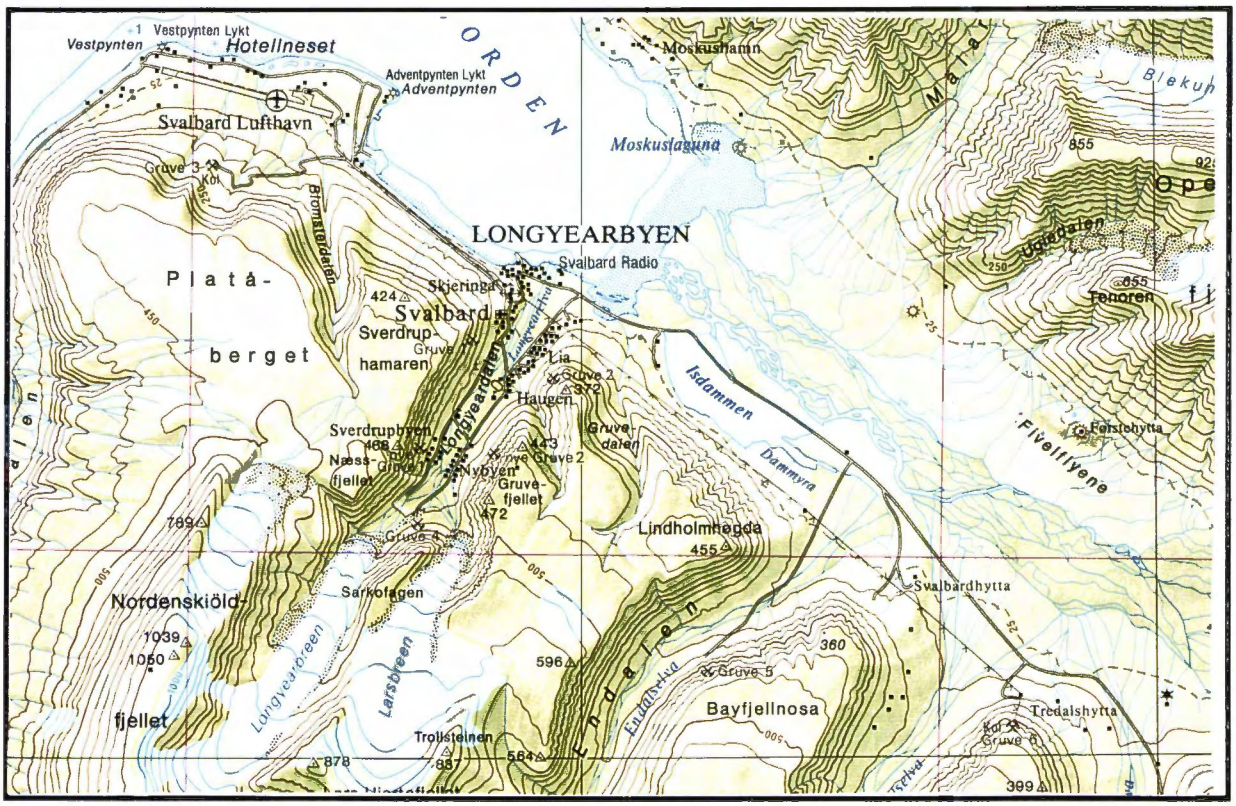
RAPPORT

08 1996

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Knut Aune Hoseth (red.)
Tuva Cathrine Daae

LONGYEARBYEN - ELVESLETTA
VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER



NVE REGION NORD

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL LONGYEARBYEN - ELVESLETTA, VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER. Vassdrag nr. 400.	**RAPPORT** Nr 08 1996
SAKSBEHANDLER Knut Aune Hoseth og Tuva Cathrine Daae NVE Region Nord	DATO 12. februar 1996 RAPPORTEN ER Begrenset
OPPDRAGSGIVER SVALBARD SAMFUNNSDRIFT AS v/ Ole I. Reistad Postboks 475 9170 LONGYEARBYEN	OPPLAG 20

SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver vassdragstekniske vurderinger utført av NVE Region Nord på oppdrag for Svalbard Samfunnsdrift AS. Vurderingene gir grunnlag for en vurdering av om Elveslettaområdet i Longyearbyen kan utnyttes som et fremtidig utbyggingsområde.

Vi har med utgangspunkt i tilgjengelig grunnlagsmateriale, definerte dimensjoneringskriterier samt vurderinger av de spesielle stedlige forhold og erosjonsprosesser foretatt vurderinger av tre alternative konsept for flomsikringstiltak. Disse er:

Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold.
Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein.
Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser.

Vår konklusjon er at alternativ 3 utgjør det beste flomsikringskonsept for Elvesletta. Dette alternativ har lavere totalkostnader, og utgjør en teknisk bedre løsning, enn alternativ 2. En utnyttelse av Elveslettaområdet i hht alternativ 1 kan etter vår vurdering være mulig, om nødvendige forholdsregler ivaretas. En utbygging etter dette alternativ er imidlertid ikke forsvarlig om de kriterier som vanligvis legges til grunn for utbygging i flomområder skal gjelde også for Elvesletta.

EMNEORD/SUBJECT TERMS
Vassdragstekniske vurderinger
Utbyggingsområde
Permafrost
Oppdragsrapport

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Bjørn Wold
Avd. direktør

NVE
REGION NORD

Kontoradresse: Kongensgt. 50, Narvik
Postadresse: Postboks 394, 8501 Narvik

Telefon: 76 94 41 25
Telefax: 76 94 70 64

LONGYEARBYEN - ELVESLETTA
VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER

FORORD

NVE Region Nord har på oppdrag for Svalbard Samfunnsdrift AS utført hydrologiske og vassdragstekniske vurderinger som grunnlag for en vurdering av om Elvesletta i Longyearbyen egner seg som et fremtidig utbyggingsområde. Denne rapporten beskriver de vassdragstekniske vurderingene. Det vassdragstekniske arbeidet er utført av avdelingsingeniør Tuva Cathrine Daae og overingeniør Knut Aune Hoseth med sistnevnte som prosjektleder og faglig ansvarlig.

Foruten de to delprosjektene som er utført av NVE Region Nord inkluderer prosjektet undersøkelser utført av Norges Geotekniske Institutt (grunnforhold), Instanes Svalbard AS (fundamentering) samt Universitetstudiene på Svalbard (UNIS) og Svalbard Samfunnsdrift AS (arealdisponering og overordnede forhold/koordinering). NVE har i prosjektarbeidet dratt nytte av bibliotek- og informasjonstjenesten ved Høgskolen i Narvik. En prosjektoppgave utført av studenter ved Arkitekthøgskolen i Oslo gir dessuten nyttige innspill til hvordan en utbygging av Elveslettaområdet kan tilpasses dagens "naturlige" forhold. Firmaet ENRECO AS har vært engasjert i utviklingen av et "alternativt" flomsikringskonsept med gabionmadrasser.

Vi ønsker å takke ovennevnte parter for positive bidrag i prosjektgjennomføringen.

Narvik 22. februar 1996

Aage Josefsen
Regionsjef
NVE Region Nord

INNHOLDSFORTEGNELSE

		Side
1.	**INNLEDNING**	1
2.	**ELVESLETTA I LONGYEARBYEN**	2
2.1	Generell beskrivelse	2
2.2	Overordnede krav til utbygging og sikringsmetode	4
3.	**LITTERATURSTUDIE, ERFARINGSDATA**	5
3.1	Informasjonssøk	5
3.2	Relevante problemstillinger og erfaringer fra informasjonssøk	5
3.3	Relevante erfaringer fra "fastlandet"	10
3.4	Tidligere undersøkelser og erfaringsdata fra Svalbard	11
4.	**GRUNNLAGSDATA**	13
4.1	Dimensjonerende flommer og masseføring	13
4.2	Profileringer	13
4.3	Grunnundersøkelser	14
5.	**VANNLINJEBEREGNINGER**	15
5.1	Dimensjoneringskriterier	15
5.2	Manuelle kulvertberegninger	16
5.3	Vannlinjeberegninger for ulike flomsituasjoner	17
6.	**FLOMSIKRINGSTILTAK**	20
6.1	Dimensjoneringskriterier	20
6.2	Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold	20
6.3	Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein	22
6.4	Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser	24
7.	**HELHETSVURDERINGER OG ANBEFALTE TILLEGGSARBEIDER**	26
8.	**KOSTNADSOVERSLAG**	28
8.1	Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold	28
8.2	Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein	29
8.3	Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser	30
9.	**KONKLUSJON**	31
10.	**REFERANSER**	32

Bilag:
1. **Kartutsnitt, Adventdalen og Svalbard, © Norsk Polarinstitutt**
2. **Tverrprofiler Longyearelva, målestokk 1 : 200**
3. **Vannlinjeberegninger HEC-2**

1 INNLEDNING

Det har de senere årene vært en stor byggeaktivitet i Longyearbyen. Med utgangspunkt i dette vurderer Svalbard Samfunnsdrift AS aktuelle nye utbyggingsområder. Et av disse er Elveslettaområdet beliggende øst for Longyearelva i nedre del av Longyeardalen.

Longyearbyen på Svalbard har polart klima med en årsmiddeltemperatur på ca - 5 °C. Det er bare positive middeltemperaturer i månedene juni - september. Årsnedbøren i Longyearbyen er ca 200 mm, tilsvarende de mest nedbørsfattige områder på fastlands-Norge. Naturen på Svalbard er svært sårbar mot inngrep. Permafrost, sparsom vegetasjon og aktive erosjonsprosesser medvirker til dette. Det er ved planlegging og utføring av tekniske inngrep i området svært viktig å ta hensyn til de spesielle naturgitte forholdene.

NVE Region Nord har i oppdrag for Svalbard Samfunnsdrift AS utført hydrologiske og vassdragstekniske vurderinger som grunnlag for anbefalinger om hvordan Elvesletta egner seg som et fremtidig utbyggingsområde. Denne rapporten beskriver de vassdragstekniske vurderingene som er utført i prosjektet.

Nærmere informasjon om utbyggingsområdet er gitt i kapittel 2. Problemstillinger knyttet til avrenningsforholdene og erosjonsprosessene på Svalbard og i Longyearelva er særegne, ved at de i stor grad skiller seg fra problemstillinger på fastlandet. Med utgangspunkt i dette har vi som en innledende del av prosjektet utført et informasjonssøk mot internasjonale og nasjonale fagmiljø. Resultater fra dette arbeidet er sammen med aktuelle erfaringer fra Longyearelva og fastlandet sammenstilt i kapittel 3.

Kapitlene 4 og 5 beskriver grunnlagsdata for senere analyser samt gjennomføring av hydrauliske beregninger. Aktuelle flomsikringstiltak, deres virkninger samt tilhørende kostnadsoverslag er beskrevet i kapitlene 6, 7 og 8. Konklusjonen av de vassdragstekniske vurderingene er gjengitt i kapittel 9.

2 ELVESLETTA I LONGYEARBYEN

Longyearbyens bebyggelse og infrastruktur er spredt i flere bebyggelsessentra, med utgangspunkt i bla aktivitetene ved de ulike gruvene langs dalen. På grunn av den spesielle topografien er bebyggelsens utbredelse langs Longyeardalen lokalisert i et smalt belte som ikke er utsatt for flom. Mot sjøen gir rasfare, avstander og sterkt skrånende terreng klare begrensninger til videre utbygging. I de senere år har det vært stor byggeaktivitet i Longyearbyen, med størst aktivitet i sentrumsområdet lengst ned i Longyeardalen. Behovet for nye utbyggingsområder er stort. Med utgangspunkt i dette vurderes nå det flomutsatte Elvesletta-området som et fremtidig utbyggingsområde i Longyearbyen.

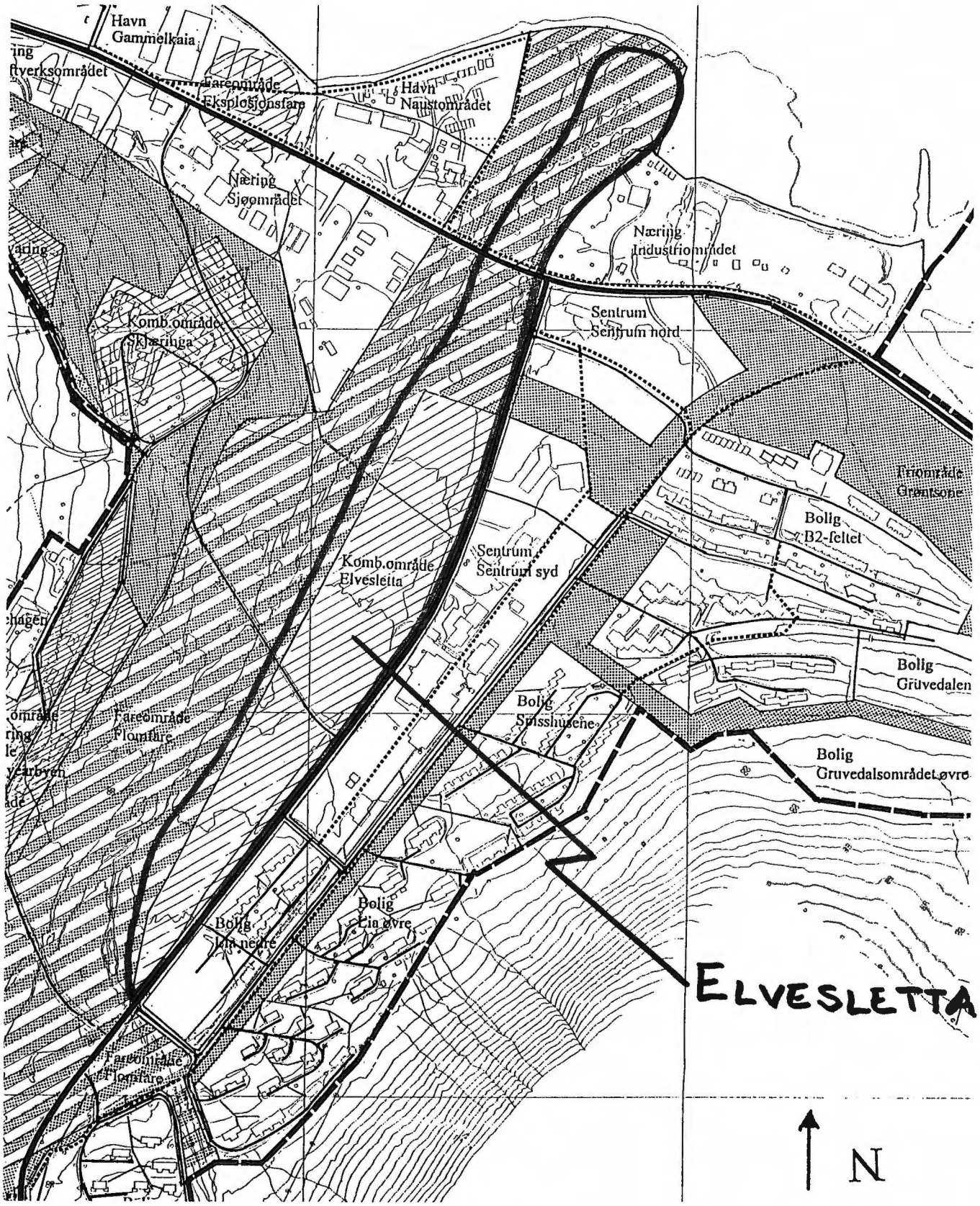
2.1 Generell beskrivelse

Elveslettaområdet ligger nederst i Longyeardalen, øst for Longyearelvas hovedløp. Området er i utkast til Arealplan for Longyearbyen, 1996 - 2000 foreslått regulert som et kombinert område, se Figur 1. Definisjonen av Elvesletta er i dette prosjektet utvidet til også å omfatte arealplanens avmerkede flomområde øst av Longyearelva helt ned til sjøen. Med utgangspunkt i områdets tidligere flomfaredefinisjon er Melkevegen, Strandvegen og kryssing med fjernvarmeledninga fra kraftverket de eneste utførte utbygginger ved Elveslettaområdet.

Elvesletta er i vest avgrenset av Longyearelva. Øvre del av området grenser mot elv fra Vannledningsdalen, mens nedre del grenser mot sjøen. Mot øst avgrenses området av utbyggingsområdene Sentrum Syd, Sentrum Nord samt Sjøområdet. Området er ca 1000 m langt og terrenget stiger jevnt med et gjennomsnittlig fall på ca 1:40 (i retningen parallellt med Longyearelva). Bredden på Elveslettaområdet varierer mellom 50 og 150 m, og det er lite fall i "bredderetningen".

Terrenget på Elvesletta ligger på et nivå som er 1 - 4 m høyere enn laveste nivå i Longyearelvas elveleie. Den minste nivåforskjellen (ca 1 m) er langs områdets nedre deler, nærmere bestemt mellom Melkevegen og Strandvegen. Vegetasjonen på Elvesletta er svært sparsom.

Lokal avrenning fra deler av det utbygde sentrumsområdet samt Lia (området mellom Vannledningsdalen og Gruvedalsområdet) passerer nedre deler av Elvesletta.



Figur 1. Arealplan for Longyearbyen 1996 - 2000, ref nr 1.

2.2 Overordnede krav til utbygging og sikringsmetode

Svalbard Samfunnsdrift AS opplyser at det finnes utbyggbare områder som alternativ til Elvesletta, men utbygging av disse områder er forbundet med høye kostnader knyttet til fremføring av vei, fjernvarme, vann, avløp og strømforsyning. Med utgangspunkt i dette, samt Elveslettas sentrale beliggenhet, vurderes derfor i utgangspunktet Elvesletta som et mulig alternativ. Det skal vurderes om hvorvidt hele eller bare deler av Elvesletta egner seg for utbygging. Det er ønskelig å starte en evt utbygging av Elvesletta med boligbygging i områdets øvre deler (lengst opp i dalen).

Ved vurdering av flomsikringstiltak legges de samme dimensjoneringskriterier til grunn som ved planlegging av tilsvarende utbygginger på fastlands-Norge. Dette innebærer at flomstørrelser med gjentaksintervall på 100 år blir dimensjonerende for utbyggingen. Vi har imidlertid også vurdert virkninger både av flommer med 1000 års gjentaksintervall og påregnelig maksimal flomvannføring. Dimensjonerende flomvannføringer er beregnet i Ref nr 2.

NVE har i samråd med oppdragsgiver kartlagt at sikrings- og utbyggingstiltak på Elvesletta i minst mulig grad bør gi innvirkninger på utbredelsen av permafrost, lokale avrennings-forhold samt akkumulering av snø. Erfaringer fra flom- og erosjonsprosesser i Longyearelva samt ras i elv fra Vannledningsdalen gir føringer mot at endringer eller innsnevringer av dagens elveleie i størst mulig grad bør unngås. Valgte metoder for sikring bør i størst mulig grad også rent estetisk tilpasses eksisterende og planlagt utbygging i Longyearbyen.

Fremdriften ved en evt utbygging/sikring av Elvesletta tilsier at sikringsarbeidene tidligst vil kunne starte i 1997, og Svalbard Samfunnsdrift AS ser for seg at evt sikringsarbeider vil pågå over flere sommersesonger. Den praktiske gjennomføringen av denne type anleggsarbeider sammenfaller med ønsket om å starte en evt fremtidig utbygging langs den øverste delen av Elvesletta.

Det legges vekt på å komme frem til sikringstiltak med lave totalkostnader. De ekstreme erosjonsprosessene langs Longyearelva, samt rasforholdene langs elva fra Vannlednings-dalen medfører ved dagens situasjon et behov for betydelige årlige opprenskningsarbeider i og langs elveleiene. Ved en fremtidig sikring må utgifter knyttet til behovet for tilsvarende driftsoperasjoner sammenholdes med kostnader ved permanent sikring. Ved disse vurderinger har NVE Region Nord lagt til grunn de samme prinsipper som vi benytter i forbindelse med nytte/kost- beregninger av sikringstiltak på fastlands-Norge (tidshorisont på 40 år og kalkulasjonsrente på 7 %).

3 LITTERATURSTUDIE, ERFARINGSDATA

For å få et best mulig grunnlag for de vassdragstekniske vurderingene er det gjennomført et informasjonssøk i databaser mot internasjonale fagmiljø som arbeider med relevante oppgaver i permafrostområder. De viktigste resultatene fra disse informasjonssøkene er sammenholdt med relevante problemstillinger og erfaringsdata fra fastlands-Norge samt Svalbard.

3.1 Informasjonssøk

Informasjonssøket er utført av Bibliotek- og Informasjonstjenesten ved Høgskolen i Narvik. Grunnlaget for søket ble lagt gjennom en spesifikasjon av kombinasjoner av faguttrykk, relevante databaser og de fagmiljø vi i utgangspunktet visste arbeidet med relevante problemstillinger. De databaser og kilder som ble brukt ved innhenting av informasjon var:

* *Bibsys - systemet*, som inneholder oversikt over litteratur innen fag/forskningsmiljø i Norge. Hovedsakelig Norges tekniske universitetsbilbliotekers samlinger.

* *COLD*, en internasjonal database over litteratur spesielt innen arktiske områder.

* *COMPENDEX*, en CD-ROM database over mer generell teknisk litteratur i form av tidsskrifter, artikler og rapporter. Databasen er ikke spesielt rettet mot arktiske områder.

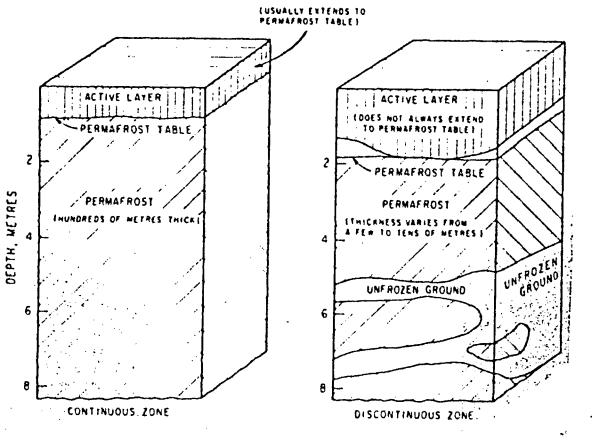
De fagmiljøene som vi i utgangspunktet mente arbeidet med mest relevante problemstillinger viste seg også å være de som vi fikk mest nytte av. Dette var:

* U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, USA. Dette fagmiljøet har en meget høy ekspertise som er spesielt innrettet mot problemstillinger i arktiske områder (kaldt klima teknologi).

* National Research Council Canada, Ottawa, Canada. Dette nasjonale forskningsmiljøet i Canada har bl.a. høy ekspertise knyttet til permafrost og "isteknologi".

3.2 Relevante problemstillinger og erfaringer fra informasjonssøk

Permafrost var det mest sentrale faguttrykk i de gjennomførte informasjonssøkene. Dette med bakgrunn i at det særlig er virkningene av permafrost på erosjonsprosesser og generelle utbyggings- samt flomsikringstiltak som gir hovedutfordringene for de vassdragstekniske vurderingene i prosjektet. Permafrost er definert som en termisk tilstand i jord/fjell som har hatt temperaturer lavere enn frysepunktet i minst to vintersesonger samt sommeren mellom disse. Omlag en fjerdedel av jordkloden er påvirket av permafrost. Ulik grad av utbredelse gir grunnlag for at områder "klassifiseres" i den kontinuerlige eller den diskontinuerlige permafrostsonen, se Figur 2, Ref. nr 3. Elvesléttaområdet og Longyeardalen er i hht opplysninger fra Norges Geotekniske Institutt (NGI) i den kontinuerlige permafrostsonen. Tykkelsen på permafrostlaget er oppe i dalen målt til over 200 meter, mens tykkelsen avtar merkbart i området ned mot sjøen.



Figur 2 Typiske permafrostsoner, Ref. nr. 3.

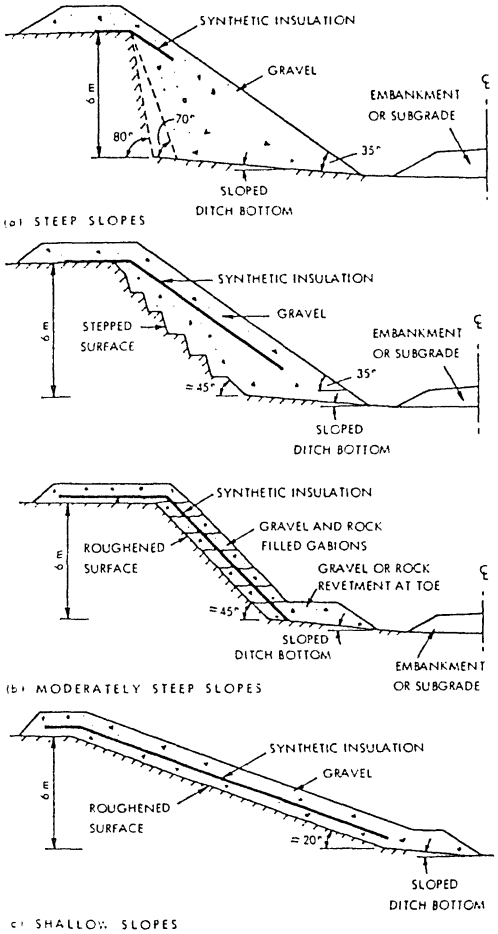
Den lokale utbredelsen av permafrost er i hht Ref. Nr. 3 påvirket av faktorer som terrengformer, vegetasjon, hydrologi, snødekke, isforhold, jord- og berggrunnstype samt overflatevann, grunnvann og sjø. En smeltesone er tilstede under elver og vannansamlinger som ikke bunnfryser. Av dette følger at flytting eller endring av elveleier vil forandre fordelingen av permafrost og termiske forhold under og rundt elveleiet. Sjøvann har også en termisk påvirkning på utbredelsen av permafrost i tidevannssonen, men effekten er ikke like stor som under rennende ferskvann, blant annet med utgangspunkt i at sjøvann utenfor Svalbard har et såpass lavt frysepunkt som - 1,8 °C (Ref. nr 4).

Transport av varme og fuktighet mellom permafrost og atmosfæren foregår i det aktive laget, og i den kontinuerlige permafrostsonen vil bunnen av det aktive laget sammenfalle med overflaten av permafrost. Det aktive laget består ofte av frost-påkjente masser med høyt vanninnhold (grunnet dårlig permeabilitet hos underliggende permafrostlag samt generell dårlig drenering i mange arktiske områder). Tykkelsen til det aktive laget (og dermed utbredelsen av permafrost) kan bli drastisk og raskt endret som følge av naturlige prosesser eller kunstige inngrep.

Is i grunnen (grunnis) kan forekomme i alle jord- og bergarter, men mengden og dybdeutbredelsen kan variere mye fra plass til plass. Tilstedeværelsen av grunnis er en spesielt kritisk faktor mht bærekapasitet, setninger og skråningsstabilitet (særlig i tinefasen). I hht Ref. nr 3 er det viktig å kartlegge tilstedeværelsen og utbredelsen av grunnis ved planlegging av utbyggingsprosjekt i permafrostområder. Likeledes anses inngrep som senker permafrostnivået i områder med mye grunnis som noe av det ugunstigste ved utbyggingstiltak i Arktis. Dette resulterer som regel i dannelsen av såkalt termokarst (topografiske senkninger forårsaket av at grunnis smelter).

Det aktive laget er dynamisk, noe som resulterer i kontinuerlige bevegelser og justeringer selv i slake skråninger. Liten stabilitet av skråninger i permafrostområder inntreffer som regel i tinefasen av det aktive laget. Støttefyllinger og isoleringsmetoder utgjør "vanlige"

stabiliserende tiltak. Prinsipper for stabilisering av relativt høye skråninger i permafrostområder med mye grunnis er illustrert i Figur 3.



Figur 3 Eksempler på stabilisering av skråninger, Ref. nr. 3.

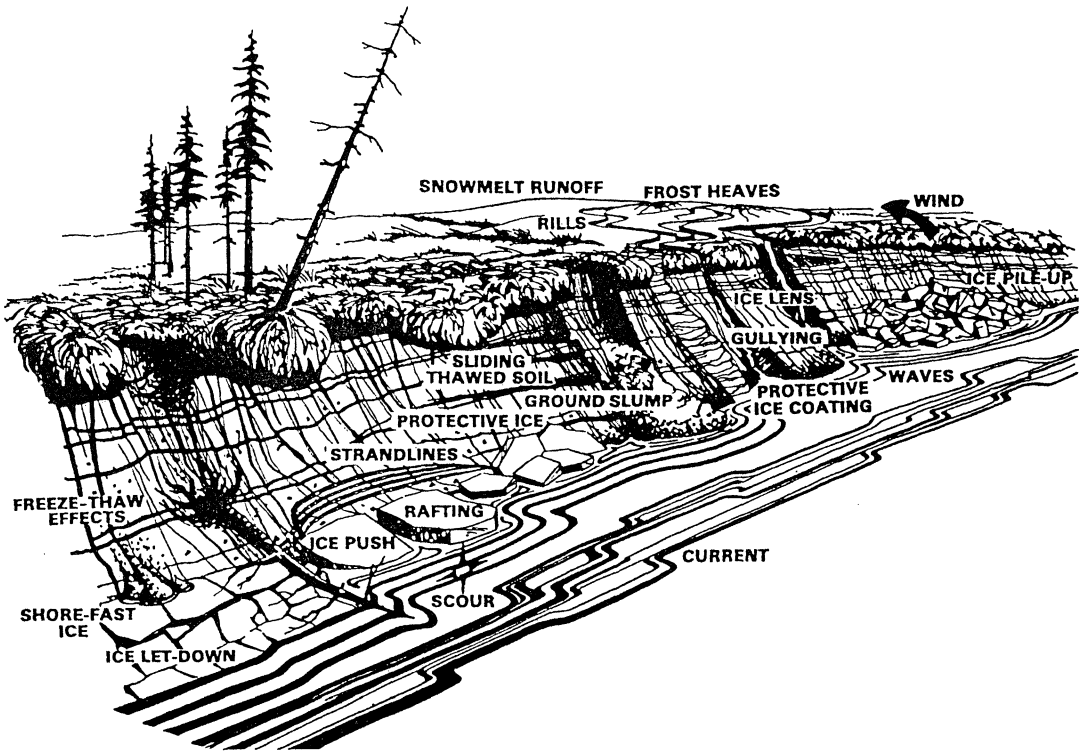
Plassering av frosne materialer ved bygging av konstruksjoner i grunnen er vanligvis ikke anbefalt hverken etter nasjonale eller internasjonale forskrifter, med mindre det frosne materialet blir tilfredsstillende komprimert eller forblir frosset i konstruksjonen. Ved fyllingsarbeider av frosne materialer under lave temperaturforhold er det viktig å benytte tørre, kohesjonsfrie og ikke telefarlige materialer. Etter utgraving i permafrostområder er det viktig med hurtig tilbakefylling for å unngå påvirkning av permafrostlaget. Temperaturen til masser som er ufrosset når de graves ut synker relativt seint sammenlignet med allerede frosne masser.

Ved oppbygging av fyllinger ved lave temperaturer strebes det vanligvis etter å anlegge fyllingen i skrå lag tilsvarende den endelige skråningshelningen, og ikke som vanlig ved oppbygging av flere horisontale lag. Ved fyllingsarbeider ved lave temperaturer mot vann er det i hht bl.a. både norsk, canadisk og russisk praksis vanlig å tippe utfyllingsmassene ved

enden av fyllingen og dose eller planere massene ut i vannet (ikke helle de rett i vannet). Is må på forhånd være fjernet.

For å hindre eller redusere uheldig frostpåkjenninger bør en strebe etter å eliminere ett eller flere av basisvilkårene for dannelse av is i grunnen, dvs lave temperaturer, telefarlige masser eller tilførsel av vann. I hht erfaringer fra bl.a. Canada bør skråningshelninger på fyllinger i permafrostområder ha en slakere helning enn vanlig, spesielt i telefarlige masser med høyt vanninnhold og bunnis. Ved slike grunnforhold har en erfaringsmessig kommet frem til at en skråningshelning på 1:4 er å anbefale. I fritt drenerende masser vil imidlertid de skråningshelninger som vanligvis benyttes også kunne anvendes i permafrostområder. Skråninger vil vanligvis stabilisere seg selv også i permafrostområder, om nødvendige "dimensjoneringskriterier" er ivaretatt.

Generelle virkninger av permafrost samt fryse- og tinesykler på elvebredder er beskrevet i to publikasjoner fra CRREL, se Ref. nr 5 og 6. Prosesser og forhold som bidrar til ulike former for erosjon i områder med frostpåkjenning er illustrert i Figur 4.



Figur 4 Typiske erosjonsformer ved frostpåkjente elvebredder, Ref. nr 6.

Det er i utgangspunktet grunn til å anta at alle disse erosjonsprosessene i større eller mindre grad vil kunne være tilstedeværende langs Longyearelva. Når elvebreddene er frosset vil virkningene av flere "konvensjonelle" erosjonsprosesser være redusert, mens andre karakteristiske frostprosesser pågår. Sediment i og langs elvebredder er spesielt utsatt for erosjon i perioden under tining og rett etter at de er opptint. Dette vil bidra til at flommer i

denne perioden i utgangspunktet vil erodere mer enn tilsvarende flommer senere på året.

Litteratursøket har fremskaffet noen vurderinger vedrørende erosjonstiltak i permafrost-områder i USA og Alaska. Felles for alle er imidlertid at vurderingene gjelder forholdsvis store vassdrag eller elvedelta der erosjonsutsatte materialer er finkornige. Noen direkte paralleller mot forholdene langs Longyearelva er derfor ikke fremskaffet fra dette området.

Ref. nr. 7 beskriver et gjennomført sikringstiltak langs elva Yukon ved Galena i Alaska. Elva eroderer kraftig i en forholdsvis høy og bratt elvemel bestående av finkornige telefarlige materialer. Gamle sikringstiltak utført på 60-tallet har bl.a. bestått av melkledninger med stein samt fylte oljefat som i foten har vært beskyttet med spunt og peler. Det har i ettertid vært nødvendig å anlegge også en steinfylling utenfor spunten for å hindre at denne undergraves. På slutten av 1980-tallet ble ytterligere strekninger langs Yukonelva planlagt sikret. Langs øvre del av elvebredden besto løsningen i å anlegge en melkledning av stein med helning 1:2 over et isolasjonslag. Telefarlige masser ble fjernet og erstattet med bedre masser. Nedre del av elvebredden ble sikret ved enten en støttefylling av stein eller ved å anlegge buner (strømvisere) for å styre bunnstrømmen fra elvebredden.

Et annet større prosjekt beskriver sikringen av en ca 1,5 km lang erosjonsutsatt elvebredd langs elva Kuskokwim ved byen Bethel i sør-øst-Alaska. Langs den erosjonsutsatte strekningen har det fra 60-tallet og frem til slutten av 70-tallet vært prøvd ut flere ikke vellykkede erosjonssikringsmetoder, bla. beskyttelsesvegg av tømmer kledd med plank og plast, oppfylling med bilvrak, fylte oljefat mm, samt legging av "ubåtnett" av metall over et lag av tett fiberduk/plast. I en prosjektbeskrivelse fra 1981, ble to alternativer for en fremtidig permanent sikringsmetode evaluert, se Ref. nr 8. Valget falt til slutt på en konvensjonell erosjonssikring av stein med en slak skråningsvinkel (1:4) og med kraftig forsterking i skråningsfoten. Den alternative løsning med bruk av prefabrikerte betongelement som erstatning for steinkledningen ble ikke valgt ut fra økonomiske vurderinger.

Fremskaffet litteratur vedrørende erosjon langs vassdrag i canadiske permafrostområder er enten av mer generell karakter (kfr Ref. nr 3 som er beskrevet tidligere), eller i stor grad konsentrert om selve erosjonsprosessene og ikke sikringsmetoder, se Ref. nr 9 og 10. For de vassdragene som er nevnt i sistnevnte referanser består utsatte elvebredder av relativt finkornig materiale langs "store" vassdrag. Det er således heller ikke fra canadisk litteratur fremkommet informasjon som er direkte relatert til problematikken langs Longyearelva.

Vi har gjennom litteratursøket skaffet til veie en publikasjon som beskriver delvis relevant informasjon fra Russland, se Ref. nr 11. Publikasjonen beskriver erfaringer fra bygging og drift av 5 kraftverksdammer samt flere mindre vannverksdammer i det tidligere Sovjetunionen. Relevante erfaringer fra problemer med disse for dette prosjektet er bl.a. skader forårsaket av manglende isolasjon ved fundamenteringsarbeider samt utilstrekkelig komprimering av fyllmasser anbrakt mens de var frosset. I Russland tillates fyllingsarbeider i/mot vann ved lufttemperaturer ned mot - 10 °C.

3.3 Relevante erfaringer fra "fastlandet"

Med utgangspunkt i NVEs erfaring fra planlegging, utbygging og observasjon av skadeutvikling ved flomsikringstiltak på fastlands-Norge mener vi følgende problemstillinger fra fastlandet også bør danne grunnlag for en evt fremtidig sikring av Elveslettaområdet:

* dårlige grunnforhold
* stor naturlig massetransport av stein
* vanskelige sikringsforhold
* kulverter og bruløsninger
* miljøtilpassede løsninger

Ved anlegging av sikringstiltak i områder med dårlige grunnforhold er det selvsagt viktig å dimensjonere selve den erosjonsbeskyttende konstruksjonen mht opptredende forhold. Karakteristiske trekk ved slike erosjonssikringstiltak er at skråningsvernet legges med en slakere helning enn normalt, samt at det beskyttende støttelaget i foten av skråningsvernet utføres mer omfattende enn vanlig. Ved sikring av bare deler av et elvetverrsnitt (en eller begge elvebredder) vil faren for økt erosjon langs usikrede deler (andre elvebredd og/eller bunnen) være ekstra stor når grunnforholdene er dårlige. Dette kompenseres det gjerne for ved at hele tverrsnittet sikres (helst ved små tverrsnitt), eller ved at det anlegges terskler med jevne mellomrom for å låse bunnen og hindre bunnsenkning. Videre må selve utførelsen gjennomføres slik at skadeutvikling ikke oppstår i eller i etterkant av sikringstiltaket.

I tilfeller med stor elvebåren massetranport av stein må i de aller fleste tilfeller massetransporten kontrolleres i tillegg til at sikring gjennomføres. Dette utføres feks ved å anlegge masseavlagringsbasseng dimensjonert for et kontrollert masseuttak ovenfor problemområdet. Et alternativ er å tilrettelegge for at tilgjengelig kapasitet på elveleiet også kan ta hånd om opptredende masseføringer. Ved slike tilfeller bør ukontrollert masseoppbygging ved eksempelvis naturlige innsnevringer eller vegkrysninger unngås.

Der forholdene for sikring er ekstra vanskelige grunnet feks ovennevnte forhold og høye opptredende påkjenninger (fra flom, is e.l.) må det i enkelte tilfeller måtte påregnes også fremtidig skadeutvikling. I slike tilfeller bør sikringstiltaket utformes både slik at omfanget på en evt fremtidig skade begrenses, samtidig som sikringstiltaket tilrettelegges for fremtidige reparasjonstiltak eller opprenskninger.

Kulverter og bruløsninger forårsaker ofte uheldig skadeutvikling som følge av at nødvendige kapasitetsberegninger ikke gjennomføres eller ved at nødvendige stabiliserende tiltak rundt vegkryssingene gjennomføres.

Ivaretakelse av natur- og miljøforhold vies stadig økt oppmerksomhet, også i forbindelse med anlegging av flom- og erosjonssikringstiltak. Dette medfører at ansvarlige utbyggere i eller ved vassdrag i stadig større grad tilpasser sine anlegg til de lokale verneinteressene og det naturlige vassdragsmiljøet.

3.4 Tidligere undersøkelser og erfaringsdata fra Svalbard

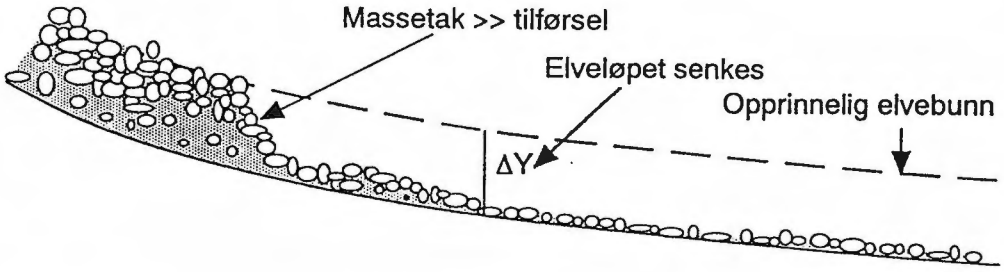
NVE Region Nord utarbeidet i 1989 en plan for et flom- og erosjonssikringstiltak som hadde til hensikt å redusere Store Norskes store årlige kostnader knyttet til opprenskningsarbeider i Longyearelva, se Ref. nr 12. I denne planen ble det foreslått å anlegge en forholdsvis stor masseavlagringsdam nedenfor samløpet av de to breelvene (mellom Sverdrupbyen og Nybyen) for å redusere massetransporten i Longyearelva. Det ble videre planlagt å anlegge elveforbygninger langs strekningen mellom masseavlagringsdammen og Melkeveien. Disse ble foreslått utført som "forsterkede" varianter av konvensjonelle sprengsteinsforbygninger eventuelt utført vha gabioner eller gabionmadrasser. Planen fra 1989 omfatter i sin helhet tiltak oppstrøms det området som vurderes i dette prosjektet. Av de foreslåtte tiltak er omfattende masseuttak i området hvor masseavlagringsdammen var planlagt det eneste som er kommet til utførelse.

De årlige opprenskningsarbeidene har fortsatt, men etter opplysninger fra Svalbard Samfunnsdrift, i mindre omfang enn tidligere. Dette som følge av masseuttakene lenger opp i vassdraget og at Longyearelva på grunn av videre utbyggingsaktivitet i stadig større grad er blitt konsentrert til ett elveleie.

Erfaringer har vist at snøsmelteflommene om våren og forsommeren normalt ikke bidrar til noen omfattende skadeutvikling. Skader oppstår gjerne ved intense nedbørssituasjoner kombinert med høy temperatur på sensommeren og høsten. På dette tidspunkt kan Longyearelva forårsake en ekstrem lateral erosjon (sideerosjon) i det aktive laget, noe som bidrar til at elveleiet stadig vil kunne skifte løp. Utsatte og usikrede installasjoner, bygninger, kulverter eller liknende er ved en slik flomsituasjon svært utsatt for skade.

Elva fra Vannledningsdalen har flere ganger forårsaket sørperas. Dette har bidratt til at Store Norske og senere Svalbard Samfunnsdrift AS etter råd fra NGI gjennomfører årlige opprenskningsarbeider i dalen før snøsmeltingen tar til. Dette for at smeltevannet skal få mulighet til å utnytte elveleiet under snelaget, og ikke ta seg vei ovenpå dette. Det er bygget rasvoller i området mellom Vannledningsdalen og eksisterende bebyggelse i Longyeardalen for å hindre at evt fremtidige sørperas forårsaker skade på eksisterende bebyggelse. Rasvollene forutsettes å beskytte også Elveslettaområdet.

NVE har i publikasjonen "Miljøkonsekvenser av veiutbygging mellom Longyearbyen og Svea: Avrenning, erosjon og landskap" belyst endel problemstillinger som også er relevante for de vassdragstekniske vurderingene av Elveslettaområdet, se Ref. nr 13. Det pekes bl.a. på at elveløpenes geometri er tilpasset materialtransporten, og at om naturforhold eller inngrep endrer på erosjonsprosessene vil dette få konsekvenser for elveløpenes form og tilpasning nedstrøms. Eksempler på materialprosesser som kan forårsake endringer i material-strømmen også langs Longyearelva er: *surgende breer* (breene går plutselig frem og tilfører store mengder materiale til elveløpene), *nedsmelting av morener eller aktivt lag* (iskjernen i morener eller aktivt lag smelter og elva kan endre løp), *flom* samt *intens avrenning*.



Figur 5 Prinsippskisse, senkning av elvebunn ved for stort masseuttak, Ref. nr 13.

Figur 5 illustrerer effektene når masseuttaket i et elveløp er mye større enn massetilførselen. For å unngå en ukontrollert senkning i Longyearelva må størrelsen på uttaket av masser oppe i Longyeardalen kontrolleres samt virkningene av uttakene kartlegges.

4 GRUNNLAGSDATA

Den delen av Svalbard-landskapet som utsettes for fluviale erosjons- og transportprosesser er under dynamisk endring. Erosjonsprosessene er mer intense og transporten langt større på Svalbard enn på fastlands-Norge og endringer vil derfor også lettere bli av merkbart omfang. Ekstreme avrenningsforhold og tilstedeværelsen av permafrost bidrar dessuten til at selv små vassdrag kan transportere store mengder masse samt forårsake intensiv lateral erosjon. Elveslettaområdet nederst i Longyeardalen bærer preg av å være påvirket av disse erosjonsprosessene.

Longyearelva har fra samløpet Larsbreelva/Longyearbreelva og ned til utløpet av Adventfjorden langs en strekning på ca 3,3 km et svært ustabilt leie. Av den store massetransporten fra breene avlagres mye på denne strekningen. Elva har derfor stadig endret leie i den 200 - 400 m brede dalbunnen. Utbygging av bygninger, veier, rørgater og kraftledninger har fordret en bedre kontroll med elveløpet. Etter en storflom i 1964 ble arbeidet med å samle elveløpet i ett elveleie påbegynt. Det har i ettertid årlig blitt utført forholdsvis omfattende opprenskningsarbeider for å begrense elvas utbredelse. I de senere år er de største masseuttakene etter råd fra NVE utført langs vassdragets øvre deler. Masseuttakene har bidratt til å stabilisere elva i et definert elveleie, men også sannsynligvis forårsaket en økt erosjon i elvebunnen (dette observeres spesielt nedstrøms brukrysningene).

4.1 Dimensjonerende flommer og masseføring

Flommer for Longyearelva samt elv fra Vannledningsdalen er beregnet i Ref. nr 2. Disse har, grunnet begrenset grunnlagsmateriale, en usikkerhet på +/- 25 %. Beregnede flomvannføringer ved ulike gjentaksintervall er:

Spissverdier	Middelflom m3/s	100-årsflom m3/s	1000-årsflom m3/s	Pår. maks flom m3/s
Longyearelva	20	40	58	106
Vannledn.dal	4	10	13	22

Vi har i de senere vurderinger i henhold til vanlig praksis for arealplanlegging av utbyggingstiltak i og langs vassdrag i stor grad benyttet 100-årsflom som dimensjonerende flomvannføring.

4.2 Profileringer

Vi har som grunnlag for vannlinjeberegningene fått et nivellement av Longyearelva fra Svalbard Samfunnsdrift AS. Dette lengdeprofilet av Longyearelva er innmålt i perioden 26-28.07.93.

I tillegg til dette målte vi inn i alt 13 tverrprofiler langs Longyearelva den 27.09.95. Det ble ved disse målinger bare gjort tilknytning til lokale høyder, men vi har senere knyttet

tverrprofilene til ovennevnte lengdeprofil og dermed også fått profilenes omtrentlige høyder. Tverrprofilene fra målingene som ble foretatt høsten 1995 er i gjengitt i vedlegg.

Vi målte også flere tverrprofiler i nedre del av elv fra Vannledningsdalen, som grunnlag for en evt beregning av oppstuvning i denne elva fra Longyearelva.

Ved målingene høsten 1995, ble det observert endrede fallforhold som følge av erosjon og senere dozing rett nedenfor Museumsvegen og Melkevegen. Lengdeprofilet fra 1993 ble derfor korrigert på disse strekningene.

4.3 Grunnundersøkelser

Norges Geotekniske Institutt (NGI) kartla grunnforholdene på Elvesletta høsten 1995, se Ref. nr 14. Resultatene fra disse undersøkelsene viser at det øverste laget av Elvesletta, med en mektighet på 2-3 m, består av et lag med kuppelstein iblandet grus. På den sydlige delen av området (lengst opp i Longyeardalen) ligger det derunder et sandlag av 3-4 m mektighet. Lenger ned ligger det på hele området et gjennmgående leirlag med tykkelse varierende mellom 3 m og 8 m.

5 VANNLINJEBEREGNINGER

For å dimensjonere tiltak i elver er det av stor betydning å kjenne vannstand ved ulike vannføringer. Den numeriske modellen HEC-2 er brukt til vannlinjeberegninger for aktuelle flommer i Longyearelva. Modellen bruker en 2-dimensjonal representasjon av terrenget som består av elvetverrsnitt med høydeangivelser og avstanden mellom dem, se Ref. nr 15. Dermed er fallforholdene ivaretatt, mens elvebunnens friksjonsegenskaper må antas eller beregnes av programmet ved hjelp av kjente sammenhenger mellom vannføring og vannstand. Avhengig av hvilke data som er tilgjengelige, bruker modellen ulike startmetoder for vannlinjeberegningene. Observerte vannlinjer for en gitt vannføring gir godt kalibreringsgrunnlag, men selv uten slike data vil modellen beregne seg fram til en vannlinje som med stor sannsynlighet er riktig i forhold til valgte inngangsdata.

5.1 Dimensjoneringskriterier

Med utgangspunkt i de hydrologiske analysene, er det utført vannlinjeberegninger for vannføringer med antatte gjentaksintervall 100 og 1000 år samt påregnelig maksimal flom. Da disse flomstørrelsene antas svært usikre, er det ikke utført simuleringer med flere vannføringer innenfor et bestemt usikkerhetsområde. Den såkalte 100-årsflommen er vanligvis dimensjonerende for arealplanlegging og ved utbyggingstiltak i og ved elv. Ved svært store flommer (eksempelvis 1000-årsflom) vil den generelle situasjonen i området sannsynligvis være ekstrem med hensyn til mange naturforhold. Flom kan i slike tilfeller medføre mindre dramatiske situasjoner enn andre forhold som for eksempel ras eller oversvømmelse på grunn av store nedbørsmengder. Simulering med maksimalflom kan antyde en tendens for elvas oppførsel ved økende vannføring, men det må tas i betraktning at elveleiet nok endres under ekstreme forhold og at ekstremforhold er svært uforutsigbare.

Som en forenkling er beregnet vannføring i Longyerelva, se kap 4.1, brukt for hele den simulerte strekningen. Det betyr at tverrsnitt oppstrøms samløpet mellom elv fra Vannledningsdalen og Longyearelva får noe for høy vannføring. Dette har liten betydning for bruksområdet til resultatene.

Longyearelva er svært masseførende og dette fører til stadige endringer i terrenget. Spesielt ved store flommer vil geometrien kunne endres betraktelig. Beregningene med HEC-2 er utført for noen ulike terrengsituasjoner. I alt 20 tverrprofiler er brukt for å beregne vannlinjer for elveleiet mellom Strandveien og Museumsveien, se kart i vedlegg. Modellering av 2 av kulvertene er en forenkling idet krysningen ved Melkeveien er satt til å bestå av 4 rør med diameter 2,4 m, og krysningen ved Museumsveien er satt til å bestå av 6 rør med diameter 1,5 m. Disse kulvertløsningene har tilnærmet samme kapasitet som eksisterende kulverter. Ved Strandveien er det spesifisert to firkantkulverter med riktig dimensjon. Representasjon av kulvertene i modellen utgjør en stor usikkerhet i vannlinjeberegningene. Særlig er innløpsgeometrien vesentlig for at energitapet gjennom kulvertene skal beregnes riktig. Det er derfor utført en manuell kapasitetsvurdering av hver kulvertkryssing, se kapittel 5.2.

Opptredende friksjon i elvetverrsnittet blir ivaretatt gjennom det såkalte Manningstallet. Beregninger med Manningstall innenfor et intervall på 40 % ble gjennomført for å dokumentere gyldigheten av det valgte Manningstallet. Denne følsomhetsanalysen viste at

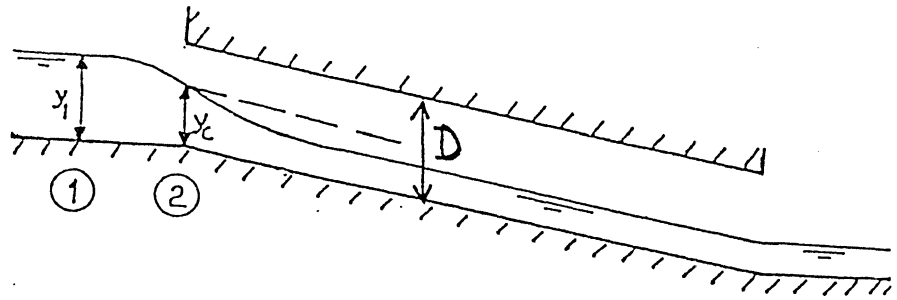
endringen i ruhet gir minimale utslag på vannstand i elveleiet.

Elvas bunnhelning påvirker energiforholdene i vannstrømmen. Vi skiller i den forbindelse ofte mellom over- og underkritisk strømning. Overkritisk strømning oppleves som stryk, mens mer stilleflytende vann oftest er underkritisk. I bratte bekker eller elver er overkritisk strømning sannsynlig, mens slakere elver oftest har underkritisk strømning. Ved beregninger i HEC-2 må strømningsregimet velges for hele strekningen som ønskes simulert, da dette har betydning for hvilket tverrsnitt som er bestemmende for strømningen og dermed gir startbetingelsene for beregningene. Innsnevringer av elveløpet gir normalt oppstuvning oppstrøms og dermed underkritisk strømning. Gjennom innsnevringer vil strømningen ofte gå fra underkritisk til overkritisk for så å eventuelt få et brudd i vannlinjene der strømningen igjen blir underkritisk. Longyearelva er bratt, men oppstrøms kulvertene vil vannet kunne stuves opp. Det er gjort beregninger både for over- og underkritisk strømning, og det viser seg at strømningen er kritisk i de fleste tverrsnittene. Dette gir ustabile beregningsforhold, og man må derfor anta at vannstanden ikke er konstant, men at dybden hele tiden varierer omkring kritisk dybde.

5.2 Manuelle kulvertberegninger

De manuelle beregningene av kulvertkapasiteter er utført i henhold til retningslinjer i Ref. nr 16. Kapasiteten til kulverter og stikkrenner kan enten være styrt av forholdene kun ved innløpet (innløpskontroll), eller av kulverten som helhet (utløpskontroll). Det bør tilstrebes å utforme kulverter slik at de får innløpskontroll. Kapasiteten til kulverten vil da bare være avhengig av diameteren og innløpsutformingen. Kulvertenes bunnhelning og ruhet er bestemmende for strømningstypen. Med utgangspunkt i den store bunnhelning for alle vurderte kulverter i Longyeardalen, vil kulvertene ha innløpskontroll forutsatt at dimensjonene er tilstrekkelig store.

Ved beregningene er det antatt at strømningen gjennom kulvertene følger mønsteret for strømningstype 1, se Figur 6. Kulvertens kapasitet er da gitt ved vannstanden ved innløpet (Y1), samt innløpets diameter/dimensjon (D), og geometri.



Figur 6 Prinsippskisse av strømning type 1, Ref. nr 16.

Ved ovennevnte strømningstype er det fritt vannspeil i innløpet til kulverten inntil Y1/D = 1,2. Ved kapasitetsberegningene for kulvertene i Longyeardalen er imidlertid en

innløpsvannstand tilsvarende forholdet Y1/D lagt til grunn (gir nødvendig sikkerhet for at innløpet ikke dykkes).

Tabell 1 viser resultatene for kapasitetsberegninger av vurderte kulvertløsninger i Longyearelva samt elv fra Vannledningsdalen. Beregnede flomvannføringer i Ref. nr 2 er medtatt i tabellen.

Vassdrag	Kulvert	Kapasitet (m^3/s)	Middel flom (m^3/s)	100 års flom (m^3/s)	1000 års flom (m^3/s)	Pår. maks flom (m^3/s)
Longy.elva	Museumsv.	**25,0**	16,0	**30,0**	45,0	84,0
Longy.elva	Melkeveg.	**41,0**	20,0	**40,0**	58,0	106,0
Longy.elva	Strandveg.	**41,4**	20,0	**40,0**	58,0	106,0
Vannl.dal	Gangveg	**22,5**	4,0	**10,0**	13,0	22,0
Vannl.dal	Hovedveg	**8,0**	4,0	**10,0**	13,0	22,0

Tabell 1 Kapasitet til kulverter og flomstørrelser, Longyearelva og elv fra Vannledningsdalen.

For Longyearelva viser beregningene at kulvertkryssingen ved Museumsvegen har for liten kapasitet. Denne burde etter vår vurdering vært dimensjonert for en ca 50 % høyere kapasitet. Med utgangspunkt i problematikk knyttet til massetransport og is/snø ser vi det imidlertid som en bedre løsning å erstatte kulvertløsningene ved både Museumsvegen og Melkevegen med bruløsninger.

For elva fra Vannledningsdalen har kulvertkryssingen under hovedvegen fra sentrum til Nybyen en tilsvarende underdimensjonering. Kapasiteten kan med fordel økes med 50 %, feks ved å anlegge ytterligere en kulvert med diameter på 1,6 m. Dersom nye kulverter legges bør det velges kulverter med glatt innvendig overflate. Utnyttelse av korrugerte stålrør (feks Svalbardrør) bidrar til økt fare for masseopplagring.

Ved de manuelle kulvertberegningene er det ikke tatt hensyn til at kulvertene sannsynligvis har redusert kapasitet grunnet oppfylling av steinmasser eller snø/is. Dette vil kunne redusere kulvertkapasiteten betydelig. Det er dog heller ikke tatt hensyn til at kulvertene vil kunne få en økning i kapasiteten som følge av at innløpet dykkes.

5.3 Vannlinjeberegninger for ulike flomsituasjoner

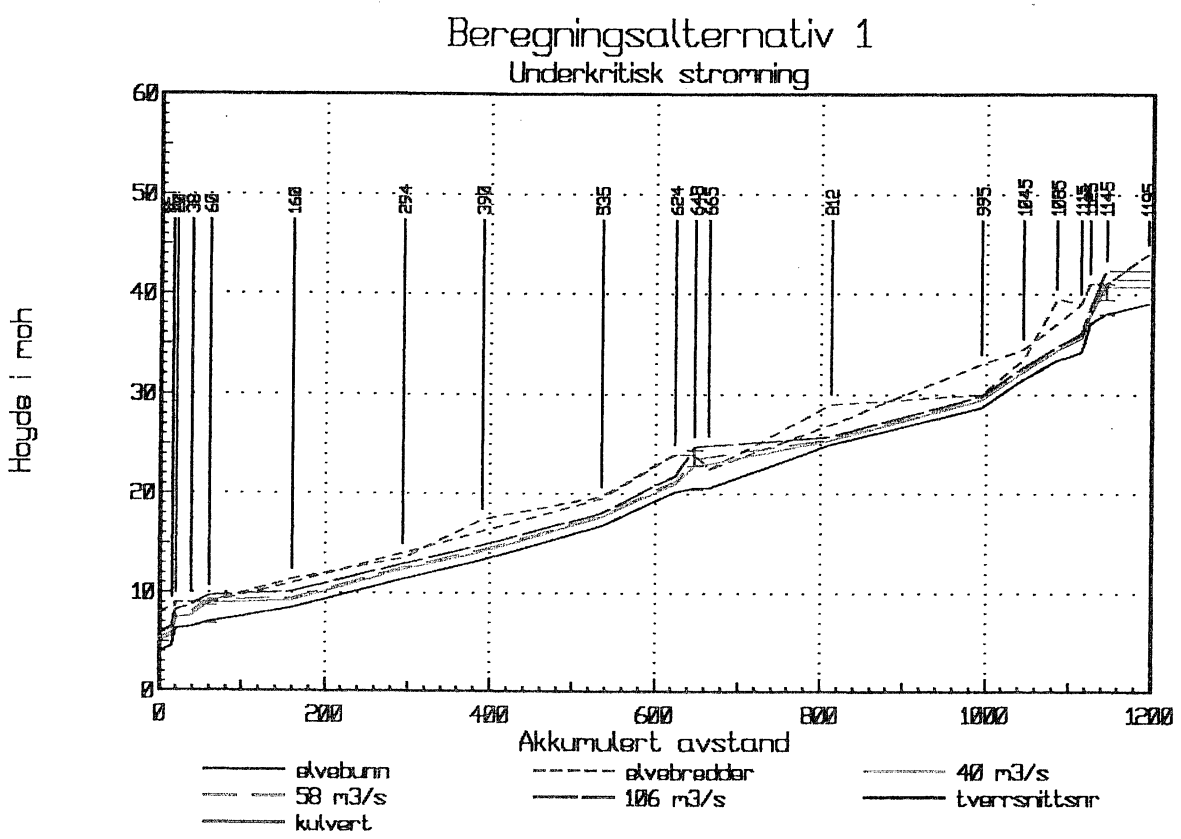
For å danne et bilde av mulige flomsituasjoner er det foretatt beregninger for ulike terrengforhold i elveløpet. På bakgrunn av betraktningene i kapittel 5.1, er underkritisk strømning antatt for beregningene.

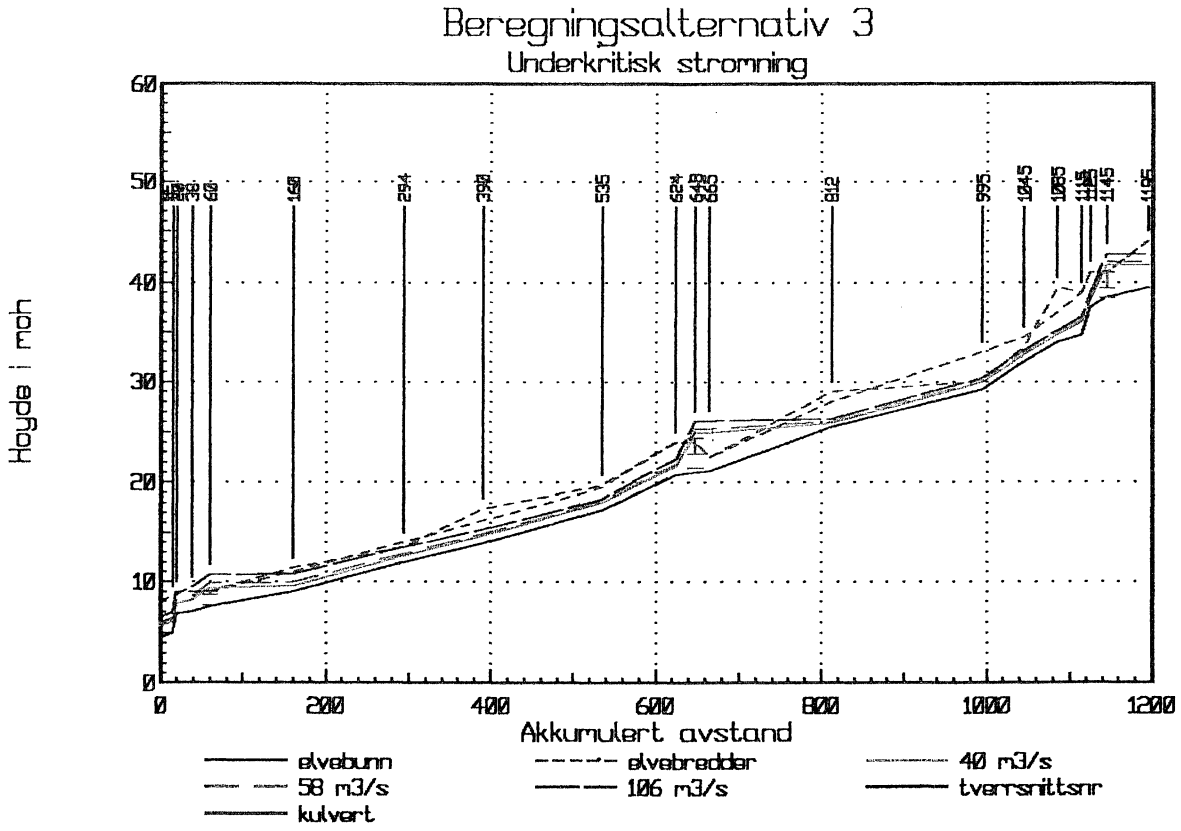
Ved flom vil elva føre med seg betydelige mengder masse som lett avlagres i og oppstrøms kulvertene. Frost og bunnisdannelse kan føre til heving av elvebunnen. Det samme gjelder generell materialtransport. Disse situasjonene påvirker elvas kapasitet. Følgende fire situasjoner er derfor simulert, alle med de tre aktuelle flomstørrelsene, 100-, 1000-års og påregnelig maksimal flom:

1. Full tverrsnittskapasitet og full kulvertkapasitet
2. Full tverrsnittskapasitet og redusert kulvertkapasitet
3. Redusert tverrsnitt og redusert kulvertkapasitet
4. Full tverrsnittskapasitet også ved Museumsvegen og Melkevegen

Resultatene fra beregningsalternativ 1 og 3 er vist på figur 7, neste side, mens resultatene fra alternativene 2 og 4 er gjengitt i vedlegg. Figur 7 viser tydelig at de tre kulvertene representerer flaskehalser idet de fører til oppstuvning på oppstrøms side. Selv om noen av beregningene viser at vannstanden ikke stiger over veibanen ved kulverter, innebærer modellen såpass stor usikkerhet at dette ikke kan utelukkes. I vedlegg finnes også plott av kulverttverrsnittene for alternativ 1 og 100-årsflom. Spesielt gir kulverten under Melkeveien stor oppstuvning med oversvømmelse av nærmeste oppstrøms elveprofil. Tendensen forsterkes ved beregningsalternativ 2.

Når en vannføring på 40 m3/s antas å representere en 100-årsflom, viser beregningene at dagens "naturlige" elvetverrsnitt har tilstrekkelig kapasitet. Beregningsalternativ 4 viser at også bare selve innsnevringen av elvetverrsnittet der det nå er kulverter, gir en viss oppstuvning av vannmassene oppstrøms, men sterkt redusert i forhold til dagens situasjon. Beregninger med 1000-årsflom og påregnelig maksimal flom viser samme tendens som 100-årsflommen. Det er kun i kulvertene og oppstrøms Melkeveien oversvømmelse av eksisterende tverrsnitt forekommer. Vi påpeker imidlertid at slike store flommer sannsynligvis vil medføre en voldsom massetransport som kan blokkere elveløpet og dermed forårsake oversvømmelser. Store oppstuvninger oppstrøms kulvertene vil kunne medføre økt avsetting av masse og forplantning av oppstuvning videre oppover i elveløpet.





Figur 7 Resultater av HEC-2-beregninger

6 FLOMSIKRINGSTILTAK

Vi har for å gi et best mulig beslutningsgrunnlag for en evt utbygging av Elveslettaområdet valgt å vurdere tre ulike alternativ for flomsikring. Alternativ 1 består i å tilpasse utbyggingen av området til opptredende flomforhold mens alternativ 2 og 3 tar i bruk metoder for å kontrollere elva. Sistnevnte alternativ vil følgelig muliggjøre en arealdisponering og utbygging i hht de prinsipp som vanligvis gjelder.

6.1 Dimensjoneringskriterier

Vi har med utgangspunkt i gjennomgangen i de foregående kapitler satt opp følgende dimensjoneringskriterier for de alternative flomsikringstiltakene (i vilkårlig rekkefølge):

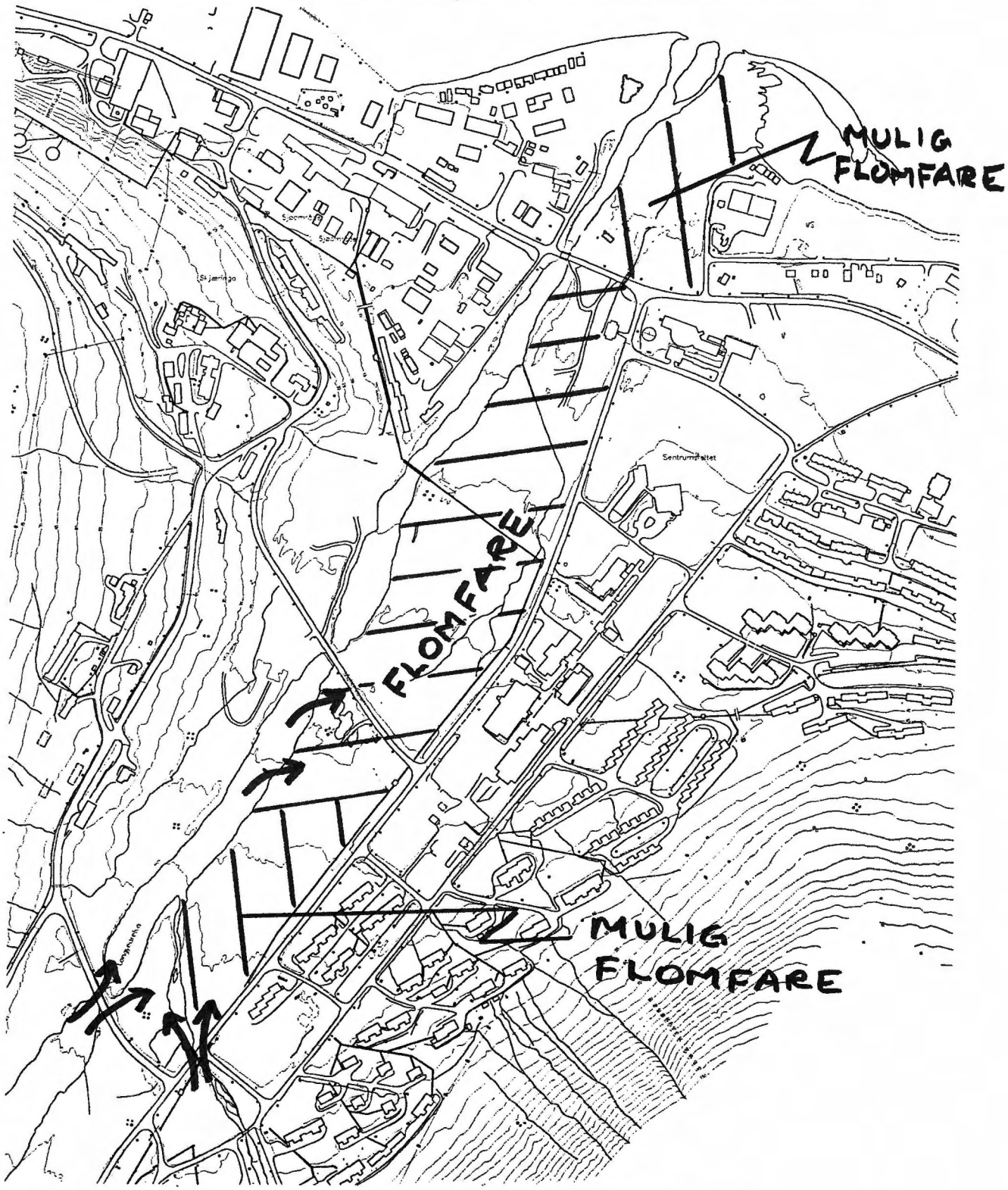
Flom:	-	flomstørrelse, 100-årsflom.
	-	effekter fra massetransport og is/snø.
	-	permafrostbetingede/arktiske forhold.
Utbygging	-	tilstrekkelig god sikkerhet.
	-	tilrettelagt for utbygging i flere perioder, først lengst opp i Longyeardalen.
Teknisk løsn.	-	optimal løsning med utgangspunkt i erfaring/kompetanse fra fastlands-Norge og permafrostområder inklusiv Svalbard.
	-	lave totalkostnader.
	-	tilrettelagt for drifts- og vedlikeholdsoperasjoner.
	-	minst mulig endring av naturlige forhold (massetransport, erosjon, elveleie, termiske forhold, snø og isakkumulering mm).
	-	god estetisk og miljømessig løsning.

6.2 Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold

Resultater fra de gjennomførte vannlinjeberegningene samt de manuelle kulvert-beregningene indikerer at en utbygging av Elveslettaområdet som ivaretar de naturlige forhold uten at permanente sikringstiltak gjennomføres, vil kunne realiseres. Dette under forutsetning av at det anses akseptabelt at området oversvømmes ved ekstreme flom- og avrenningssituasjoner. Videre må selvsagt selve utbygginga av området da dimensjoneres for denne, i utbyggingssammenheng, svært "spesielle" forutsetning. En slik utbygging ville med utgangspunkt i de kriterier som legges til grunn for arealutnyttelse og utbyggingstiltak langs vassdrag på fastlands-Norge, ikke være tilrådelig.

Vannlinjeberegningene indikerer at en begrenset øvre del av Elveslettaområdet ikke er direkte utsatt for oversvømmelse, se Figur 7. Det må imidlertid bemerkes at en eventuell oppstuvning og oversvømmelse et stykke ovenfor Museumsvegen ikke vil være ivaretatt ved disse beregningene (som er avsluttet straks ovenfor Museumsvegen). Resultatene fra de manuelle kulvertberegningene som viser at det er for liten kapasitet ved kulvertkrysningen både langs Longyearelva ved Museumsvegen og Elva fra Vannledningsdalen ved hovedvegen sannsynliggjør dessuten at også den øvre delen av Elveslettaområdet vil oversvømmes ved

dimensjonerende flomvannføring.



Figur 7 Sannsynlig flomfare for elvesletta, uten sikringstiltak

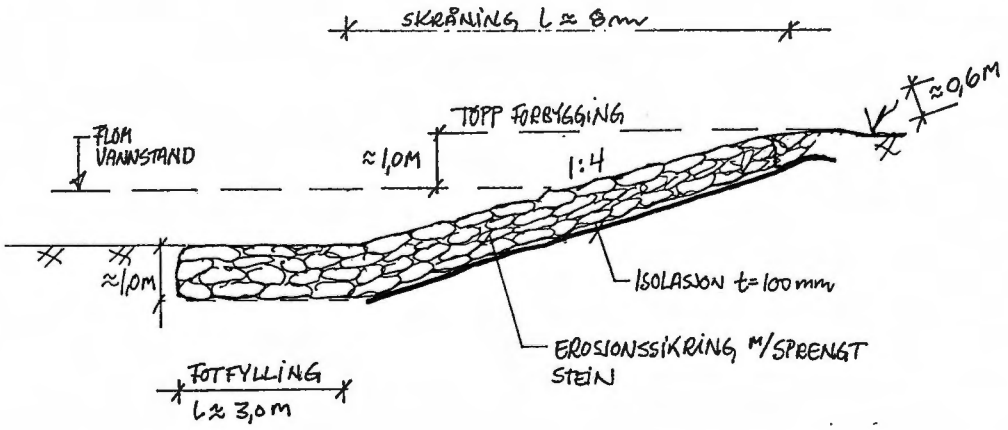
En student ved Arkitekthøgskolen i Oslo har høsten 1995 som et prosjektarbeid utarbeidet en beskrivelse av hvordan en boligbebyggelse på Elvesletta kan organiseres og tilpasses de naturgitte forholdene (flom, snø, vind og snøforhold), se Ref. nr 17. Bebyggelsesplanen tar utgangspunkt i at Elveslettaområdet vil kunne oversvømmes, noe som søkes ivaretatt gjennom å plassere bebyggelsen på peler over dimensjonerende flomvannstand. I prosjektoppgaven foreslås det å starte en fremtidig utbygging langs nedre deler av Elveslettaområdet. Dette vil vi som tidligere nevnt ikke anbefale utfra flomforholdene.

Vi synes imidlertid ideen bak en bebyggelsesplan der bebyggelsen skal tilpasses flomforholdene (og ikke motsatt) er spennende. Risikoen ved å anbefale en slik løsning er imidlertid etter vår vurdering vel høy. Hvorvidt en slik utbygging vil kunne realiseres utfra krav til fundamenteringsprinsipper, utbyggingsmetode samt akseptabelt risikonivå for brukerne av Elveslettaområdet inngår imidlertid ikke i de vassdragstekniske vurderingene i dette delprosjektet.

6.3 Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein

Den mest vanlige flomsikringstiltak på fastlands-Norge og i utlandet er å anlegge et erosjonsbeskyttende lag av sprengt stein langs den erosjonsutsatte elvebredden. Metoden har i hht opplysninger fra litteratursøkene også vært benyttet ved flere flomsikringstiltak i permafrostområder. Det er følgelig naturlig å først evaluere denne "basisløsningen" for flomsikring av Elvesletta.

Med utgangspunkt i relevant input fra de foregående kapitler vil vi foreslå at en flomsikring med sprengt stein utformes som illustrert i Figur 8.



Figur 8 Prinsippskisse, erosjonssikring med sprengt stein.

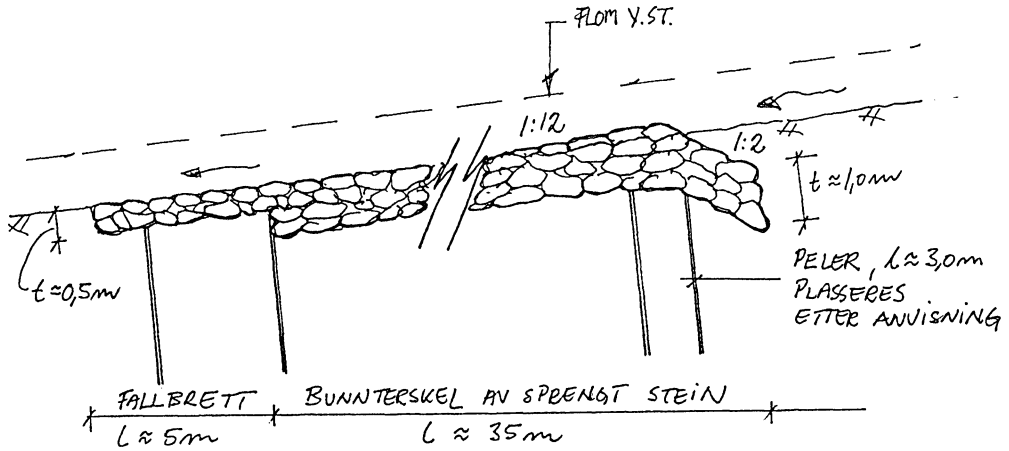
For å redusere faren for setnings- og frosthevingsskader anbefaler vi å legge et 10 cm tykt isolasjonslag av et fleksibelt, permeabelt og vannbestandig materiale under skråningsvernet. Et aktuelt produkt er Rockwools markplater. Det erosjonsbeskyttende steinlaget foreslås

anlagt med helning 1 : 4 til et nivå tilsvarende 1 m høyere enn dimensjonerende flomvannføring (100-årsflom). Skråningsvernet anbefales anlagt med en tykkelse på 1,0 m i bunnen av skråningen og 0,6 m ved toppen (dette er en større tykkelse enn vanlig). Med tanke på å minimere følgene av en sannsynlig fremtidig skadeutvikling vil vi ikke anbefale å legge erosjonssikringen i forband eller som en tørrmur. Plastringen bør utføres etter de retningslinjer som gjelder for NVEs elveforbygninger, ved å utnytte samfengt sprengstein slik at erosjonssikringen blir mest mulig homogen med en tilnærmet "vilkårlig" plassering av steinen (eng: random rip-rap). Den største steinen anlegges dog i nedre del samt foten av fyllingen.

Det er med utgangspunkt i de spesielle forholdene svært viktig å anlegge en kraftig stabilisering/forsterkning av skråningsfoten. Vi foreslår utfra dette å legge en 3 m lang fotfylling av 1 meters mektighet fra skråningsfoten og ut i elveløpet. Toppnivået på forsterkningslaget anlegges på samme nivå som nivået til elvebunnen. Følgelig må masser av 1 meters mektighet fjernes før utlegging av forsterkningslaget.

Basert på ovennevnte data vil det medgå ca 10 pam3 (prosjektert anbrakte m3) sprengstein per lengdemeter flomsikring langs en bredd av Longyearelva (sum skråningsvern og forsterkningslag). Mengden grave- eller dozerarbeid per lengdemeter blir ca 5 fm3 (faste m3).

For å minimere faren for bunnsenkning av elveløpet må det etter vår vurdering anlegges stabiliserende bunnterskler over hele elveprofilet med jevne mellomrom. Med utgangspunkt i de ekstreme erosjonsforholdene samt elvas store fall anbefaler vi foruten å stabilisere bunnforholdene ved alle vegkrysninger (se kap. 7) samt å anlegge i alt 2 terskler mellom Museumsvegen og Strandvegen hvorav 1 stk mellom Museumsvegen og Melkevegen og 1 stk mellom Melkevegen og Strandvegen. En prinsippskisse for en slik bunnterskel er illustrert i Figur 9.



Figur 9 Prinsippskisse, bunnterskel av sprengt stein.

Det er svært viktig å låse terskelen som krummes i horisontalplanet mot elvebunnen og

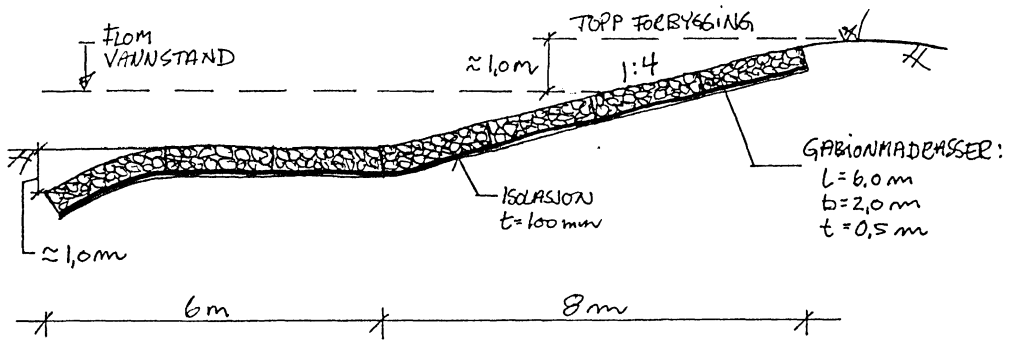
elvebreddene. I elvebunnen anbefaler vi spunting med feks jernbaneskinner. Det vil medgå ca 1600 pam3 sprengt stein per terskel (40 m elvebredde, 1 m tykkelse og 40 m lengde). Totalt steinvolum for tersklene blir med utgangspunkt i dette ca 3 200 pam3.

Vi er noe skeptisk til brukbarheten av det konvensjonelle erosjonssikringsprinsippet langs Longyearelva. Dette bl.a. på grunn av at mangelen på nødvendig mengde stein av god nok kvalitet og størrelse vil føre til høye utbyggingskostnader. Videre vil erosjonssikrings-metoden kunne være følsom med hensyn til ujevne setninger/frostheving. Faren for en initiert bunnsenkning i den delen av elveleiet som ikke sikres med sprengt stein vil også være tilstede selv om bunntersklene vil motvirke dette. Metoden er imidlertid svært godt tilrettelagt for gjennomføring av fremtidige opprenskningsoperasjoner langs elveløpet.

6.4 Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser

Med utgangspunkt i de stedlige massenes beskaffenhet samt mangelen på nødvendig sprengt stein har vi sett det som naturlig å prosjektere en løsning for flomsikring som tar utgangs-punkt i å forsterke og utnytte de stedlige massene i og langs Longyearelva. Disse har en beskaffenhet og ensartethet som i utgangspunktet er helt ideell for bruk i gabionkister eller gabionmadrasser. Disse produkt har tidligere med hell vært prøvd ut langs kortere strek-ninger av Longyearelva, og var bl.a. i NVEs tidligere plan for flomsikring langs Longyear-elva (Ref. nr 12) beskrevet som et aktuelt flomsikringskonsept. Ut fra de ekstreme dimen-sjoneringskriteriene for Longyearelva, samt omfanget av flomsikringen, anses gabion-madrassene som et langt bedre alternativ enn gabionkistene. Vi har derfor bare vurdert dette "gabionproduktet".

Vi har i samarbeid med ENRECO AS, som en stor og "seriøs" leverandør av produkter relatert til erosjonssikring samt armering av jordmaterialer, utarbeidet en gabionmadrass-løsning som vi mener oppfyller gjeldene dimensjoneringskriterier. En typisk profil av skråningsvernet bestående av gabionmadrasser er illustrert i Figur 10.



Figur 10 Prinsippskisse, erosjonssikring med gabionmadrasser.

De valgte gabionmadrassene er av produktet Twil Weldmesh, se Ref. nr 18. Vi har tatt utgangspunkt i madrasser med dimensjonen 2 m (bredde) x 6 m (lengde) x 0,5 m (tykkelse), produsert av en tykk såkalt Bezinal-belagt ståltråd. Denne trådtypen har en levetid på minst 50 år, dvs ca 3 ganger lengre enn tilsvarende trådtykkelse med standard varmgalvanisert gabiontråd. Rutestørrelsen er 75 x 75 mm, og anbefalt steinstørrelse for fylling i madrassene 100 - 150 mm.

Madrassene planlegges lagt i samme skråningshelning som sprengt stein løsningen (1 : 4), men med hele 6 meters utstikk i elveløpet. Dette vil sammen med effekten av at siste del av madrassen graves 1-2 m ned i elveløpet, bidra til en redusert fare for at erosjonssikringen bidrar til, eller er sårbår for, bunnsenkning i den usikrede delen av elveleiet. For å bidra til at erosjonssikringen blir mest mulig dynamisk, og dermed i størst mulig grad skal kunne ta opp ujevne belastninger også i vertikalplanet (permafrostprosesser, frostheving mm) foreslås madrassene lagt i lengderetningen av Longyearelva med et 0,1 m tykt isolasjonslag av Rockwools markplate i bunnen av den delen av madrassen som ligger i skråningen.

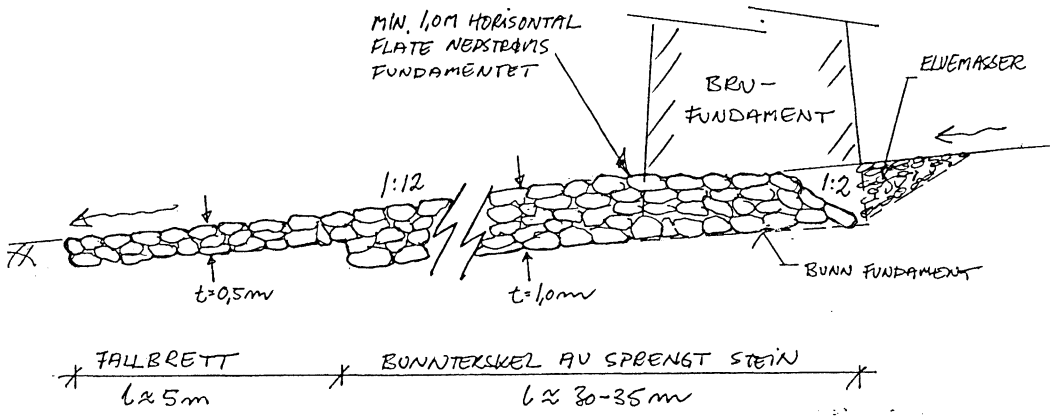
Sammensetningen av gabionmadrassene på byggeplassen utføres etter leverandørens installasjonsveiledning. Langs Longyearelva vil madrassene i hht ENRECOs opplysninger kunne legges ut og "sys" sammen på den ferdig planerte anleggsflaten før de ifylles maskinelt og ferdigstilles. Kostnadsoverslaget for dette alternativ (i kap. 8) er basert på innhentede priser på leveranse av det aktuelt produkt til Longyearbyen, samt leverandørens erfaringsdata fra arbeidet med ferdigstillelse av gabionmadrassene på anleggsstedet.

Vi mener i utgangspunktet at gabionmadrasskonseptet er en teknisk bedre løsning enn flomsikringsalternativet med sprengt stein. Dette på grunn av at løsningen etter vår vurdering er mer tilpasset de stedlige betingelser og dimensjoneringskriterier, mer dynamiske med større evne til å ta opp ujevne krefter samt innehar en sannsynlig større motstandskraft mot erosjon fra opptredende krefter. Omfanget av en fremtidig skadeutvikling vil sannsynligvis også bli mer begrenset for gabionmadrassene enn for en løsning med sprengt stein. Gabionmadrassene vil imidlertid være mer ømfintlig for skader ved fremtidige opprenskningsoperasjoner i elveløpet. En dozer vil feks med "uforsiktig" masseforflytning lett kunne rive opp tråder i madrassene. Et større flomsikringstiltak utført av gabionmadrasser vil i utgangspunktte lett få et sterilt preg, og dermed være lite estetisk og naturtilpasset. Dette kompenseres ved å legge inn kurver på erosjonssikringen i overenstemmelse med dagens naturlige innsnevringer og utvidelser i elveløpet. Om ønskelig kan også gabionmadrassene overrisles med stedlige masser for å bedre den miljømessige tilpasningen.

Bunntersklene som er beskrevet i forrige avsnitt vil med fordel også kunne utføres av gabionmadrasser. I dette tilfelle anses det ikke nødvendig med isolasjon i bunnen av madrassene. Tersklene vil etter vår vurdering bli minst like stabile ved utnyttelse av gabionmadrasser som ved sprengt stein. Den energidrepende effekten blir imidlertid sannsynligvis mindre siden overflaten blir glattere, og tilgjengelige åpne hulrom av noen størrelse redusert i forhold til et konsept av stor sprengt stein. Det vil etter vår vurdering være lett å stabilisere gabionmadrasser utnyttet til en bunnterskel med peler av feks jernbaneskinner.

7 HELHETSVURDERINGER OG ANBEFALTE TILLEGGSARBEIDER

For å hindre uheldige virkninger ved vegkrysningene er det etter vår vurdering fordelaktig å erstatte kulvertløsningene ved både Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannledningsdalen med bruer, slik at hele elvetverrsnittet ved krysningsstedene blir tilgjengelig. Subsidiært bør kulvertkapasiteteten ved Museumsvegen og Elv fra Vannledningsdalen økes. For å hindre at den bunnsenkning som på det nåværende tidspunkt ikke er tilfredsstillende kontrollert ved Museumsvegen, Melkevegen og Strandvegen forårsaker skade, bør det dessuten anlegges stabiliserende konstruksjoner nedstrøms alle vegkrysninger. Et eksempel på en slik bunnplastring anlagt av sprengt stein er illustrert i Figur 11.



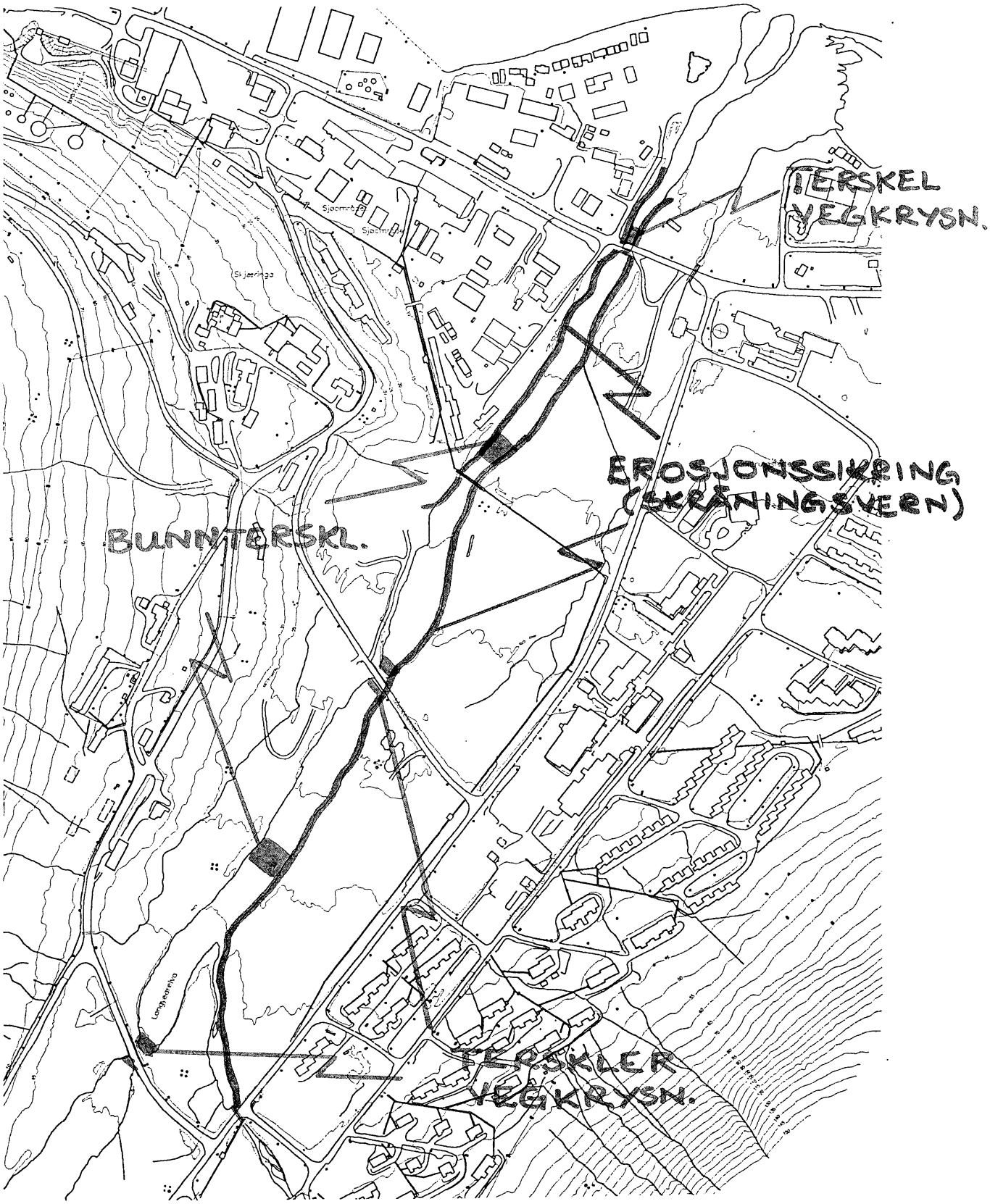
Figur 11 Prinsippskisse, bunnplastring ved brufundament.

Med de mål som er angitt på denne skissa, og en bunnbredde på elveløpet ved vegkrysningene på gjennomsnittlig 20 m, vil det medgå ca 1200 pam3 sprengt stein per terskel. Vi ser imidlertid for oss at en tilsvarende konstruksjon av gabionmadrasser med 0,5 m tykkelse vil være en minst like bra løsning. Tersklene ved vegkrysningene må i likhet med tidligere beskrevne bunnterskler stabiliseres ved spunting.

Lengdeprofilet for Longyearelva viser at vassdraget med unntak av variasjonene ved hver vegkrysning har et tilnærmet konstant fall fra samløpet av de to breelvene til utløpet i sjøen. Dette vil være karakteristisk for ei elv som renner "fritt" i lett eroderbare masser. Med utgangspunkt i dette er det svært viktig å stabilisere forholdene både der en nå har vannstandssprang (ved vegkrysningene) samt i samløpsområdet (der mesteparten av massene avlagres). Problematikken ved vegkrysningene er beskrevet over. I samløps-området mener vi det er av største viktighet at uttaket av masser foregår slik at en ivaretar både variasjoner i tilførselen fra breelvene og virkningene av tidligere uttak (kfr Figur 5).

De problem som er identifisert ved de vurderte kulvertkrysningene indikerer sannsynligheten for at nødvendige vassdragstekniske vurderinger heller ikke er utført for vegkrysninger lenger opp i vassdraget. Vi anbefaler derfor at også oppstrøms vegkrysninger vurderes og evt forbedres.

Figur 12 illustrerer de flomsikringstiltak vi anbefaler gjennomført mot Elveslettaområdet.



Figur 12 Anbefalte flomsikringstiltak mot Elvesletta

8 KOSTNADSOVERSLAG

Vi har utarbeidet veiledende kostnadsoverslag for de tre alternativene beskrevet i kap. 6 samt noe av tilleggsarbeidet nevnt i kap. 7. Vi vil bemerke at det er relativt stor usikkerhet knyttet til overslagene som er basert på innhentede/vurderte priser på materiell inkl. sprengt stein, erfaringsdata fra Longyearbyen vedr. årlige driftsoperasjoner samt omtrentlige markedspriser på fastlands-Norge for gjennomføring av anleggsarbeid knyttet til flomsikringstiltak.

8.1 Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold

Årlige driftsoperasjoner
årlige utgifter, 500 000,- tidshorisont 40 år, rente 7 %

500 000,- x 13,33		6 665 000,-
SUM nåverdi av årlige driftsoperasjoner, avrundet	kr	6 650 000,-
TOTALE KOSTNADER ALTERNATIV 1,	**kr**	**6 650 000,-**

Anbefalt tilleggsarbeid, høy prioritet

* Nye bruer (subsidiært kulverter) ved Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannledningsdalen. Kostnader 1 - 15 mill. kr.
* Terskler ved vegkrysninger. Kostnader 0,5 - 1,5 mill. kr.
* Bunnterskler. Kostnader 0,7 - 1,2 mill. kr.
* Kontrollert masseuttak oppe i Longyeardalen.
* Overvåkings- og beredskapssystem ved flomsituasjoner.

Mulig tilleggsarbeid, lav prioritet

* Vurdering og evt utbedring av vegkrysninger oppstrøms Museumsvegen.

8.2 Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein

Årlige driftsoperasjoner

årlige utgifter, 50 000,- tidshorisont 40 år, rente 7 %

50 000,- x 13,33			666 500,-
SUM nåverdi av årlige driftsoperasjoner, avrundet		kr	650 000,-

Permanent sikring

Riggkostnader			1 000 000,-
Skråningsvern			7 064 000,-
sprengt stein	*1 600 lm a 10 pam3*	*a kr 350,-*	*5 600 000,-*
graving	*1 600 lm a 5 fm3*	*a kr 15,-*	*120 000,-*
isolasjon	*1 600 lm a 8 m2/m*	*a kr 105,-*	*1 344 000,-*
Bunnterskler			1 168 000,-
sprengt stein	*2 stk a 1 600 pam3*	*a kr 350,-*	*1 120 000,-*
graving	*3 200 fm3*	*a kr 15,-*	*48 000,-*
Terskler ved vegkrysninger			1 314 000,-
sprengt stein	*3 stk a 1 200 pam3*	*a kr 350,-*	*1 260 000,-*
graving	*3 600 fm3*	*a kr 15,-*	*54 000,-*
Div. uforutsett, prisstigning, 10 %		av kr 10 546 000,-	1 050 000,-
SUM permanent sikring, avrundet		kr	11 600 000,-
TOTALE KOSTNADER ALTERNATIV 2,		**kr**	**12 250 000,-**

Anbefalt tilleggsarbeid, høy prioritet

* Nye bruer (subsidiært kulverter) ved Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannledningsdalen. Kostnader 1 - 15 mill. kr.

* Kontrollert masseuttak oppe i Longyeardalen.

Mulig tilleggsarbeid, lav prioritet

* Vurdering og evt utbedring av vegkrysninger oppstrøms Museumsvegen.

8.3 Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser

Årlige driftsoperasjoner

årlige utgifter, 50 000,- tidshorisont 40 år, rente 7 %

50 000,- x 13,33			666 500,-
SUM nåverdi av årlige driftsoperasjoner, avrundet		kr	650 000,-

Permanent sikring

Riggkostnader			800 000,-
Skråningsvern			6 737 600,-
gabionmadr.	*1 600 lm a 16m2/m*	*a kr 176,-*	*4 505 600,-*
gabionarbeid	*1 600 lm a 16m2/m*	*a kr 30,-*	*768 000,-*
graving	*1 600 lm a 5 fm3*	*a kr 15,-*	*120 000,-*
isolasjon	*1 600 lm a 8 m2/m*	*a kr 105,-*	*1 344 000,-*
Bunnterskler			707 200,-
gabionmadr.	*2 stk a 1 600 m2*	*a kr 176,-*	*563 200,-*
gabionarbeid	*3 200 m2*	*a kr 30,-*	*96 000,-*
graving	*3 200 fm3*	*a kr 15,-*	*48 000,-*
Terskler ved vegkrysninger			476 400,-
gabionmadr.	*3 stk a 800 m2*	*a kr 176,-*	*422 400,-*
graving	*3 600 fm3*	*a kr 15,-*	*54 000,-*
Div. uforutsett, prisstigning, 10 %		av kr 8 721 200,-	870 000,-
SUM permanent sikring, avrundet		kr	9 600 000,-
TOTALE KOSTNADER ALTERNATIV 3,		**kr**	**10 250 000,-**

Anbefalt tilleggsarbeid, høy prioritet

* Nye bruer (subsidiært kulverter) ved Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannledningsdalen. Kostnader 1 - 15 mill. kr.

* Kontrollert masseuttak oppe i Longyeardalen.

Mulig tilleggsarbeid, lav prioritet

* Vurdering og evt utbedring av vegkrysninger oppstrøms Museumsvegen.

9 KONKLUSJON

NVE har i prosjektet foretatt vassdragstekniske vurderinger som grunnlag for anbefaling av hvordan Elvesletta vil kunne utnyttes som et fremtidig utbyggingsområde i Longyearbyen. Vi har med utgangspunkt i tilgjengelig grunnlagsmateriale, definerte dimensjoneringskriterier samt vurderinger av de spesielle stedlige forhold og prosesser foretatt vassdragstekniske vurderinger av tre alternative konsept for flomsikringstiltak. Disse er:

* Alt. 1, Tilpasning av utbygging til naturlige forhold.

* Alt. 2, Konvensjonell flomsikring med sprengt stein.

* Alt. 3, Alternativ flomsikring med gabionmadrasser.

Vi mener at alternativ 3, "alternativ" flomsikring med gabionmadrasser utgjør den beste løsning for flomsikring av Elvesletta. Sikringsmetoden er beskrevet i avsnitt 6.4., og totalkostnadene for en sikring i hht dette alternativ er beregnet til ca 10,3 mill. kr. I tillegg til de sikringsarbeider vi har inkludert i selve sikringskonseptet anbefaler vi at følgende supplerende sikringsarbeid utføres/vurderes:

- Nye bruer (subsidiært kulverter) ved Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannlednigsdalen.
- Kontrollert masseuttak oppe i Longyeardalen.
- Vurdering og evt utbedring av vegkrysning oppstrøms Museumsvegen.

En konvensjonell flomsikring med sprengt stein (alternativ 2, beskrevet i avsn. 6.3) vurderes som en teknisk dårligere løsning enn sikring med gabionmadrasser. Totalkostnadene er også høyere (beregnet til ca 12,3 mill. kr). Anbefalte tilleggsarbeid er sammenfallende for alternativ nr 2 og 3.

Vi synes ideen bak en utbygging av Elvesletta der bebygelsen skal tilpasses flomfor-holdene (og ikke motsatt) er spennende (alternativ 1, beskrevet i avsn. 6.2). Risikoen ved å anbefale en slik løsning er imidlertid etter vår vurdering høy. Hvorvidt en slik utbygging vil kunne realiseres utfra krav til fundamenteringsprinsipper, utbyggingsmetode samt akseptabelt risikonivå for brukerne av Elveslettaområdet inngår imidlertid ikke de vassdragstekniske vurderingene i dette delprosjektet. Totalkostnadene med dette alternativ er beregnet til ca 6,7 mill. kr). Utbyggingskonseptet vil stille krav til mer omfattende tilleggsarbeid enn for de øvrige alternativ. Nødvendige tilleggsarbeid er etter vår vurdering:

- Nye bruer (subsidiært kulverter) ved Museumsvegen, Melkevegen samt Elv fra Vannlednigsdalen.
- Terskler ved vegkrysninger.
- Bunnterskler.
- Kontrollert masseuttak oppe i Longyeardalen.
- Overvåkings- og beredskapssystem ved flomsituasjoner.
- Vurdering og evt utbedring av vegkrysninger oppstrøms Museumsvegen.

10 REFERANSER

/Ref 1/ *Arealplan for Longyearbyen*, Svalbard Samfunnsdrift AS, 1995.

/Ref 2/ R. Sværd:
Longyearbyen - Elvesletta, preliminær flomberegning, Norges Vassdrags- og Energiverk, Rapport nr 07, 26 sider, 1996.

/Ref 3/ G.H. Johnston:
PERMAFROST, Engineering Design and Construction, National Research Council of Canada, Associate Committee on Geotechnical Research, Permafrost, Bibliography, 483 pp, 1981.

/Ref 4/ K.A. Hoseth, J.T. Berg and G. Horrigmoe:
Uniaxial Compressive Strength of Ice, Data from the Barents Sea and Fram Strait, , Norut Technology Ltd, Narvik, Report 103 pp., 1991.

/Ref 5/ D.E. Lawson:
Erosion of perennially frozen streambanks, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Report 83-29, 26 pp, 1983.

/Ref 6/ L.W. Gatto:
Soil Freeze-Thaw Effects on Bank Erodibility and Stability, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Report 95-24, 24 pp, 1995.

/Ref 7/ B.H. Wang, S.R. Bredthauer and E.A. Marchegiani:
Design Problems in Gravel-bed Rivers, Alaska, Sediment Transport in Gravel-bed Rivers, pp. 869 - 894, John Wiley & Sons Ltd., 1987.

/Ref 8/ United States Army Corps of Engineers, Alaska District:
Bank Stabilization Bethel, Alaska, Report, 1981.

/Ref 9/ D.N. Outhet:
Bank Erosion in the Southern Mackenzie River Delta, Nortwest Territories, Canada, MSc thesis, University of Alberta, 1974.

/Ref 10/ M.J. Miles:
Coastal and Riverbank Stability on Banks Island, N.W.T., Canada, 3rd National Hydrotechnical Conference, Proceedings, pp. 972 - 991, 1977.

/Ref 11/ F.H. Sayles:
Embankment dams on permafrost, US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL Report 87-11, 29 pp, 1987.

/Ref 12/ E. Kummeneje og I. Øvereng:
Forbygging mot Longyearelva, Spitsbergen, Svalbard, Norges Vassdrags- og Energiverk, plan nr 8195, 6. sider, 1989.

/Ref 13/ S. Husebye, J. Bogen, A.K. Helgestad og L.E. Pettersson:
Miljøkonsekvenser av veiutbygging mellom Longyearbyen og Svea: avrenning, erosjon og landskap, Norges Vassdrags- og Energiverk, Publikasjon nr. 19,40 sider, 1993.

/Ref 14/ O. Gregersen:
Elvesletta, Longyearbyen, Grunnundersøkelser, Norges Geotekniske Institutt, rapport nr. 950080-1, 1995.

/Ref 15/ Boss Corporation:
Boss HEC-2 Users Manual, 1988-1992.

/Ref 16/ A. Berg, T. Lunde og G. Mosevoll:
Flomberegning og kulvertdimensjonering, SINTEF NHL, rapport nr. STF60 A92101, 89 sider, 1992.

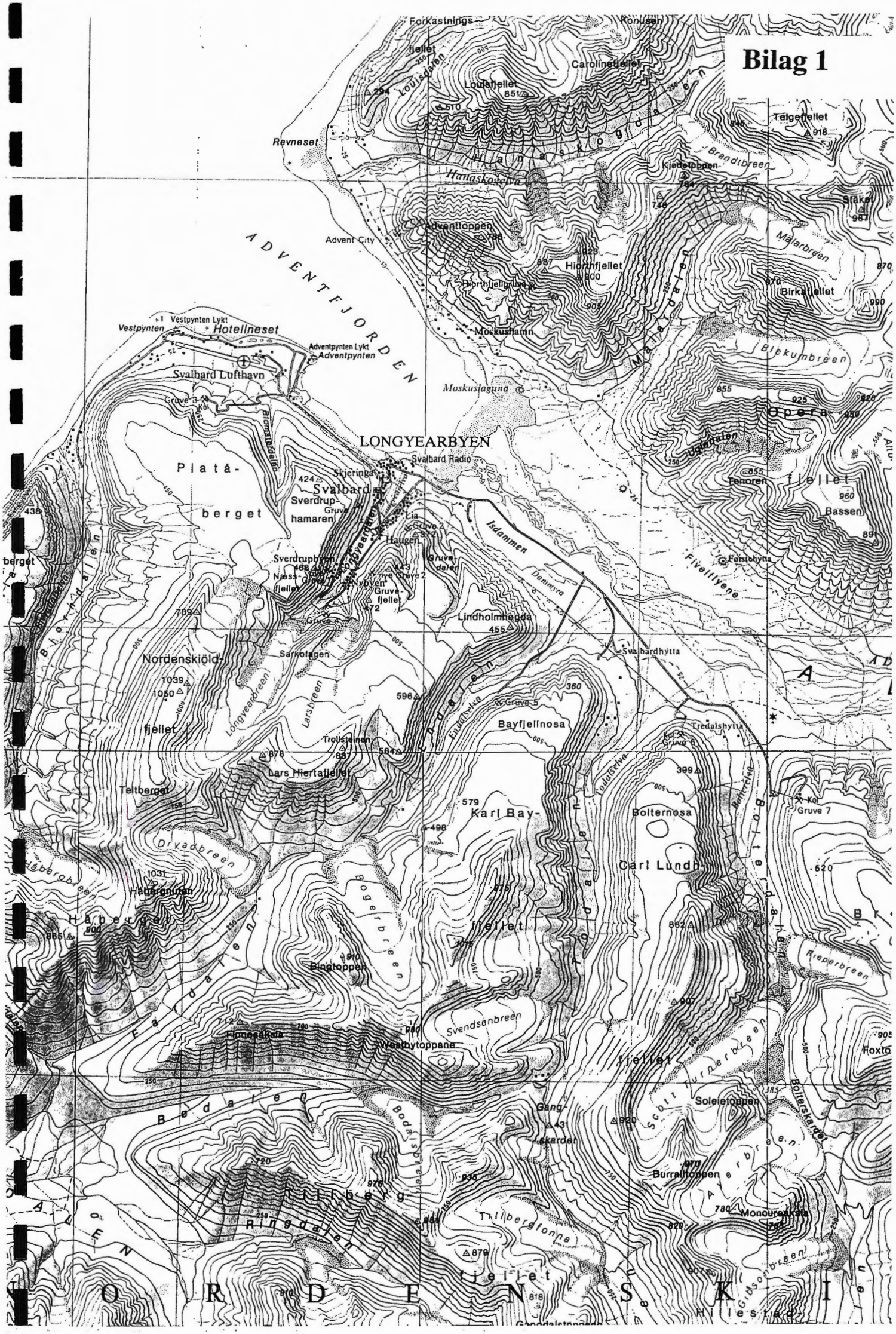
/Ref 17/ C.H. Støvring:
Boligbebyggelse på Elvesletta, Longyearbyen, prosjektoppgave, Svalbardkurset, Arkitekthøgskolen i Oslo, høst, 1995.

/Ref 18/ Enreco:
Twil Weldmesh, gabioner og steinkurvmadrasser, brosjyre, 4 sider, Stjørdal, 1995.

Bilag 1

Kartutsnitt, Adventdalen og Svalbard,
© Norsk Polarinstitutt

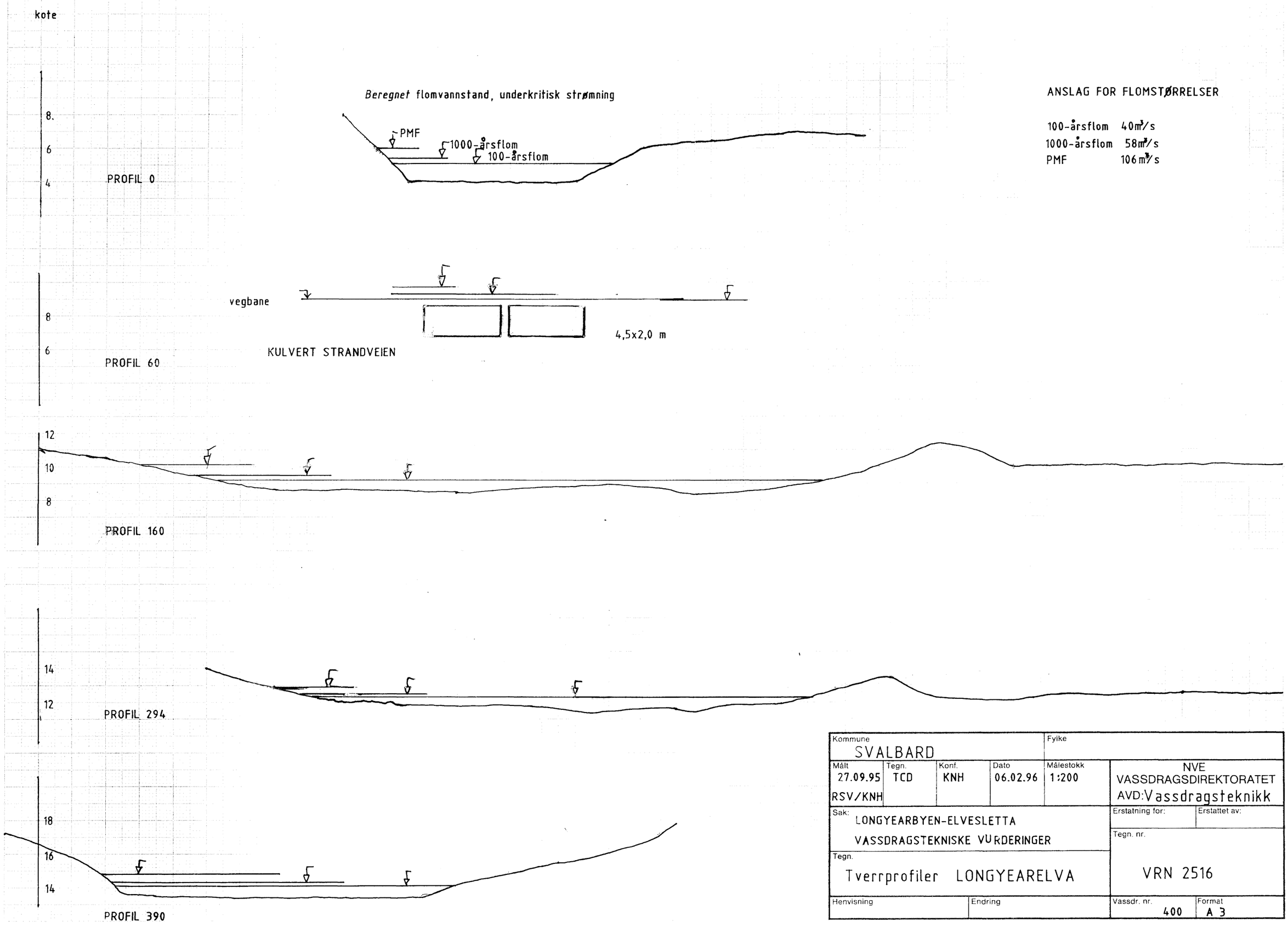
Bilag 1



Forkastnings-
fjellet
Louisdalen
Louisfjellet
Carolinefjellet
Konusen
Revneset
Hanaskogdalen
Hanaskogelva
Kjedetoppen
Brandtbreen
Telgefjellet
Stäket
Adventtoppen
Advent City
ADVENTFJORDEN
Hiorthfjellet
Hiorthfjellgruve
Malarbreen
Birkafjellet
Moskusflamn
Moskuslaguna
Blekumbreen
Vestpynten Lykt
Vestpynten
Hotellneset
Adventpynten Lykt
Adventpynten
Svalbard Lufthavn
Gruve 3
Kol
Blomstadalen
LONGYEARBYEN
Svalbard Radio
Skjeringa
Svalbard
Sverdrup-
hamaren
Platå-
berget
Isdammen
Opera-
fjellet
Tenoren
Bassen
Haugen
Gruve 2
Sverdrupbyen
Næss-
fjellet
Nybyen
Gruve-
fjellet
Gruve-
dalen
Dammyra
Fivelflyene
Lindholmhøgda
Svalbardhytta
Nordenskiöld-
fjellet
Sarkofagen
Longyearbreen
Larsbreen
Endalselva
Bayfjellnosa
Tredalshytta
Kol
Gruve 6
Trollsteinen
Lars Hiertafjellet
Teltberget
Karl Bay-
fjellet
Todalselva
Bolternosa
Carl Lundh-
fjellet
Kol
Gruve 7
Bolterdalen
Dryadbreen
Håbergbreen
Hågergnuten
Håberget
Bogerbreen
Bingtoppen
Fardalen
Svendsenbreen
Finnesaksla
Westbytoppane
Rieperbreen
Scott Turnerbreen
Soleietoppen
Bolterskardet
Gang-
skardet
Bodalen
Bodalsbreen
Burralltoppen
Ayerbreen
Monoureaksla
Tillberg-
fjellet
Ringdalen
Tillbergfonna
Gibsonbreen
Hillestad
NORDENSKI

Bilag 2

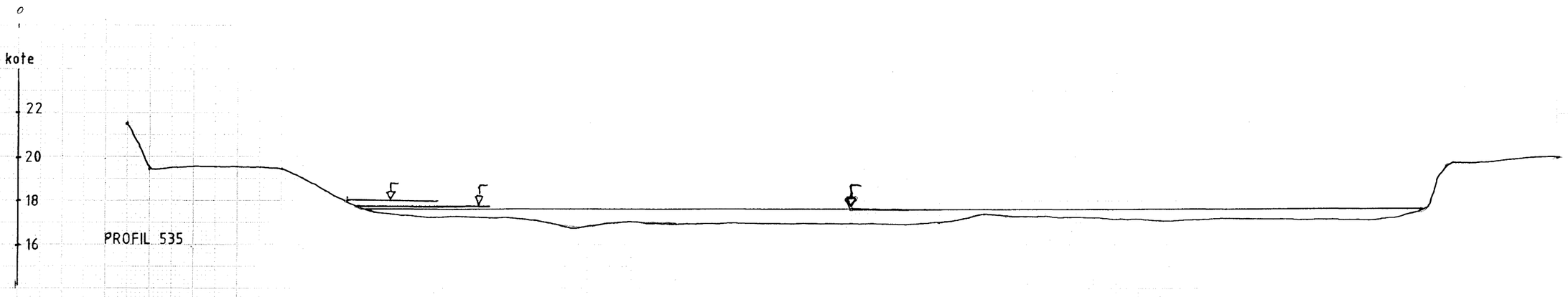
Tverrprofiler Longyearelva

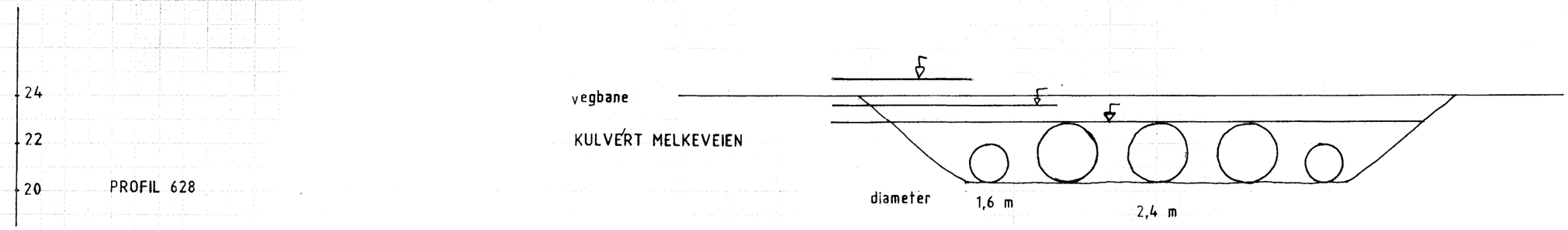


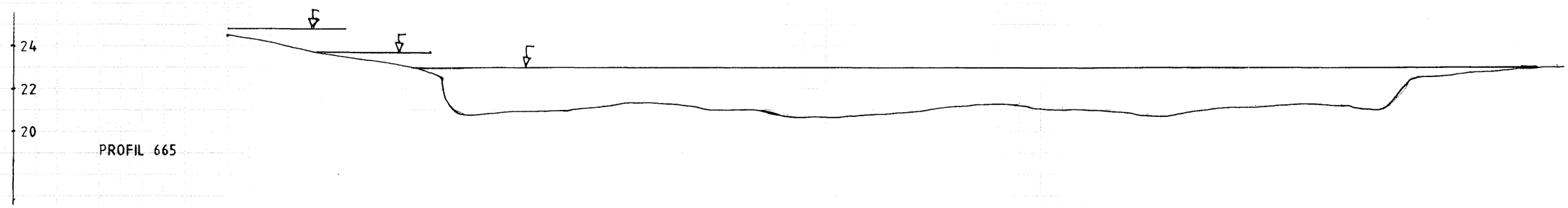
ANSLAG FOR FLOMSTØRRELSER

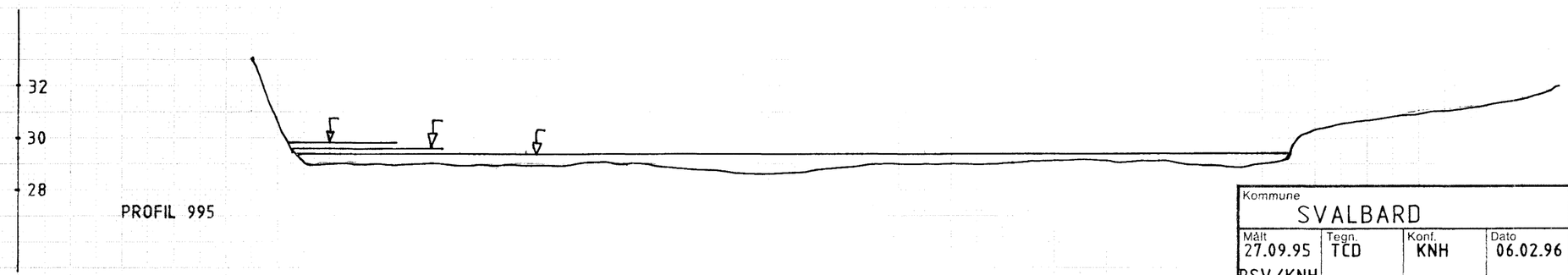
100-årsflom	40m³/s
1000-årsflom	58m³/s
PMF	106m³/s

Kommune: SVALBARD				Fylke	
Målt: 27.09.95 RSV/KNH	Tegn: TCD	Konf: KNH	Dato: 06.02.96	Målestokk: 1:200	NVE VASSDRAGSDIREKTORATET AVD: Vassdragsteknikk
Sak: LONGYEARBYEN-ELVESLETTA VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER					Erstatning for: / Erstattet av:
Tegn. Tverrprofiler LONGYEARELVA					Tegn. nr. VRN 2516
Henvisning		Endring			Vassdr. nr. 400 / Format A 3

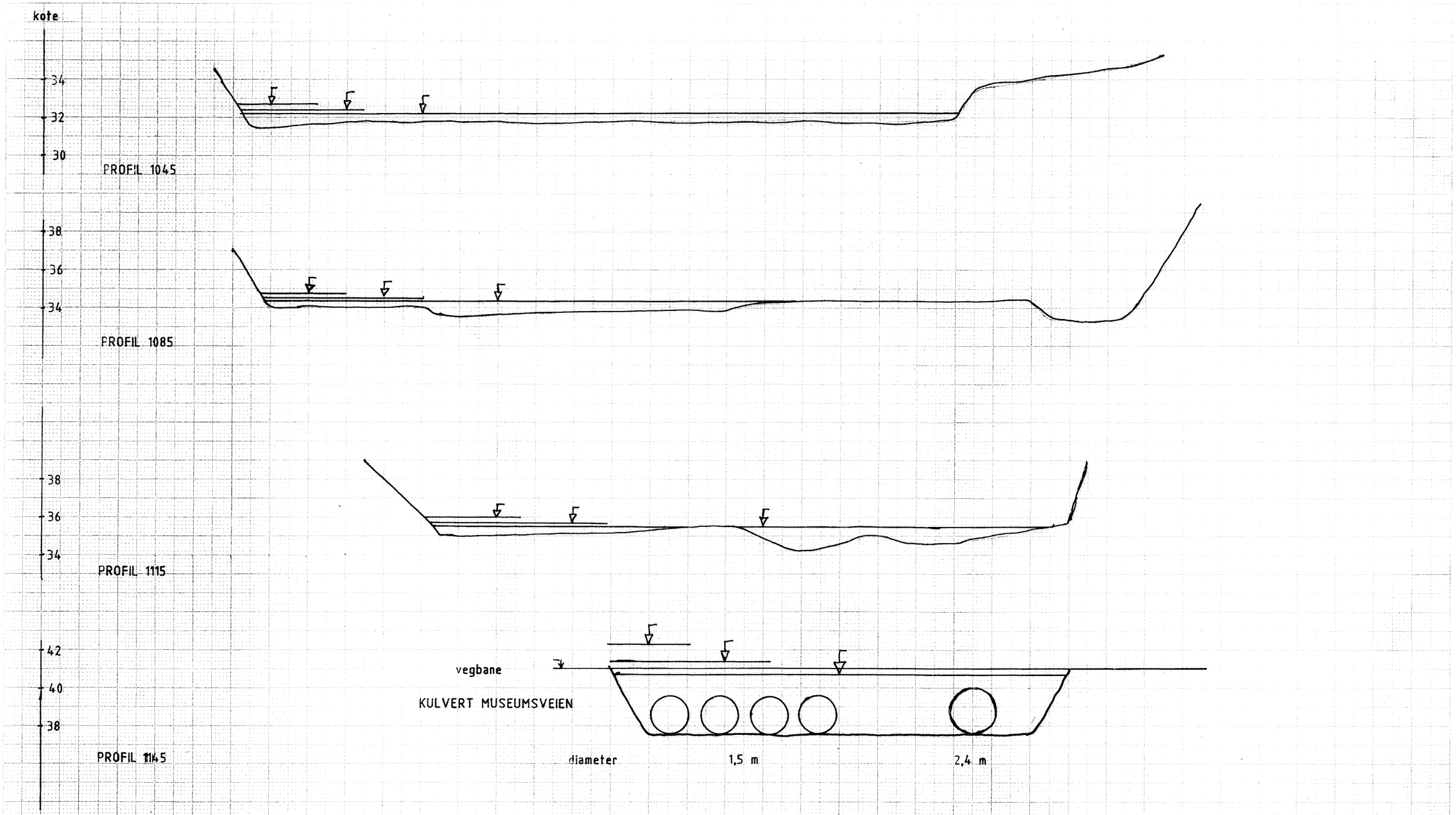








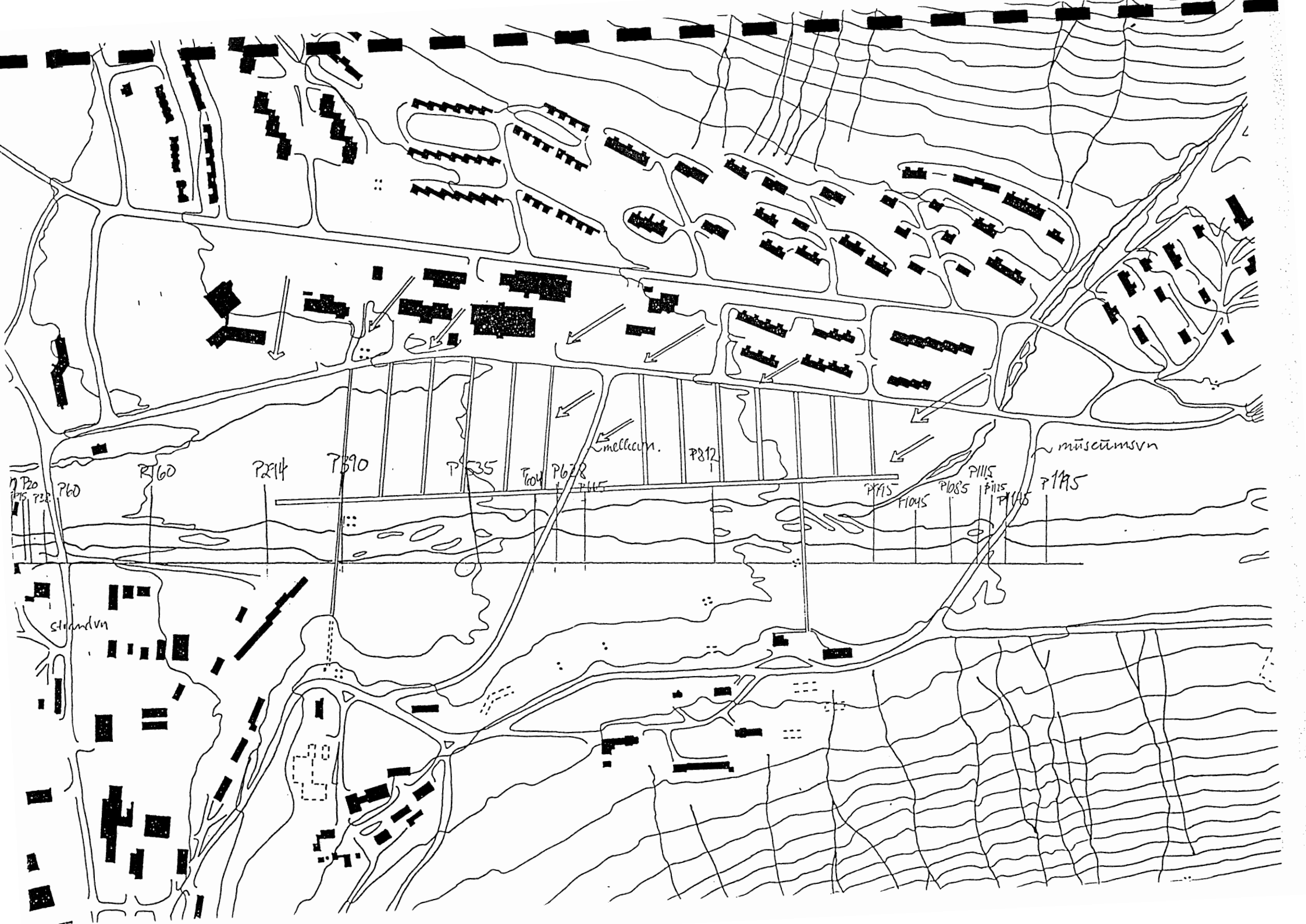
Kommune: SVALBARD				Fylke:	
Målt: 27.09.95 RSV/KNH	Tegn.: TCD	Konf.: KNH	Dato: 06.02.96	Målestokk: 1:200	NVE VASSDRAGSDIREKTORATET AVD: Vassdragsteknikk
Sak: LONGYEARBYEN-ELVESLETTA VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER					Erstatning for: / Erstattet av:
Tegn.: Tverrprofiler LONGYEARELVA					Tegn. nr.: VRN 2517
Henvisning		Endring			Vassdr. nr.: 400 / Format: A 3

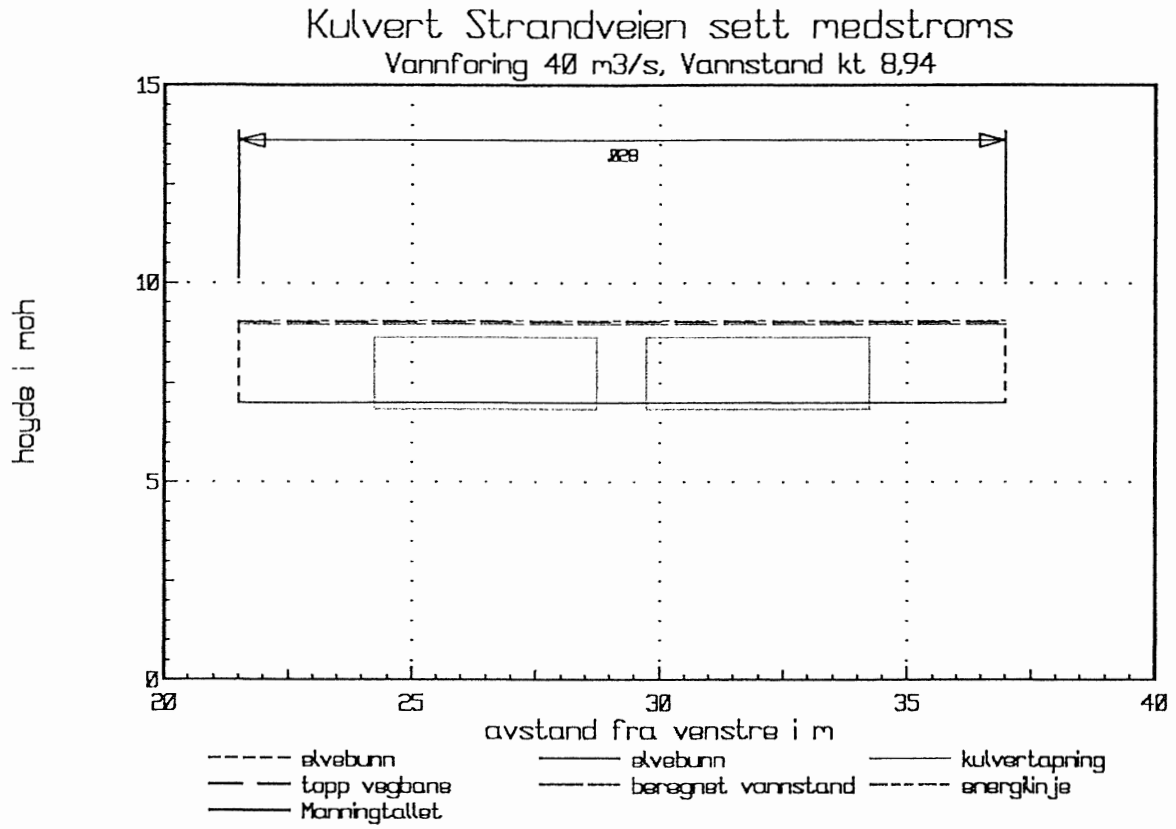


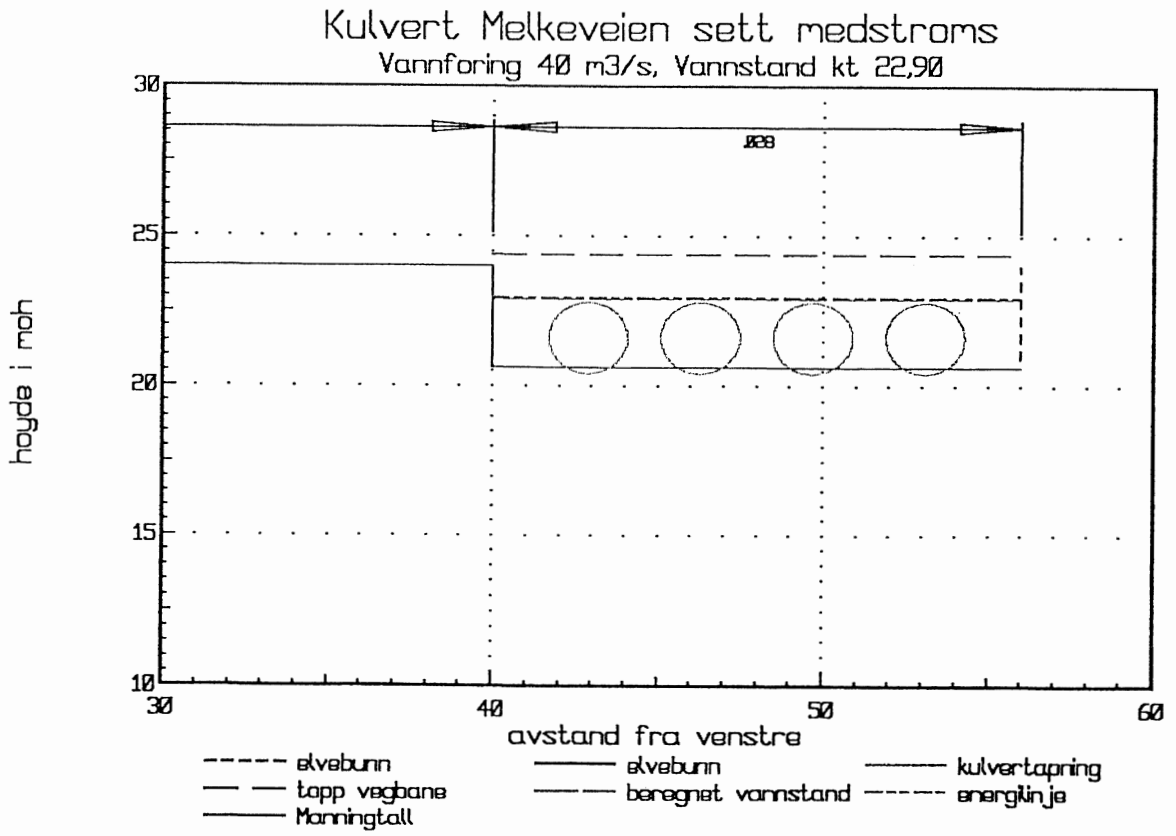
Kommune: SVALBARD				Fylke:	
Målt: 27.09.95 RSV/KNH	Tegn.: TCD	Konf.: KNH	Dato: 06.02.96	Målestokk: 1:200	NVE VASSDRAGSDIREKTORATET AVD: Vassdragsteknikk
Sak: LONGYEARBYEN-ELVESLETTA VASSDRAGSTEKNISKE VURDERINGER					Erstatning for: / Erstattet av:
Tegn.: Tverrprofiler LONGYEARELVA					Tegn. nr.: VRN 2518
Henvisning		Endring		Vassdr. nr.: 400	Format: A 3

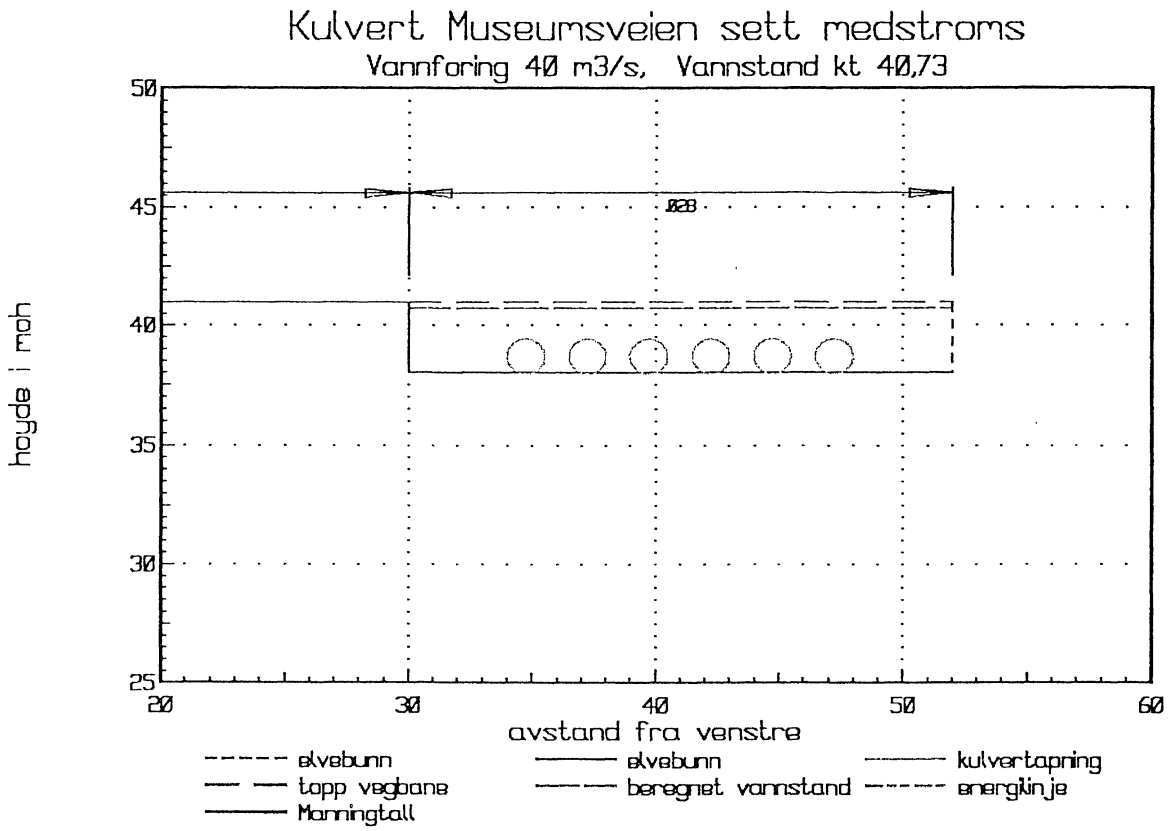
Bilag 3

Vannlinjeberegninger HEC-2


P20
P60
P160
P214
P390
P535
P604
P628
P812
P1045
P1085
P1115
P1125
P1145
P1195
museumsvn
strandvn

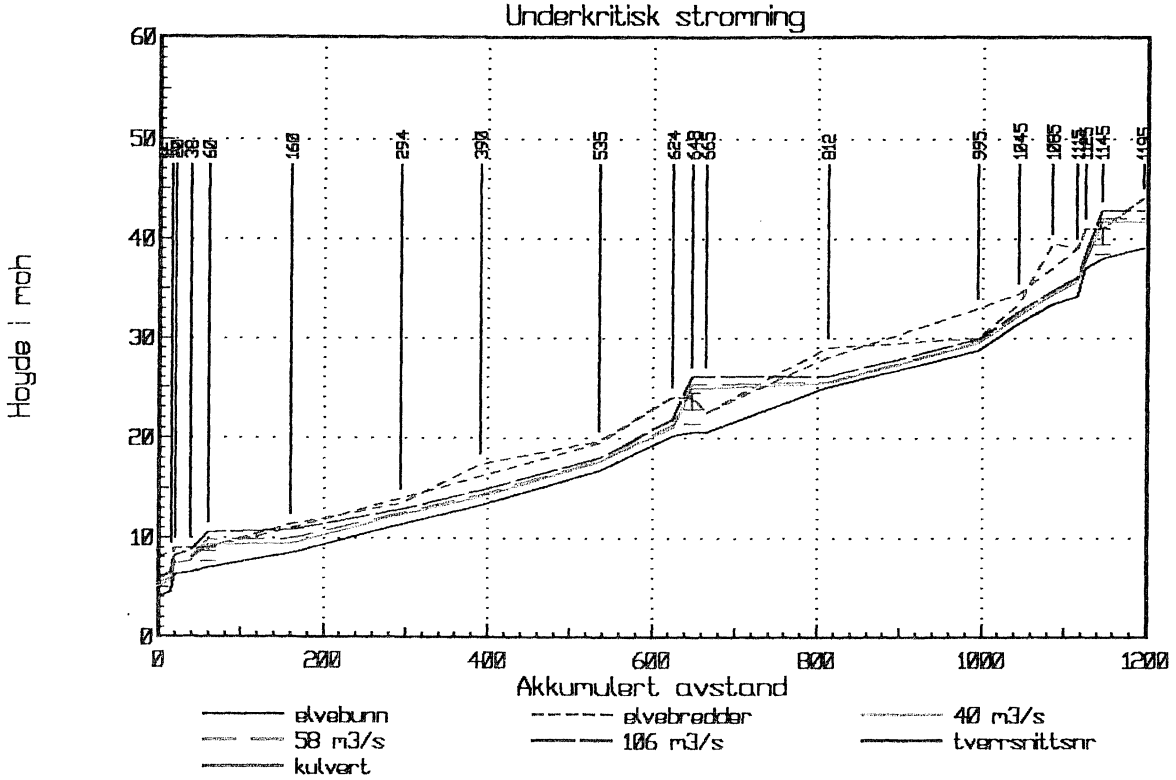

Kulvert Strandveien sett medstroms
Vannforing 40 m3/s, Vannstand kt 8,94
Ø28
hayde i moh
avstand fra venstre i m
elvebunn
topp vegbane
Manningtallet
elvebunn
beregnet vannstand
kulvertapning
energilinje


Kulvert Melkeveien sett medstroms
Vannforing 40 m3/s, Vannstand kt 22,90
Ø28
hayde i moh
avstand fra venstre
elvebunn
topp vegbane
Manningtall
elvebunn
beregnet vannstand
kulvertapning
energilinje


Kulvert Museumsveien sett medstroms
Vannforing 40 m3/s, Vannstand kt 40,73
50
45
40
35
30
25
20
30
40
50
60
hoyde i moh
avstand fra venstre
elvebunn
topp vegbane
Manningtall
elvebunn
beregnet vannstand
kulvertapning
energilinje

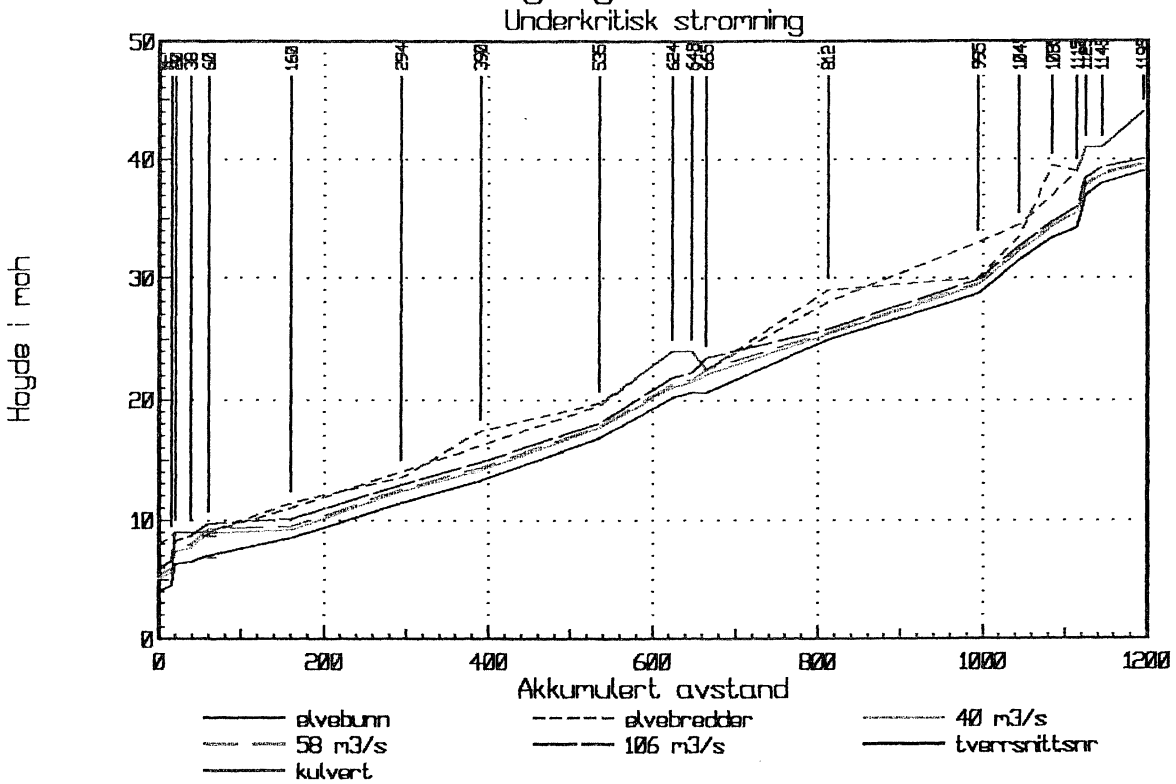
Beregningsalternativ 2

Underkritisk stromning



Beregningsalternativ 4

Underkritisk stromning



Denne serie utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 OSLO

I 1996 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

Nr 1 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Forbedring av ekstrapolasjonsrutinen i KOFOT. (31 s)

Nr 2 Sylvia Smith-Meyer og Truls Erik Bønsnes: Erosjonsutsatte områder langs Sogna, Gardermoen. Fotoregistrering 20.-22.nov. 1995. (89 s.)

Nr 3 Leif J. Bogetveit: Flomvannstander Sarpsfossen-Rakkestadelva juni-95, (002.A0). (10 s.)

Nr 4 Heidrun Kårstein: Sluttrapport for grunnvannsundersøkelser i Jostedalen. (24 s.)

Nr 5 Bjarne Kjøllmoen: Massebalansemålinger. Storsteinsfjellbreen (173.AB6Z) 1991-95. Sluttrapport. (23 s.)

Nr 6 Ingjerd Haddeland: Beregning av flomvannstand ved Åmot bru. (9 s.)

Nr 7 Roger Sværd: Longyearbyen - Elvesletta. Preliminær flomberegning. (26 s.)

Nr 8 Knut Aune Hoseth (red.) og Tuva Cathrine Daae: Longyearbyen - Elvesletta. Vassdragstekniske vurderinger (34 s.)