivingen såvel som på strekninger i tjeneste. Opplysninger om dette er lite representert i det foreliggende materialet. For å trekke nødvendige konklusjoner er det nødvendig med innsamling av data om hendelsene, og en vurdering av dem.

**Betongsprøyting under tunneldriving krever registrering**

En rasutvikling i berggrunnen under tunneldrift kan bremses eller stoppes dersom bevegelsene er så små eller oppstykket at betongen tillates å herdne. Det er imidlertid vanskelig å vurdere om rasutviklingen fortsetter etter påsprøyting av betong. Spesielt gjelder dette for fiberbetong som kan få en betydelig deformasjon før bevegelse kan registreres ved sprekkdannelse. Dette betyr at steder der det er rasfare må overvåkes instrumentelt, mot tidligere da rensk eller nedfall i nett kunne gi varsel. Det vil videre bli et problem å velge ut steder som har behov for slik overvåkning.

**Sprøytebetong sikring mot bergtrykksytringer?**

Bergtrykksytringer (avskalling og bergslag) representerer et problem for tunneldrift og sikring, og det har oppstått en vanlig oppfatning av at sprøytebetong er effektiv og pålitelig sikring under slike forhold. En av de viktigste referanser for denne oppfatningen er Heggura tunnel. Imidlertid viser beskrivelsen at bruk av sprøytebetong ikke kan ha bidradd spesielt til den høye fremdriften på dette anlegget, eller til innsparing av bolting.

Derimot har det mellom de to tidspunktene for kartleggingen foregått en betydelig bomdannelse som utvilsomt har redusert bæreevnen, sannsynligvis igjen i størst grad på steder med størst behov for permanent forsterkning.

**Overvåkning av sprøytebetong i vegtunneler er nødvendig**

Når det gjelder tunneler i tjeneste kan det i tillegg være flere årsaker til ras. Som beskrevet ovenfor skjer det i stor grad en utvasking av sprøytebetongen der det er lekkasjer. Mulige rassteder finnes først og fremst der det er utgående av ugunstige sprekker/slepper med lekkasje som kan avdele rasfarlige blokker i tunnelhvelvet. Således foregår forringelsen av sprøytebetongen der det er størst behov for forsterkning.

En tredje årsak til ras kan være frostsprengning i berggrunn og i selve sprøytebetongen. Det har således forekommet at det har vært nødvendig å sikre tunneler mot nedfall av sprøytebetong.

**Konklusjon**

Pr. idag har en ikke rasjonelle tiltak mot ras på betongsprøytede partier, og det er nødvendig å finne frem til metoder for en pålitelig permanent sikring.

**Videre arbeid**

På grunn av den sterkt økende bruk av sprøytebetong på anlegg er det nødvendig å finne hvilke konsekvenser dette har for sikkerhet og økonomi under anlegg og for drift av tunneler. Det presenterte materialet stiller spørsmål om sprøytebetong er egnet for drift av tunnelen. Det er mange forhold som må avklares:

For drift/vedlikehold:

- 1) Hvilken reell sikkerhet byr sprøytebetongen på
- 2) Hvordan skal overvåkning av stabiliteten utføres
- 3) Hvordan skal kvaliteten av sprøytebetongen registreres
- 4) Hvilke alternativer finnes for permanent sikring, samt fordeler/ulemper

For anlegg:

- 1) Hvilke teknisk/økonomiske fordeler har bruk av sprøytebetong?
- 2) Hvordan skal sprøytebetongen dimensjoneres?
- 3) Hvilken reell sikkerhet byr sprøytebetongen på
- 4) Hvilke alternativer finnes for driftssikring, samt fordeler/ulemper

For å avklare disse forholdene i tilfredsstillende detalj er det nødvendig å utføre mere detaljert kartlegging av sprøytebetong og andre sikringsmetoder i eksisterende tunneler. Inkludert i kartleggingen må det utføres en registrering og analyse av rastilfeller. Dette må følges opp med en grundig bearbeidelse og evaluering av materialet

## Konklusjoner

Materialet fra Heggura tunnel viser at denne referansen er insignifikant som grunnlag for å vurdere sprøytebetongens effektivitet som stuffsikring mot bergtrykksytringer. Undersøkelsene dokumenterer betydelig bomdannelse i tidens løp. Det er ikke dokumentert at bruk av sprøytebetong har redusert behovet for boltesikringen eller bidratt til høyere inndrift.

Sprøytebetongen bidrar i liten grad til sikring mot vann og frost. Materialet dokumenterer at mere enn halvdelen av de sprøytede partier har lekkasjer som krever sikring.

Sprøytebetongen er utsatt for betydelig utvasking og forvitring der det er lekkasjer. Dette er en prosess som foregår i utstrakte tunnelpartier, men med ulik hastighet, avhengig av fysiske forhold og tilførsel av vann og aggressiver. Derved kan sprøytebetongen utvikle seg til å tilføre en øket risiko for nedfall istedenfor en sikring

En konklusjon på undersøkelsen av sprøytede tunneler er at det med tiden foregår en utvikling som reduserer bæreevnen, sannsynligvis spesielt på steder der behovet for permanent forsterkning er størst. Videre vanskeliggjør sprøytebetongen vurdering av rasfaren. Rutinemessig inspeksjon er imidlertid nødvendig for sikkerheten.

På grunn av den sterkt økende bruk av sprøytebetong på anlegg haster det med å foreta en nøyere undersøkelse og vurdering av bruken av sprøytebetong i våre vegtunneler.



**SPRØYTEBETONG I KARTLAGTE TUNNELER PROSJEKTER 364/461**

Tunnelnavn	Ferdig år:	Rv.	Fylke	Lengde m	Kartlagt år	Sprøytebetong lm/m <sup>2</sup>	Tilstand m <sup>2</sup> lekk/ tot.	% lekk.
Mosseporten	1963	Rv19	Østfold	392	mai 81	392/5400	1000/5400	19
Porsgrunn	1989	Rv356	Telemark	877	88	60/1000	1000/1000	100
Gåshelleren	1989	Rv 9	V-Agder	1351	okt 89	167/3150	400/3150	13
Flekkerøy	aug 89	Fv 457	"	2348	"	950/23700	12000/23700 ))	50
Lavoll	1970	E18	"	378	nov 88	50/762	532/762	
Gaupås		"	"	316	"	16/235	0/235	0
Fosseland		"	"	619	"	21/420	0/420	0
Lervik	1960	"	"	798	"	5/75	0/75	0
Kleven		"	"	209	"	27/270	270/270	100
Åtland	1970	"	"	362	"	25/272	210/272	77
Lovraeidet I		Rv 13	Rogaland	216	sept 89	46/580	(180/580)	31
Velaskaret		"	"	298	"	41/820	(700/820)	85
Varstad		"	"	901	"	19/380	(180/380)	47
Gya	1989	Rv42	"	508	s/o 89	77/1540	600/1540	39
Røyrdalen		Rv45	"	723	"	10/200	0/200	0




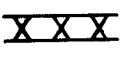
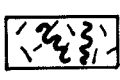



Tunnelnavn	Ferdig	Rv.	Fylke	Lengde	Kartlagt	Sprøytebetong	Tilstand	% lekk.
Lauåsen		Rv502	"	226	"	82/1640	400/1640	24
Eidsvåg I		Rv14	Hordaland	846	des 88	35/265	265/265	100
Flåten		E16	"	1756	nov 88	48/960	180/960	19
Horda	1988	Rv11	"	465	nov 89	70/1400*	1200/1400	85
Austmannali	1982	"	"	910	"	66/1000*	850/1000	85
Haukeli	1967	"	"	5686	"	586/11430	På PE	10
Haga		Rv50	Sogn & Fj	680	juni 89	140/2650	20/2650	0
Stonndal	1972	"	"	2230	"	50/1000	20/1000	2
Berdal	1972	"	"	4250	"	100/2000	300/2000	15
Nesbø	1973	"	"	2488	"	55/1000	350/1000	35
Botna	1973	"	"	905	"	13/250		
Heggura	1982		M & R	5280	okt 82	3800/38000		
Heggura	1982	"	"	"	aug 88	3860/38600	8000/38600	21
Skafonna		Rv9	"	945	okt 89	260/1565*	3400/6700	51
Ru		"	"	1535	"	970/18000*	4000/25600	16
Fonna		Rv16	"	629	"	525/10410	9900/10410	94
Valderøy	1987	Rv658	"	4177	1987	2365/47300	34800/47300	74
Eilingsøy	1987	"	"	3483	1987	700/14000	11100/14000	76

# **OVERSIKT OVER LITTERATUR OG INTERNE RAPPORTER P-364/P-461**

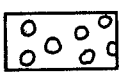
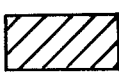


- (1) J. P. Åsvold. Oppfølging av sikring i Hegguratunnelen. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1095, mars 1983.**
- (2) R. Morvik, K. B. Pedersen. Kartlegging av vann- og frostsikringer samt vann- og frost-sikringsmetoder på rv. 13, Trengereid-Dale. Delundersøkelse. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1330, juni 1987.**
- (3) R. Morvik, K. B. Pedersen. Kartlegging av vannlekkasjer, samt vann- og frost-sikringsmetoder i 15 vegtunneler på E6 mellom Sommarset, Fauske og Rognan, og på rv. 830 mellom Fauske og Sulitjelma. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1365, februar 1988.**
- (4) M. Yurdakul. Kartlegging av vann- og frostsikringer, samt vann- og frostsikringsmetoder på rv. 560 Arna-Vågsbotn, Hordaland. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1392, januar 1989.**
- (5) A. Kveen, K. B. Pedersen. Vann- og frostsikring på E18 og rv. 12, 410, 420 i Aust-Agder. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1393, januar 1989.**
- (6) B. Larssen, K. B. Pedersen. Kartlegging av sikring og lekkasjer av tre tunneler på Senja, Troms. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1394, januar 1989.**
- (7) K. B. Pedersen. Nytt festesystem for PE-skum. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1395, februar 1989.**
- (8) J. Krokeborg. PE-skum. Sikringer i Hordaland etter 5-8 års bruk. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1396, mars 1989.**
- (9) M. Yurdakul. Kartlegging av vann- og frostsikringer samt vann- og frostsikringsmetoder i tunneler på rv. 14 Åsane-Bergen sentrum-Hordaland. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1398, mars 1989.**
- (10) M. Yurdakul, K. B. Pedersen. Kartlegging av vann- og frostsikringer samt vann- og frostsikringsmetoder i tunneler på E68. Trengereid/E86 kryss Nestun, Hordaland. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1399, mars 1989.**
- (11) A. M. Vilpponen, K. B. Pedersen. Kartlegging av vann- og frostsikringer samt vann- og frostsikringsmetoder i 3 vegtunneler på Tafjordvegen ved fylkesveg 92. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1409, juni 1989.**
- (12) A. Kveen, K. B. Pedersen. Vann- og frostsikring på E18, rv. 465, og rv. 466 i Vest-Agder. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1413, juni 1989.**
- (13) A. M. Bøe Vilpponen, K. B. Pedersen. Kartlegging av vannlekkasjer, samt vann- og frostsikringsmetoder i 3 tunneler på rv. 15, Strynefjell. Delundersøkelse P-364. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1415, juli 1989.**






## TEGNFORKLARING


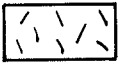
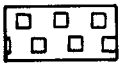



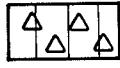
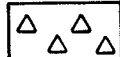
### Strukturer :

-  Skifrightet
-  Sprekk
-  Sleppe
-  Knusningszone
-  Sprekker i sprøytebetong
-  Stalagmitt (kalk)
- A Avskalling
- S Svelleire
- C Kloritt
- B Bom
-  "Kirke"
-  Rust på innsatte bolte/underlagsplater
- N Nisje

### Lekkasje :

-  Våte flekker
-  Dryppende
-  Rennende
-  Is

- X Bolt (uspesifisert)
- Bolt (spesifisert)
-  Bolt m/bånd
-  Bolt m/nett
-  Lite bolt (1-3/10 m)
-  Middels bolt (4-10/10 m)
-  Mye bolt (>10/10 m)

-  Sprøytebetong (armert)
-  Sprøytebetong (uarmert)
-  Betongutstøpning
-  Injeksjon
-  Borhull injeksjon/sondering
-  Platehvelv
-  Platehvelv (isolert)
-  PE-skum

TEGNFORKLARING

HEGGURA TUNNEL

Målestokk

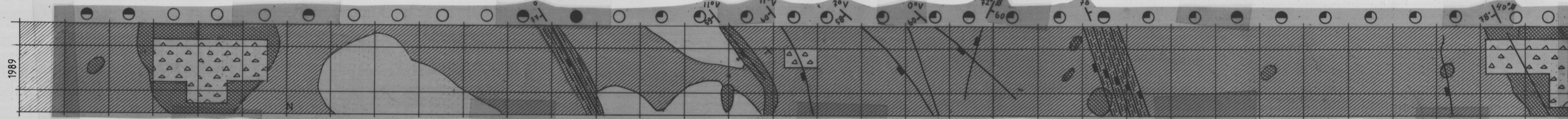
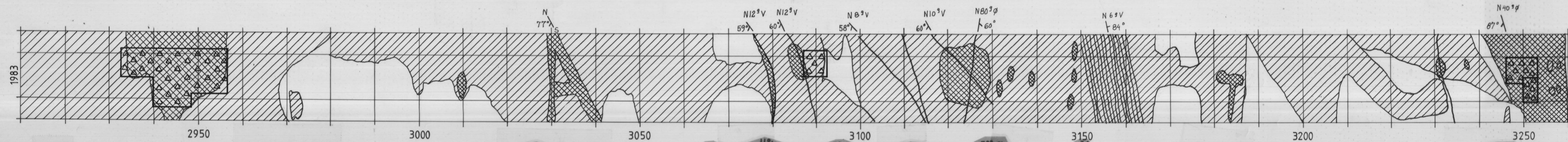
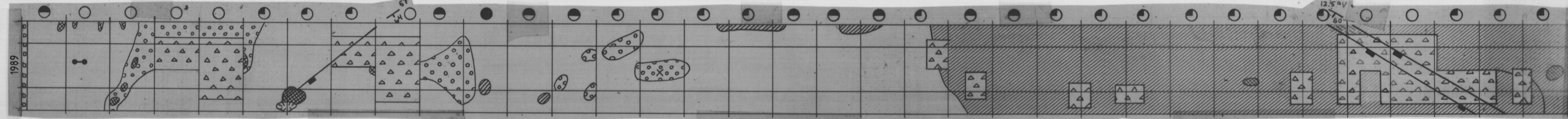
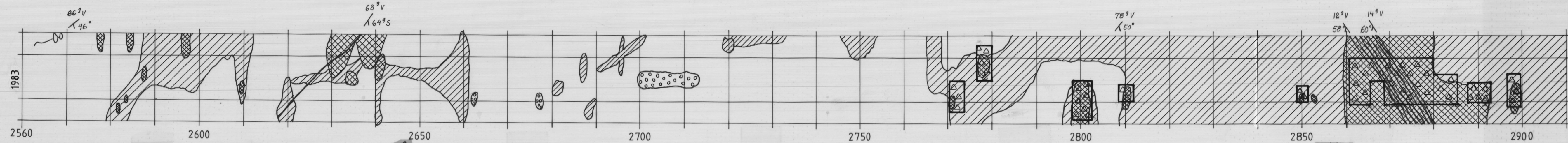
Tegning nr.  
VEDLEGG  
P-447

Dato/Sign.: 30/8-95 JFE

VEGDIREKTORATET  
VEGLABORATORIET - GEOLOGISK SEKSJON

- (14) A. M. Bøe Vilpponen, K. B. Pedersen. Kartlegging av vannlekkasjer, samt vann- og frostsikringsmetoder i 12 tunneler på rv. 288 Aurlandsdalen. Delundersøkelse P-461. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1427, desember 1989.
- (15) P. Hagelia, K. B. Pedersen. Vatn- og frostsikring i 7 tunneler langs E76 i Hordaland. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1430, januar 1990.
- (16) A. Kveen, K. B. Pedersen. Kartlegging av utførte tunnelsikringsarbeider på E18, rv. 9 og rv. 457 i Vest-Agder. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1432, februar 1990.
- (17) K. B. Pedersen. Kostnadsoppfølging for vintervedlikehold i noen vegtunneler. Sluttrapport for prosjekt P-364 del2. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1437, mars 1990.
- (18) A. Kveen, K. B. Pedersen. Vann- og frostsikring i 16 tunneler på E18 og rv.ene 9, 44, 45, 502 og 517 i Rogaland. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1437, juni 1990.
- (19) A. Kveen, K. B. Pedersen. Vann- og frostsikring i 21 tunneler på rv. 13 og 520 i Rogaland. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1438, juni 1990.
- (20) A. M. Bøe Vilpponen, K. B. Pedersen. Kartlegging av vann- og frostsikringer samt vann- og frostsikringsmetoder i 13 veg tunneler på E69, rv. 16, rv. 62, rv. 64 og rv. 660, Møre og Romsdal. Delundersøkelse P-461. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1443, juli 1990.
- (21) P. Hagelia. Porsgrunn tunnelen, rv. 356. Lekkasje, sikringstiltak og geologi. Veglaboratoriet Int. Rapport nr. 1512, juli 1991.
- (22) Ø Riste. NTN-program. Tunneler og undergrunnsanlegg. Stabilitet i undersjøiske tunneler. Flekkerøy tunnelen. SINTEF-bergteknikk. STF36 F89098, november 1989.
- (23) B. Nilsen, E. Graarud. NTN-program. Tunneler og undergrunnsanlegg. Stabilitet i undersjøiske tunneler. Ålesund tunnelene. STF36 A87103, desember 1987.
- (24) F. Foldin. Langtidsvurdering av sprøytebetong i dagen og i tunneler. Konferanse i Fjellsprengningsteknikk 1968.
- (25) T.E. Lynneberg R 120 Mosseporten tunnel. Oppfølging og kontroll av sikringsarbeider. Veglaboratoriet. Oppdrag B 301A 1981
- (26) Kaare Flaate. Fibre reinforced shotcrete reinforces rockbolts in bid to control rockbursts. Tunnels and Tunnelling, April 1983.





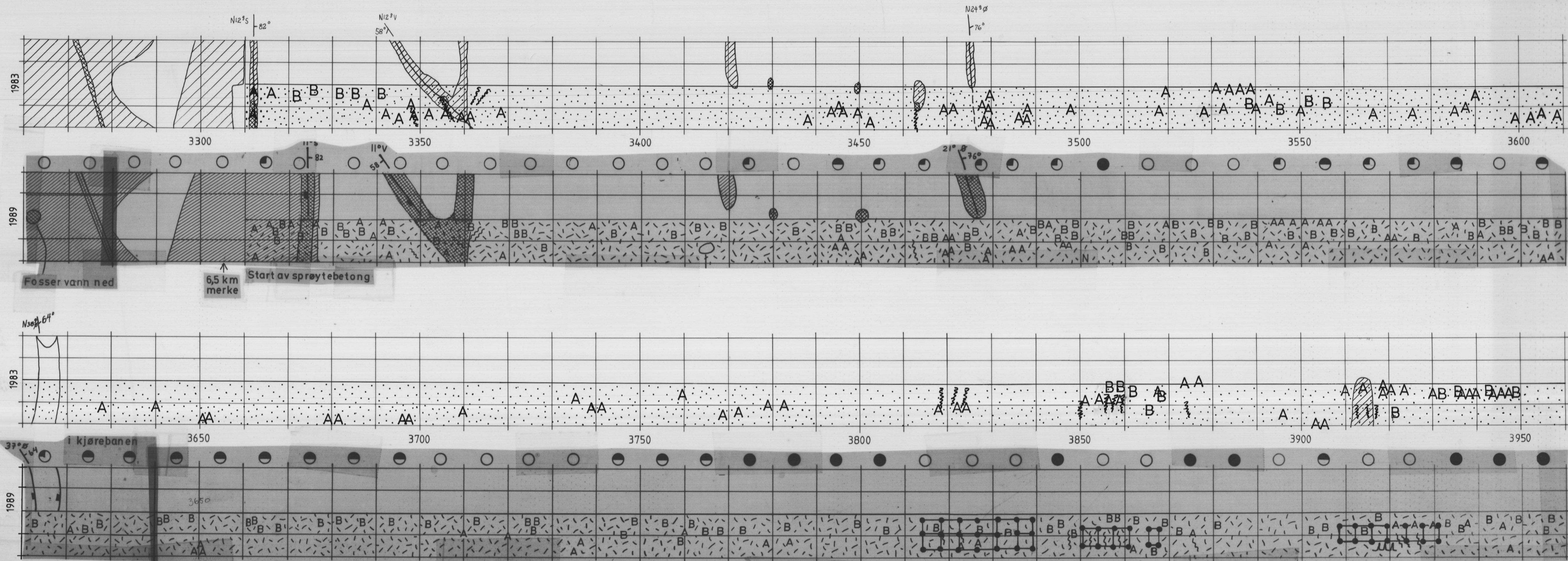
Tegningsgrunnlag  
**TUNNELSIKRINGSKART**  
 Vedlegg til rapport  
**OPPFØLGING AV SIKRING**  
 GRUNNUNDERSØKELSE:  
**HEGGURA TUNNEL**  
**TAFJORD**

Målestokk 1 : 500  
 Boret: Tegner 18/8-75 J.E. Saksbeh.

Tegning nr.  
**P-447 - 01**

VEGDIREKTORATET  
 VEGLABORATORIET - GEOLOGISK SEKSJON





Tegningsgrunnlag  
**TUNNELSIKRINGSKART**

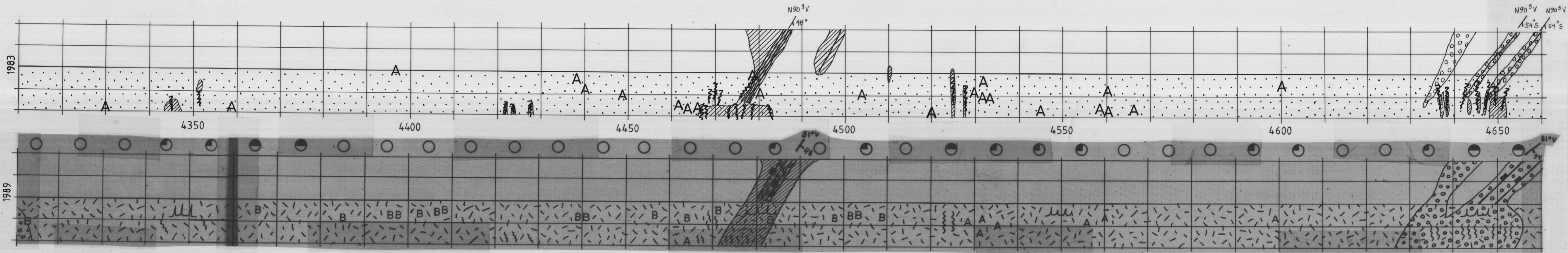
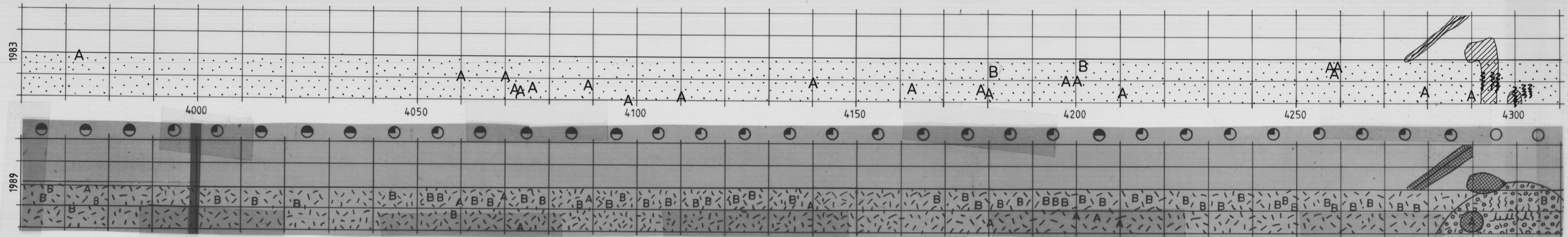
Vedlegg til rapport:  
**OPPFØLGING AV SIKRING**

GRUNNUNDERSØKELSE:  
**HEGGURA TUNNEL**  
**TAFJORD**

Målestokk: 1 : 500  
 Boret: Tegnet av B.B. 95  
 Saksbeh.: [Signature]

Tegning nr.:  
**P - 447 - 02**





Tegningsgrunnlag  
**TUNNELSIKRINGSKART**

Vedlegg til rapport

**OPPFØLGING AV SIKRING**

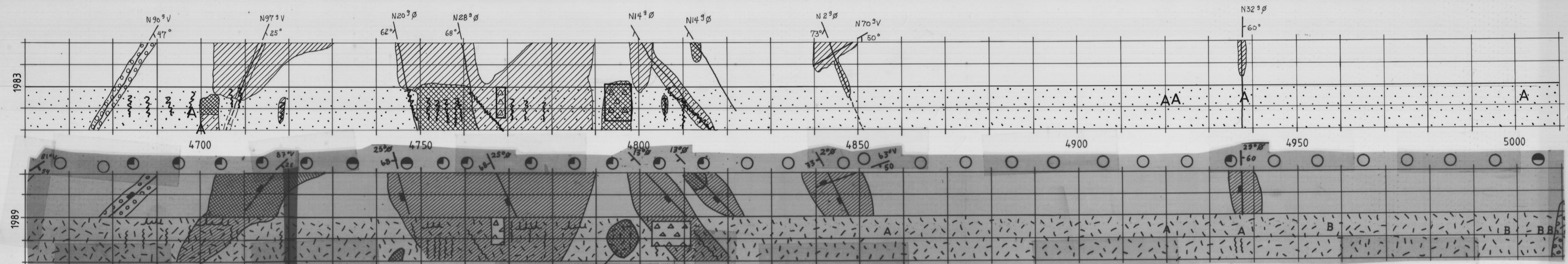
GRUNNUNDERSØKELSE:  
**HEGGURA TUNNEL**  
**TAFJORD**

Målestokk Boret:  
 1 : 500 Tegning nr. **18.0.95 16**  
 Saksbeh.:

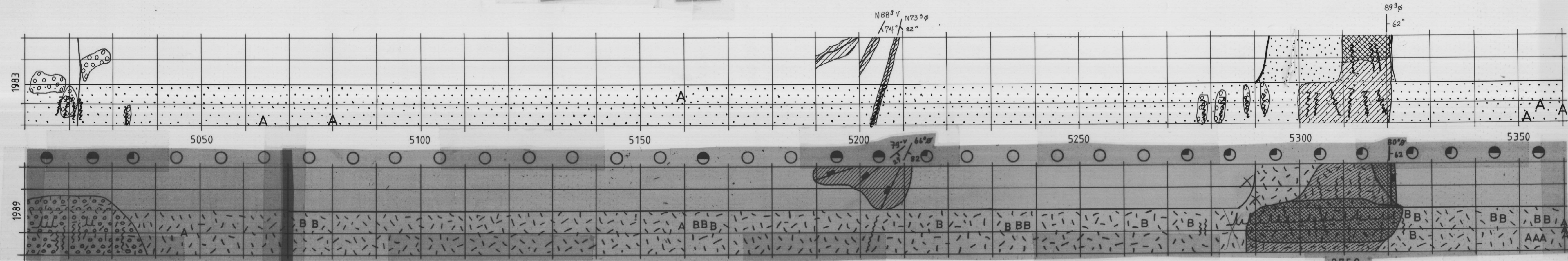
Tegning nr.  
**P - 447 - 03**

VEGDIREKTORATET  
 VEGLABORATORIET - GEOLOGISK SEKSJON





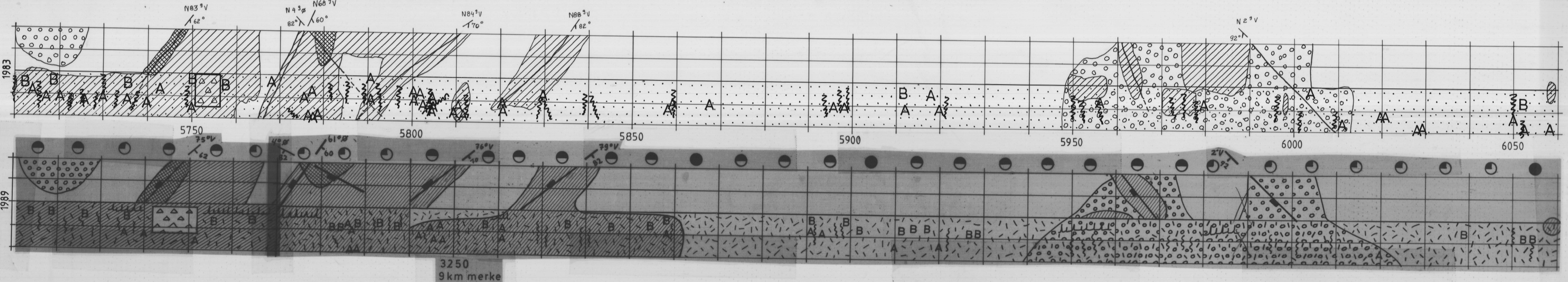
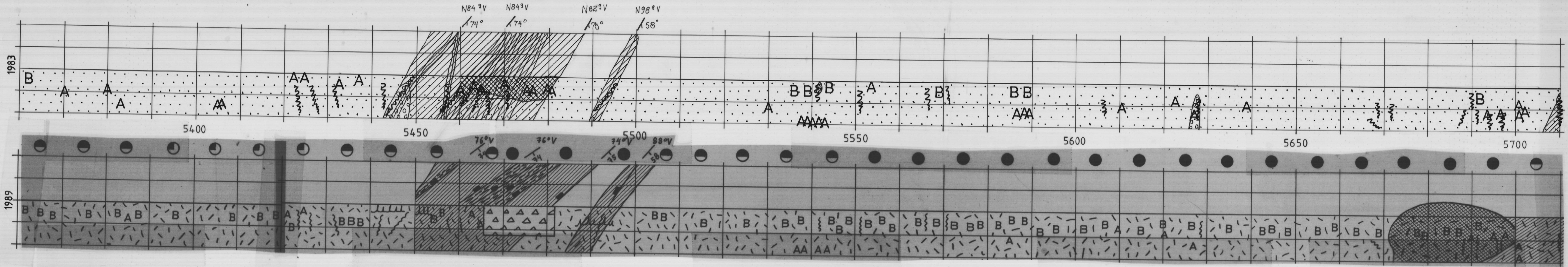
Vann fosser ned i kjørefeltet  
2250  
8 km merket



2750  
85 km merket

Tegningsgrunnlag	
TUNNELSIKRINGSKART	
Vedlegg til rapport	
OPPFØLGING AV SIKRING	
GRUNNUNDSØKELSE:	
HEGGURA TUNNEL	
TAFJORD	
Målestokk	Boret
1:500	Tegn.: 18.895 1/E
	Saksbeh.:
Tegning nr.	
P-447-04	
VEGDIREKTORATET VEGLABORATORIET - GEOLOGISK SEKSJON	





Tegningsgrunnlag  
**TUNNELSIKRINGSKART**

Vedlegg til rapport  
**OPPFØLGING AV SIKRING**

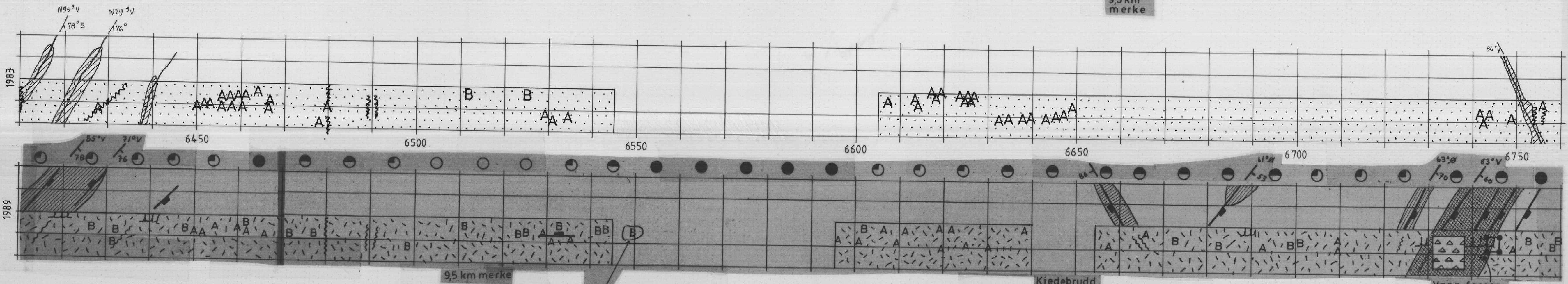
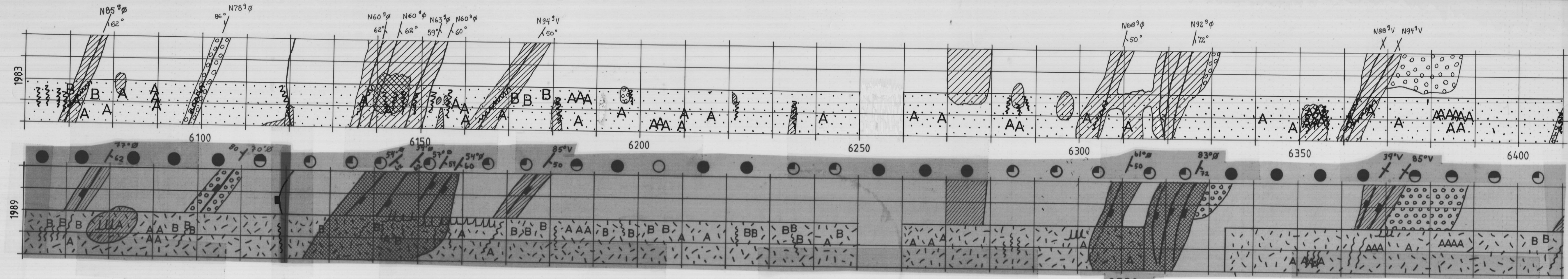
GRUNNUNDERSØKELSE:  
**HEGGURA TUNNEL**  
**TAFJORD**

Målestokk: 1:500  
 Dato: 18.8.95

Tegning nr.  
**P-447-05**

VEGDIREKTORATET  
 VEGLABORATORIET - GEOLOGISK SEKSJON





Tegningsgrunnlag  
TUNNELSIKRINGSKART

Vedlegg til rapport  
OPPFØLGING AV SIKRING

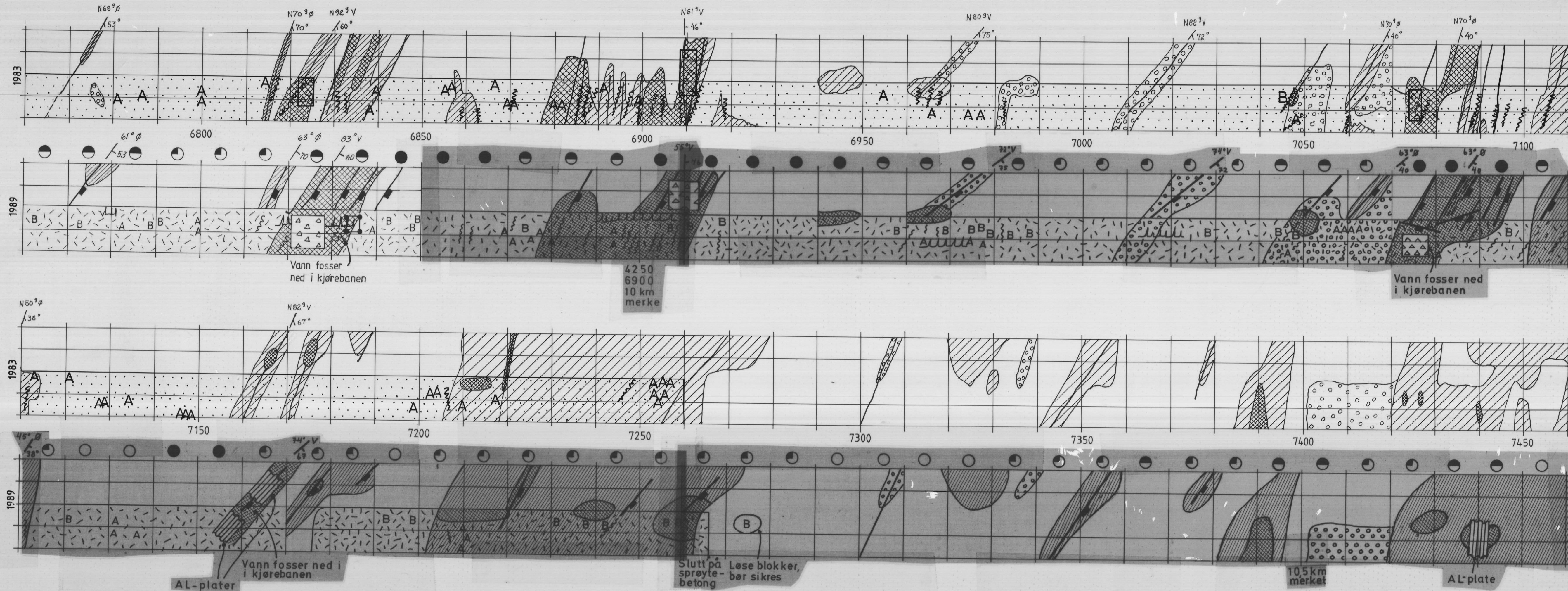
GRUNNUNDERSØKELSE:  
HEGGURA TUNNEL  
TAFJORD

Målestokk: 1:500  
Boret: Tegnet: 18.8.95  
Saksbeh.:

Tegning nr.  
P-447-06

VEGDIREKTORATET  
VEGLABORATORIET - GEOLGISK SEKSJON





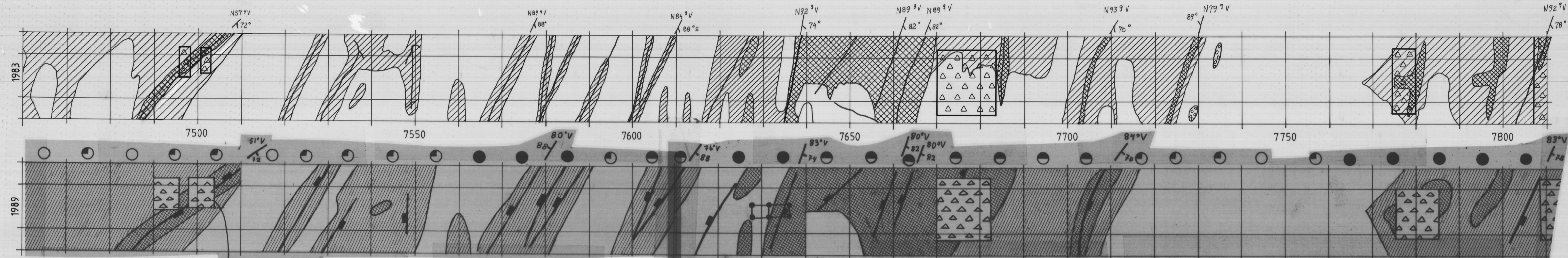
Tegningsgrunnlag  
**TUNNELSIKRINGSKART**  
 Vedlegg til rapport  
**OPPFØLGING AV SIKRING**

GRUNNUNDERSØKELSE:  
**HEGGURA TUNNEL**  
**TAFJORD**

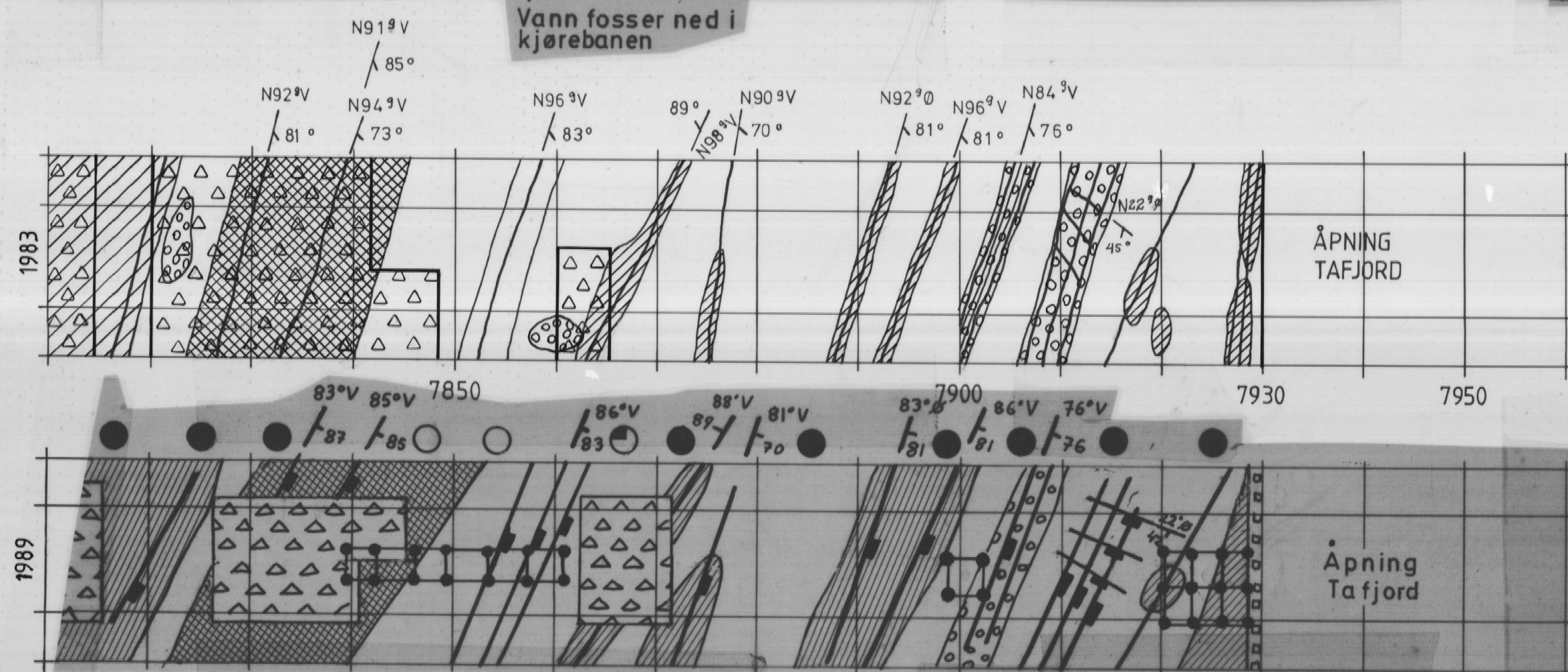
Målestokk	Boret
1:500	Tegn. 10.8.75 1/5
	Saksbeh. ...

Tegning nr.  
**P - 447 - 07**





Vann fosser ned i kjørebanelen



ÅPNING TAFJORD

Åpning Tafjord

11 km merket

Tegningsgrunnlag  
TUNNELSIKRINGSKART

Vedlegg til rapport:  
OPPFØLGING AV SIKRING

GRUNNUNDERSØKELSE:  
HEGGURA TUNNEL  
TAFJORD

Målestokk: 1:500  
Boret: 10.8.95 ME  
Saksbeh.:

Tegning nr.:  
P-447-08

VEGDIREKTORATET  
VEGLABORATORIET - GE OLOGISK SEKSJON