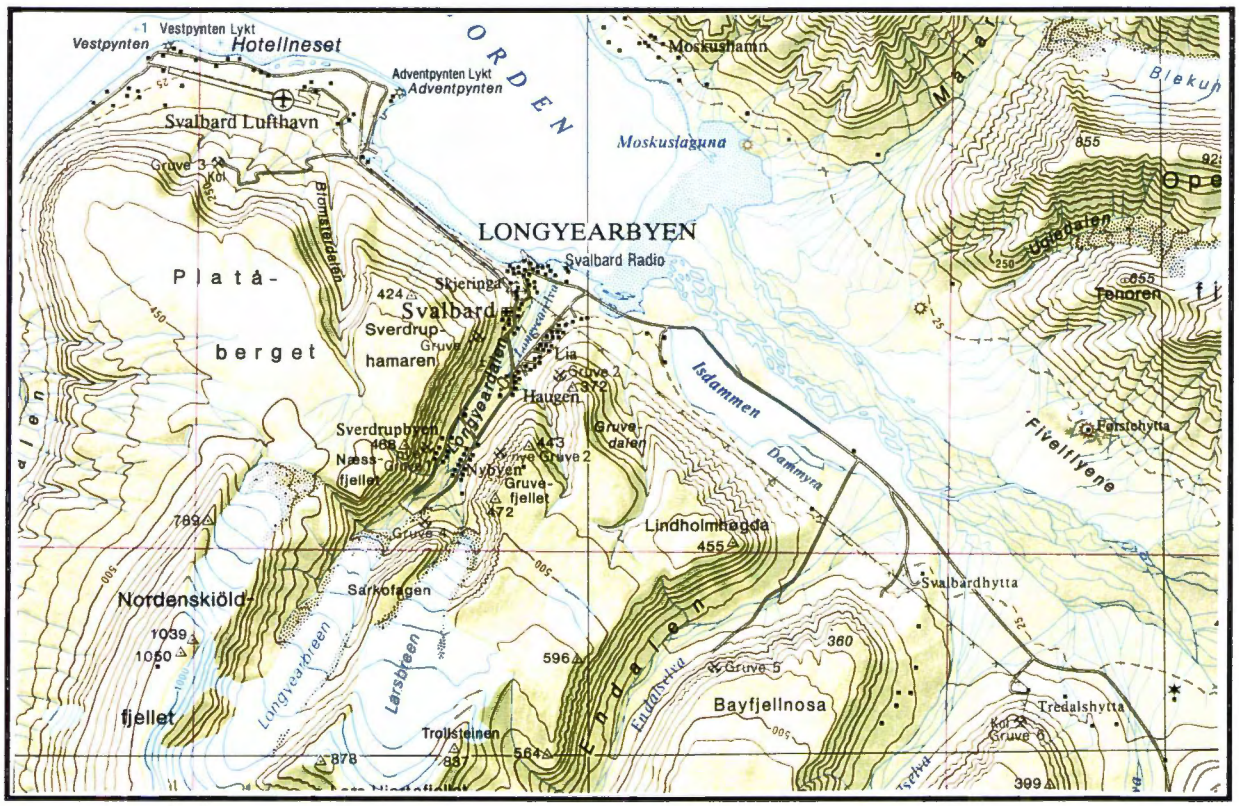
RAPPORT

07 1996

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Roger Sværd

LONGYEARBYEN - ELVESLETTA
PRELIMINÆR FLOMBEREGNING



NVE REGION NORD

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL LONGYEARBYEN - ELVESLETTA PRELIMINÆR FLOMBEREGNING Vassdrag nr. 400.	**RAPPORT** Nr 07 1996
SAKSBEHANDLER Roger Sværd NVE Region Nord	DATO 27. februar 1996 RAPPORTEN ER Begrenset
OPPDRAGSGIVER SVALBARD SAMFUNNSDRIFT AS v/ Ole I. Reistad Postboks 475 9170 LONGYEARBYEN	OPPLAG 20

SAMMENDRAG

Rapporten beskriver metoder og beregninger som ligger til grunn for en preliminær bestemmelse av dimensjonerende flommer i Longyearelva. Flomberegningen er utført for å kunne dimensjonere sikringstiltak for infrastruktur og en eventuell ny bebyggelse på Elvesletta mellom dagens sentrumsarealer og elva.

Resultater og konklusjoner er vist i kap 2 og drøftet i kap 10. Det er viktig å være klar over at dimensjonerende flommer i Longyearelva på det nåværende tidspunkt ikke kan beregnes med større nøyaktighet enn angitt i kap 2.

Dersom en ønsker en mer nøyaktig flomberegning må det settes i gang målinger slik vi har beskrevet i kap 10.6. Det er av særlig viktighet at en samler inn data med fin tidsoppløsning.

EMNEORD/SUBJECT TERMS
Hydrologi
Permafrost
Flomberegning
Utbyggingsområde
Oppdragsrapport

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
Avd. direktør

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00

Postgiro: 0803 5052055

LONGYEARBYEN - SVALBARD
PRELIMINÆR FLOMBEREGNING

FORORD

Behovet for nye utbyggingsarealer i Longyearbyen på Svalbard er økende. I den anledning har Svalbard Samfunnsdrift AS kontaktet NVE Region Nord med forespørsel om hydrologiske og vassdragstekniske vurderinger av Elvesletta , som ligger mellom dagens sentrumsbebyggelse og Longyearelva.

Området må flomsikres for å sikre at en eventuell ny bydel ikke blir skadet av stor flom i vassdraget. NVE Region Nords prosjekter vil være en del av det grunnlagsmaterialet som er nødvendig for å evaluere utbyggingskostnadene for dette området. Oppdragsgiveren vil deretter foreta en vurdering mot andre aktuelle arealer.

Denne rapporten beskriver forutsetninger og beregninger som ligger til grunn for en preliminær fastsettelse av dimensjonerende flommer for Longyearelva. Det har vært nødvendig å gi beregningene en foreløpig status, da det under arbeidets gang viste seg at datagrunnlaget for en flomberegning i et så lite vassdrag på denne breddegrad var svakere enn forventet. På grunn av datagrunnlagets begrensede omfang må de beregnede flommer tilordnes en høy usikkerhet.

Rapporten er utarbeidet av Overingeniør Roger Sværd. Under arbeidets gang har vi hatt verdifull hjelp fra flere hold. Fra Svalbard har Rune Strand Ødegaard, ved UNIS, oversendt data fra en vannstandslogger som var i drift i Longyearelva sommeren 1995. Meteorologiassistent Ola Østvik har gitt oss informasjon om nedbør- og temperaturmålinger på Svalbard Lufthavn for 1995. Forhold omkring ekstremnedbøren har vært diskutert med Eirik Førland ved DNMI. Sissel Kruse Meyer ved biblioteket på HIN, Høyskolen i Narvik, har gitt oss verdifull bistand med å finne aktuell litteratur. Under arbeidet med rapporten har Kjell Repp og Lars Evan Pettersson ved NVE hydrologisk avdeling gitt verdifulle bidrag, disse to har også kvalitetssikret rapporten før endelig utsendelse.

Flommene som fremkommer under analysen viser seg å være sammenlignbare med flommer i brevassdrag på fastlandet, og i Bayelva på Spitsbergen. Men flomberegningene bør likevel gjentas når det om få år sannsynligvis foreligger et bedre datagrunnlag.

I forkant av denne rapporten er det gjennomført et prosjektmøte i Longyearbyen med befaring og oppmålinger i elveleiet og på det aktuelle arealet.

Oppdragsgiver er Svalbard Samfunnsdrift AS, Longyearbyen.

Oslo 27. februar 1996

Kjell Repp
Seksjonssjef
Seksjon for vannbalanse

INNHOLDSFORTEGNELSE

		Side
1.	INNLEDNING	1
2.	KONKLUSJONER	2
3.	BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	2
3.1	Geomorfologi	3
3.2	Nedbørfeltet	3
3.3	Klima	3
3.4	Avløpsregime	3
4.	LITTERATURSTUDIE	5
4.1	USA og Canada	5
4.2	Norge	5
4.3	Norden for øvrig	6
5.	GRUNNLAGSDATA	7
5.1	Klima, nedbør og temperatur	7
5.2	Avløpsmålinger på Svalbard	7
5.3	Avløpsmålinger i Longyearelva	7
5.4	Snømålinger	7
6.	BEREGNINGSMETODE	8
6.1	Avløpsmodell	8
6.2	Frekvensanalyser	8
7.	FLOMBEREGNINGER	10
7.1	Flomsesonger og flomtyper	10
7.2	Terrengparametre	10
7.3	Høydefordeling	11
7.4	Snøfordeling og snøsmelting	11
7.5	Modellparametre	12
7.6	Nedbør og temperatur	12
7.7	Kalibrering av modelen	14
7.8	Simuleringer	14
8.	KLIMAENDRINGER	16

9. MASSETRANSPORT 18

10. DRØFTING AV RESULTATER 19

10.1 Flomstørrelser 19
10.2 Tidligere beregninger 21
10.3 Inngangsdata 21
10.4 Usikkerhet 22
10.5 Gjentaksintervall og risiko 22
10.6 Videre arbeid 23

11. REFERANSER 24

1 INNLEDNING

Det har i de senere årene vært en betydelig byggevirksomhet i Longyearbyen. Presset på egnede arealer har økt. Svalbard Samfunnsdrift ønsker i den sammenheng å vurdere et nytt sentrumsareal, den såkalte Elvesletta. Dette området ligger mellom dagens sentrum og Longyear-elva. En utnyttelse av dette arealet vil, for det mest aktuelle alternativet, medføre at området må sikres mot erosjonsskader forårsaket av flomvannføringer og høye vannstander i elva. NVE Region Nord er engasjert for å gjøre hydrologiske og vassdragstekniske vurderinger i forbindelse med prosjektet.

Denne rapporten beskriver de vurderinger og beregninger som er lagt til grunn for en preliminær flomberegning for Longyearelva. Det har vist seg nødvendig å gi flomberegningen en foreløpig status på grunn av det sparsomme datagrunnlag en har i dette området av landet. Arbeidet med flomberegningen har vist at behovet for klima- og avløpsdata er stort.

Kap 2 beskriver våre konklusjoner når det gjelder flomberegningene. De vassdragstekniske konklusjoner er beskrevet i /Ref 24/.

Kap 3 gir en kort beskrivelse av vassdraget og de spesielle klimatiske og hydrologiske forhold man har. Kap 4 beskriver kort et informasjonssøk som ble gjennomført i forbindelse med prosjektet, og resultatene av dette.

Kap 5 og 6 beskriver grunnlagsdata og den beregningsmetode som ligger til grunn for våre konklusjoner. Kap 7 beskriver nøyere selve beregningsprosessen og da i særlig grad behandlingen av inngangsdata til modellen.

Kap 8 belyser eventuelle klimaendringers virkning på flomregimet. Det er gjort et forsøk på å angi hvordan flommer og gjentaksintervall kan bli endret under visse forutsetninger. Men det er ikke dokumentert av nordiske forskningsmiljøer at klimaet har endret seg signifikant til det verre med tanke på flomsituasjoner i arktiske strøk. Det samme gjelder fastlandet.

Kap 9 belyser tentativt massetransporten i vassdraget.

Kap 10 inneholder en drøfting av våre beregninger, en kvantifisering av usikkerheter knyttet til estimatene, samt en anbefaling for videre arbeid med datagrunnlag og beregninger som må foreligge for at flomberegninger med større nøyaktighet skal kunne utføres.

Kap 11 er en oversikt over den litteratur som ligger til grunn for denne analysen.

2 KONKLUSJONER

Resultatet av den preliminære flomberegningen for Longyearelva er vist i tabell 1. Tallene for vannføring må tilordnes en usikkerhet på ± 25 %.

Gjentaks-intervall	Flom, spissverdi		Flom, døgnmiddel	
År	m^3/s	l/skm^2	m^3/s	l/skm^2
2	20	870	10	440
100	40	1740	24	1040
1000	58	2522	32	1390
PMF	106	4609	53	2304

Tabell 1: Flom i Longyearelva som funksjon av gjentaksintervall.

I forbindelse med kapasitetsberegninger for kulvert over elva fra Vannledningsdalen er det foretatt en ren skalering av flomdata for hovedfeltet. Skaleringsfaktoren er satt lik forholdet mellom arealene. Feltarealet til Vannledningsdalen er ca 4.4 km^2. Skaleringsfaktoren blir da 0.2 for døgnmiddelflom. Forholdet mellom døgnmiddelflom og spissverdi er satt til den maksimale faktor som ble funnet i en analyse av dette forhold for vårflom på fastlandet 2.0 , /Ref 26/.

Gjentaks-intervall	Flom, spissverdi		Flom, døgnmiddel	
År	m^3/s	l/skm^2	m^3/s	l/skm^2
2	4	870	2	440
100	10	1740	4.8	1040
1000	13	2522	6.4	1390
PMF	22	4609	11	2304

Tabell 2: Flom i Vannledningsdalen som funksjon av gjentaksintervall.

3 BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Longyearbyen ligger i bunnen av Adventfjorden som er en grein av Isfjorden. Isfjorden er den største fjorden på Spitsbergen og ligger sentralt på øya. Adventdalen ligger i forlengelsen av Adventfjorden. Longyeardalen ender opp i bunnen av Adventfjorden, og dalens hovedakse ligger normalt på Adventdalen, i retning sør - sørvest mot nord - nordøst. Adventdalen begrenses av fjellene Platåberget, Nordenskiøldfjellet, Lars Hiertafjellet og Gruvefjellet. De høyeste toppene går opp i 1050 moh. /Ref 1/ og bilag 1 og 3.

Bebyggelsen i Longyearbyen er i dag spredt over hele dalføret. Den tidligste bosetning i nyere

tid ble anlagt ved bydelen som i dag heter Skjæringa. Herfra har "bysentret" flyttet seg først oppover dalen langs venstre elvebredd til området nord for "huset" ved Sverdrupbyen, over elva til Nybyen, og videre nedover langs høyre elvebredd til området hvor man i dag har den største konsentrasjonen av folk og hus, ved Lia og Haugen, se bilag 2.

Spitsbergen ligger midt mellom Norge og Nordpolen i et arktisk klima. På tross av den nordlige beliggenheten har Svalbard et mildere klima enn andre områder på tilsvarende breddegrad. Dette skyldes den samlede effekten av milde havstrømmer og luftstrømmer som når Svalbard fra sør. /Ref 2/ og bilag 3.

3.1 Geomorfologi

Innlandsisen som dekket Spitsbergen under siste istid har avsatt det morenematerialet man i dag finner i de større dalbunnene og i sidedaler til disse. I de mindre dalene er morenematerialet avsatt etter istiden, og videre omformet av erosjonsprossesser, /Ref 3/. Longyeardalen er preget av dette og dalbunnen har tydelige spor etter stor fluvial aktivitet. Denne fluviale aktiviteten er beskrevet i en rekke publikasjoner, ex /Ref 3, 4 og 22/.

3.2 Nedbørfeltet

Longyearelvas nedbørfelt er ca 23 km² stort /Ref 5/ og bilag 4. Dalbunnen består av ei elveslette sterkt preget av elvas gravinger. Elvesletta er i nedre del av dalføret ca 3-400 m bred, i øvre del av dalen ca 1-200 m bred. I feltet ligger det to store isbreer, Longyearbreen og Larsbreen. En tredje mindre bre som strekker seg fra Nordenskiøldfjellet ned mot Platåberget har avløp til Longyearelva og til Bjørndalen mot vest. Feltgrensen er på dette punkt noe usikker, ellers er den vel definert for hele feltet. Bredekningen er på ca 30 %, arealet utgjør ca 7 km².

Vassdragets høydefordeling, hypsografisk kurve, er vist i bilag 5. Høydefordelingen er vist for totalfeltet og bare brearealene, i hhv bilag 5.1 og 5.2.

3.3 Klima

Det mest særpregede trekk ved klimaet på Svalbard er den høye vintertemperaturen i forhold til breddegraden /Ref 4/. Vintrene er selvsagt kalde, men de milde luft- og havstrømmene fra sør gjør at området er unikt i arktisk sammenheng. Årsmiddeltemperatur for områder på samme breddegrad nord i Canada er hele 10°C lavere enn på Spitsbergen. Årsnedbøren i de samme strøkene er sammenlignbar med nedbøren i Longyearområdet, ca 200 mm. /Ref 16/. Dette er noe tørrere enn de tørreste områdene vi har på norsk fastland, eksempelvis Indre Troms og Finnmarksvidda.

Årsmiddeltemperaturen i Longyearområdet er på -6 til -7 °C. Det er bare juni, juli og august som har positive månedsmiddeltemperaturer. Nedbørsfordelingen er ekstrem idet 80 - 90 % av årsnedbøren faller som snø på vinteren, /Ref 6/.

3.4 Avløpsregime

Det strenge klimaet medfører en "hydrologi", eller et avløpsregime, som er vesensforskjellig fra

det vi har på fastlandet. Dette regimet, /Ref 7/, karakteriseres ved at avløpet skjer på sommeren fra smelteperioden starter i mai/juni til døgnmiddeltemperaturen går under 0°C i september/oktober. På vinteren er vassdragene frosne og uten vannføring. Det er bare rent unntaksvis at det kan være vannføring i elvene vinterstid. Dette skjer da i forbindelse med intense mildværsepisoder med betydelig nedbør i form av regnbyger. Dette skjedde i desember 1995 da månedssummen for nedbør var på 62 mm, hele 440% mer enn normalt for denne måned. Av denne nedbøren kom over 50 mm på bare ca 3 døgn, og 40 av disse på under to døgn (Ola Østvik, pers medd). Maksimal temperatur i denne situasjonen var hele +7°C. Dette er episoder som har skjedd flere av vintrene de siste årene. Slike situasjoner har øket i hyppighet (Repp, pers medd).

Avløpsforholdene ved start smelting om våren er beskrevet av flere forskere. Dette beskrives grundig i /Ref 19a og b/. Det som er av spesiell relevans for sikkerheten vedr flomsikring av Elvesletta er at den tidlige avrenning under flomstart kan skje i en situasjon der elva er full av bunnis og snøfonner. Bunnisen vil bidra til å heve vannlinjene ved at det aktive strømningstverrsnitt er innsnevret. Snøfonner kan gi høye vannlinjer av flere åpenbare årsaker. Pga vinddrift kan de være tettpakket og lite permeable, vannet må stige til betydelige høyder før gjennombruddet kommer. Når først en slik dam løsner kan flere brytes nedover i elva, med påfølgende kortvarige situasjoner med høye vannstander.

Det generelle avløpsmønsteret karakteriseres videre av den store masseføringen elvene kan ha under flomsituasjoner. Det er eksempler på at 80-90 % av årets bunntransporterte massevolum kan skje på en eller noen få store flomtopper, /Ref 11/. Stor massetransport kan være med på å gi oppstuvning med påfølgende høye vannlinjer.

4 LITTERATURSTUDIE

Beregningene og vurderingene i denne rapporten bygger på et sparsomt grunnlag når det gjelder nedbørforhold og avrenningsforhold. Som det fremgår av rapportens tittel har en valgt å kalle beregningene for "preliminære". Hovedårsaken til dette er at det ikke finnes et datagrunnlag på øygruppa som kan sammenlignes med det som vanligvis legges til grunn ved en flomberegning på fastlandet.

Det har derfor vært nødvendig å gjøre et forholdsvis grundig litteratursøk for å klarlegge hva som er utført av relevant FoU i land med aktiviteter i arktiske strøk.

I denne sammenheng er det benyttet ekstern assistanse fra biblioteket ved Høyskolen i Narvik (HIN). Det ble gjort søk i flere internasjonale og nasjonale databaser vedr litteratur innen geofaglig-relaterte emner i polare strøk.

Databaser/kilder/miljøer som ble brukt ved innhenting av informasjon:

- Bibsys-systemet. Oversikt over litteratur innen fag/forskningsmiljø i Norge.
- COLD. Internasjonal database over litteratur spesielt innen arktiske områder. Mye litteratur via denne basen ble hentet inn fra "US Army Cold Regions Resears and Engineering laboratory" (CRREL), Hanover, New Hampshire, USA.
- COMPENDEX. CD-ROM database over mer generell teknisk litteratur i form av tidsskrifter, artikler og rapporter, ikke spesielt rettet mot arktiske områder.

På hydrologisiden ble det ikke funnet mye litteratur via søkene. NVEs eget bibliotek ved Region Nord viste seg å inneholde det meste av det som har vært direkte relevant for de hydrologiske beregninger.

4.1 Forskning i USA og Canada

Det ble gjennomført endel studier av snøsmelting og flomforhold i nordområdene av USA og Canada tidlig på syttitallet i forbindelse med at det ble funnet drivverdige ressurser. Behovet for data for flommer i forbindelse med elvekrysninger ble stort. Det var få arbeider som omtalte flommer i småvassdrag med kontinuerlig permafrost og høyarktisk klima. Se ellers kap 11.

4.2 Forskning i Norge

Det har vært drevet hydrologiske målinger på Spitsbergen noen år. Kjell Repp, /Ref 11/, var pioneren når det gjelder avløpsmålinger. Han startet målinger i Bayelva ved Ny Ålesund i 1974 og drev stasjonen i ca 5 - 6 år. Senere har NVE Hydrologisk avdeling drevet målinger i samme vassdrag. Pr dags dato finnes det derfor en serie på ca 11 år i Bayelva. NVE ved Lasse Petterson har siden 1989 og frem til i dag startet opp ytterligere 6 målestasjoner. Den lengste serien av disse er De Geerdalen med 5 avløpsår.

I tillegg til avløpsmålingene foregår det for tiden en rekke prosjekter vedr innsamling av klimadata med fin tidsoppløsning på Spitsbergen, (Førland, pers medd). Men de fleste av disse er enten i en meget tidlig fase, eller data er upublisert, slik at det har vært lite relevant stoff å

finne for denne flomberegninga. Se ellers kap 11. Rapporter fra NVE, Norges Hydrodynamiske Laboratorier (NHL), og Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI), har vært til stor nytte. Flere artikler i tidsskriftet "Nordic Hydrology" har beskrevet div posjekter.

4.3 Forskning i Norden forøvrig

Også her gir artikler fra "Nordic Hydrology" en god oversikt over hva som skjer. Det er for det meste Danmarks aktiviteter på Grønland som kan kalles arktisk forskning i regi av de øvrige nordiske land. Se ellers kap 11.

5 GRUNNLAGSDATA

De grunnlagsdata som er brukt i denne rapporten er :

- Nedbørserier og temperaturserier fra Svalbard lufthavn og Longyearbyen /Ref 6/.
- Avløpsmålinger utført på Svalbard i regi av NVE Hydrologisk avdeling /Ref 7/.
- Snømålinger i Endalen og De Geerdalen utført av Inst for vassbygging på NTH /Ref 8/.
- Resultatene fra snøsmeltestudier i Endalen /Ref 9/.
- Avløpsmålinger i Longyearelva sommeren 1995 i regi av UNIS /Ref 10/.

5.1 Klima, nedbør og temperaturforhold

NVE får rutinemessig overført endel klimaserier fra Meteorologisk Institutt (MI). Disse lagres i vårt system og kan brukes av vårt programsystem for hydrologiske beregninger i HYDRA II.

Som grunnlag for våre vurderinger har vi brukt data fra stasjon 99840 Svalbard Lufthavn, for årene 1975 til 1995. Serier for døgnmiddelnedbør, døgnmiddeltemperatur, maksimums- og minimumstemperaturer er benyttet. I tillegg er det benyttet diverse data fra "Klimatologisk hurtigoversikt" for 1995, som utgis månedsvis av MI.

5.2 Avløpsmålinger på Svalbard

Avløpsmålingene på Svalbard er beskrevet av Repp, Petterson og Skretteberg i NVE, /Ref 7 , 10 og 11/. I denne analysen er det sett noe på data fra målestasjonene i De Geerdalen og i Bayelva ved Ny Ålesund.

5.3 Avløpsmålinger i Longyearelva

Sommeren 1995 ble det av UNIS startet en vannstandsmåling i Longyearelva. Målingene er i en meget tidlig startfase og lite data er bearbeidet annet enn en ren avlesning av loggerregistreringene. Som beskrevet senere er resultatene fra denne målingen trukket inn i analysen for å bedømme rent kvalitativt hvordan vår avløpsmodell går sammen med avløpsdataene. Bilag 9. Se også kapittel 7 og 10.

5.4 Snømålinger

Det er utført snømålinger i feltet til Endalen og De Geerdalen. Disse målingene ble utført som en del av en studie av vannbalansen i disse feltene, /Ref 8/. Målingene ble utført av John Tveit ved Institutt for vassbygging på NTH. Målingene gikk ut på å kartlegge snøfordelingen i nedslagsfeltene, midlere vannekvivalent og fordelingen av vannekvivalenten med høyden over havet.

6 BEREGNINGSMETODE

I en tidlig fase av dette prosjektet ble det vurdert å bruke HBV-modellen /Ref 13/. (Hydrologiska Byrån, Avdelning for Vattenbalans, Sveriges Meteorologiska och Hydrografiska Institut). Med denne ville det vært mulig å foreta en tilpasning slik at avløpsdataene fra et målt vassdrag kunne forklares med klimaserier. Planen var å utføre dette for de to lengste avløpsseriene, Bayelva og De Geerdalen. Slike modelltilpasninger ville kunne gitt oss begreper om et godt sett av modellparametre for disse to vassdragene. En videre bruk av disse settene for å simulere avløpsmønstret for Longyearelva var målet. Etter en nærmere gjennomgang av en tidligere modelltilpasning for serien i Bayelva utført av Norges Hydrodynamiske Laboratorium (NHL) i Trondheim /Ref 12/, ble dette beregningsopplegget skrinlagt.

Vi tror ikke at HBV-modellen er egnet til å beskrive avløpet på timebasis fra et felt på 23 km^2 med meget kort konsentrasjonstid, på bakgrunn av et parametersett som er framkommet ved simuleringer på døgnbasis i vesentlig større felter og med helt andre feltegenskaper enn Longyearelva. Sten Bergstrøm /Ref 23/ sier at " *selv om en modell er basert på den beste tilgjengelige kunnskap er det bare en kontroll av modelltilpasningen mot observerte data som gir grunnlag for en evaluering* ". Når det gjelder simulering av ekstremflommer er det spesielt viktig at modellen er kalibrert mot spissverdier. Vi har hverken klimaserier eller avløpsmålinger med aktuell tidsoppløsning for Longyearelva.

Disse momentene var viktigst da HBV-modellberegningene ble skrinlagt:

- Representativitetsproblemet.
- Ikke god tilpasning til flomtoppene.
- Longyearelvas konsentrasjonstid er lav. Bare 1 - 2 timer.
- Avløpsmålingene i Longyearelva er av så kort varighet, og inntil videre av så begrenset kvalitet et disse ikke ville gitt noe som helst grunnlag for en evaluering av resultater fra en simulering med en HBV-modell.

6.1 Avløpsmodell

Modellen PQRUT ble valgt for å estimere flommer som funksjon av gjentaksintervall. Modellen kan arbeide med et vilkårlig tidsintervall, og er en sterkt forenklet utgave av HBV-modellen. Modellen er definert som et kar med to utløp. Avløpet styres dermed av tre feltparametre, øvre og nedre tømmekonstant og en terskelverdi. Modellen er utførlig beskrevet i /Ref 14 og 17/.

Programmet beregner avløpet for flomepisoder basert på nedbør- og temperaturserier. Feltet beskrives med arealet, hypsografisk kurve samt feltparametre som styrer avrenningens tidsforløp. Snøfordelingen beskrives med aktuell vannekvivalent i intervallene som beskrives ved hypsografisk kurve. Snøsmeltingen styres av temperaturgradienten i feltet og en graddagsfaktor.

6.2 Frekvensanalyser

Dette er en metode som er obligatorisk når datagrunnlaget er godt. Flomberegninger på fastlandet er vanligvis forankret i frekvensanalyser av lange målte serier for avløp fra sammenlignbar natur i den aktuelle klimasone man arbeider i, /Ref 15/.

Seriene på Svalbard er av så kort varighet at det ikke er mulig å trekke konklusjoner på bakgrunn av disse. Og det er i hvertfall ikke mulig å trekke konklusjoner som er gyldige for Longyearelva.

Serien for Bayelva er forsøkt ekstrapolert til sjeldnere gjentaksintervall. Fordi serien er på bare 10 - 11 år settes klare begrensninger på tilpasningen av fordelingsfunksjoner. Resultatene kan bare være av orienterende art. Ut fra analyser av avløpsseriene i Bayelva og De Geerdalen er det ikke mulig å trekke konklusjoner gyldige for Longyearelva.

7 FLOMBEREGNINGER

Beregningene er som nevnt utført med modellen PQRUT, denne er utførlig beskrevet i /Ref 14 og 17/. De primære inngangsdata er nedbør, temperatur og snøfordeling. Simuleringene er utført med en tidsoppløsning på 1 time.

Nedbør med høye gjentaksintervall er beregnet etter en metode utviklet for norske forhold og beskrevet i forbindelse med prosjektet "Ekstreme nedbørverdier". Prosjektet ble initiert av Vassdragsregulantenes forening (VR) som VR-prosjekt A-168, og ble utført av Erik Førland m fl ved MI, se /Ref 18/.

Metoden vil med stor sannsynlighet gi for høye nedbørsintensiteter (Førland, pers medd), og må benyttes på Svalbard med alle forbehold. Vi har imidlertid holdt oss til denne metoden da den er godt innarbeidet som beregningsverktøy i alle deler av fastlands-Norge. Dessuten har en ikke alternativer på det nåværende tidspunkt.

Det eneste alternativet til denne beregningsmetoden er nedbørberegning på basis av frekvensanalyser av korttidsnedbør. I dag finnes det ikke korttids nedbørdata fra Svalbard. Det har heller ikke lyktes oss å finne publiserte data fra andre deler av Arktis.

7.1 Flomsesonger og flomtyper

I arktiske strøk er det to primære flomsituasjoner som bør vies oppmerksomhet /Ref 3 og 19/. Flommer vil primært oppstå under vårløsningen som en omfattende smelteflom fra et betydelig snømagasin evt kombinert med regnbyger. Sommerstid når det ordinære snømagasinet er smeltet av vil det kunne oppstå flommer med smelting på isbreer som den primære prosess kombinert med betydelig nedbør i form av byger.

Den førstnevnte situasjonen kan skje med betydelige mengder bunnis og snøfonner i elveløpene. Dette er et viktig aspekt å ha med i vurderingene med tanke på vannlinjehøyder for de ulike dimensjoneringsflommer. Flom i en elv med slike forhold vil kunne gi betydelig høyere vannstander enn en ryddig elv sommerstid med betydelig høyere vannføringer. Dette omtales nærmere senere i rapporten, og i delrapporten som omhandler vassdragstekniske vurderinger.

Som dimensjonerende situasjon har vi lagt til grunn en smelteflom fra et stort snømagasin på våren, kombinert med bygenedbør. Dette valg er gjort på bakgrunn av innledende simuleringer av denne og en smeltesituasjon på bare brearealet. Sistnevnte situasjon ga en mindre dramatisk flom, både som spissverdi og døgnmiddel, enn vårsituasjonen. En skal her være oppmerksom på at en i det datagrunnlag som foreligger ikke får med situasjonene med sterk sørlig og vestlig vind som bidrar til bresmeltingen med direkte varme.

7.2 Terrengparametre

Modellen krever tre modellparametre. Disse er funksjoner av terrengparametre og er beregnet iht reglene i /Ref 14 og 15/. Alle forhold rundt beregning av modellparametrene og diverse feltparametre som brukes i den forbindelse er nøye beskrevet i nevnte referanser, og vi går ikke nærmere inn på disse her. Inngangsdata til modellen fremgår av bilag 6 og 7.

Terrengparametrene er beregnet på bakgrunn av kart over området i målestokk 1 : 100 000 utgitt av Norsk Polarinstitutt (NP). Bilag 1 og /Ref 1/.

Feltets konsentrasjonstid er beregnet til ca 1 -2 timer. Dette innebærer at feltet har en rask reaksjon på nedbør i form av byger, eller i avløp som snøsmelting ved rask temperaturstigning eller vindøkning. Det finnes en rekke formler for konsentrasjonstiden som funksjon av andre feltparametre, vi har beregnet konsentrasjonstiden iht de formler som vanligvis brukes ved slike beregninger /Ref 21/.

7.3 Høydefordeling

Høydefordelingen i feltet, bilag 5, er beskrevet med en hypsografisk kurve. Denne er etablert med en punktmetode. Over feltet ble det plassert ut ca 100 punkt i et kvadratisk rutenett hvor hvert pkt da representerte ca 1/100-del av feltets areal. Hvert punkt ble tilordnet en høyde avlest fra kartet, videre ble det foretatt en sortering av punktene etter stigende høyde. Denne prosessen ble foretatt både for totalfeltet og bare for brearealene.

7.4 Snøfordeling og snøsmelting

Til støtte ved fordelingen av snøen i feltet ble det lagt stor vekt på resultatene fra John Tveits målinger på Svalbard i perioden 1991 - 1994, /Ref 8/ og bilag 8. Målingene i Endalen, som er et nabodalføre til Longyeardalen, er antatt å være representative for vårt felt. Fordelingen som ble funnet i 1993 er lagt til grunn. Dette året hadde også det største resulterende snømagasinet av de målte årene, med en vannekvivalent på 477 mm. Den maksimale vannekvivalent i feltet var i høydesonen ca 500 moh på 700 mm, dette område utgjorde ca 10 - 15 % av feltet.

For å få et bilde av snømagasinets årsvariasjon er det gjennomført en frekvensanalyse av sum vinternedbør på Svalbard Lufthavn. En sammenligning av Tveits målinger og sum vinternedbør viste at forholdet mellom disse størrelser var ca 2.6 som gjennomsnitt for 4 år. Et slikt forholdstall er rimelig. I tillegg kommer selvsagt problematikken rundt representativitet av nedbørsmålingene i forhold til feltet Endalen, og forhold rundt omfordelingen av snøen i en større skala. En oppfangstsvikt på over 50% er dokumentert i flere analyser fra høyfjellstrøk på fastlandet i Norge og ellers i verden, for ex i /Ref 20/. I /Ref 6/ beskrives vinterforholdene på Svalbard lufthavn. Vind med styrke 6 på Beauforts skala eller høyere opptrer i 35 - 45 % av vinteren, videre er det slik at den vesentlige delen av vinternedbøren kommer i situasjoner med sterk vind og frontaktivitet. Frekvensanalysen ga som resultat et midlere snømagasin på ca 300 mm vannekvivalent. For gjentaksintervall hhv 20, 50 og 100 år ble tallene 460, 510 og 540 mm vannekvivalent.

Vi har valgt å bruke 1993-fordelingen som ble målt i Endalen. Snømagasinet ble målt til 477 mm. Den skalerte vinternedbøren ved Svalbard lufthavn er 445 mm vannekvivalent. Bilag 8 viser snøfordelingen som funksjon av høyde over havet.

Snøsmeltingen i modellen beskrives med en graddagsmodell /Ref 15/. Dvs at snøsmeltingen antas proporsjonal med temperaturen og en graddagsfaktor. Vi har valgt graddagsfaktor i samsvar med anbefalingene i /Ref 15/ og i samsvar med det som er benyttet i HBV-modellen som NHL har tilpasset for Bayelva, /Ref 12/.

Vi har lagt til grunn følgende graddagsfaktorer:

$C_X = 5.0$ mm/°C ·døgn, på brefritt areal

$C_X = 7.0$ mm/°C ·døgn, på brearealene

I vårsituasjonen har vi regnet med en veid graddagsfaktor, avhengig av arealfordelingen mellom bre- og brefritt areal. Denne blir 5.6 mm/°C ·døgn. Antar vi en maksimal lufttemperatur under smeltingen på ca 12 °C vil jevn døgnmiddelvannføring som smelting fra feltet utgjøre ca 70 mm, dette er omregnet til vannføring ca 18 m^3/s. I sommersituasjonen er brukt $C_X = 7.0$. Ved en maksimal lufttemperatur på 15 °C vil det fra bare brearealet avsmelte ca 105 mm pr døgn, dette vil da tilsvare en døgnmiddelvannføring på ca 9 m^3/s. Graddagsfaktoren for smelting fra breene vil endre seg etter som albedoen, overflatens evne til å absorbere stråling, øker. I august er denne en helt annen enn i juni. Forskjellen er mer merkert enn på de fleste breer på fastlandet. Bjørn Wold (pers medd).

På bakgrunn av disse tall har vi antatt en middelflom på ca 10 m^3/s som døgnmiddel, og tilsvarende ca 20 m^3/s som spissverdi. I en analyse av forholdet mellom døgnmiddelflom og spissverdi, /Ref 26/, ble det funnet maksimale faktorer under vårflom på 2.0 for små felter. Denne analysen ble utført på bakgrunn av data fra 82 stasjoner fra hele landet, med feltarealer varierende fra 1 km^2 til 6000 km^2.

Når det gjelder snøsmelting på Svalbard er dette delvis undersøkt av Knut Sand, /Ref 9/. Han konkluderer med at temperaturindeksmodeller ikke egner seg til simulering av snøsmelting ved høy tidsoppløsning. Se kommentarer senere under kap10, drøfting av resultatene.

7.5 Modellparametre

Modellparametrene er beregnet iht reglene gitt i /Ref 14 og 15/. Det er i /Ref 14/ beskrevet hvordan det er laget regresjonsligninger mellom modellparametre og feltegenskaper på bakgrunn av data fra ca 50 felt på fastlandet. Disse feltene har terrengparametre og avløpsparametre med verdier som dekker feltegenskapene vi har i Longyearelva. Eller sagt på en annen måte er feltegenskapene for Longyearelva, når det gjelder relieff, sjøprosent og spesifikt normalavløp, innenfor de verdier regresjonsligningene er etablert på grunnlag av.

Modellparametrene som styrer avrenningen fra modellen er beregnet til:

Øvre tømmekonstant	$K_1 = 0.114$ /time
Nedre tømmekonstant	$K_2 = 0.033$ /time
Terskelverdi	T = 5 mm

7.6 Nedbør og temperatur

Temperatur og nedbør målt på Svalbard Lufthavn antas representative for Longyeardalen. I /Ref 6/ er det imidlertid antydet at Longyearbyen har en noe høyere temperatur enn Svalbard Lufthavn. I smelteperioden på våren er det funnet at månedsmiddeltemperaturen kan være ca 1 -1.5°C høyere. Utover sommeren blir forskjellen mindre, ca 0.5 °C høyere. Denne forskjellen

er begrunnet med målinger i perioden med parallell drift av stasjonene, aug 1975 til juli 1977. Det er ikke funnet forskjeller når det gjelder nedbør, men en må være observant på at det sannsynligvis er store gradienter i området (Førland, pers medd). Det må ofte noteres ned at det er nedbør på avstand, ikke sjelden kan det regne godt i Longyearbyen og samtidig være oppholdsvær på flyplassen (Ola Østvik, pers medd).

Flommodellen krever tidsserier for nedbør og temperatur på times oppløsning. Dette finnes ikke på Svalbard. En er derfor henvist til å lage serier på skjønn. Til grunn for dette skjønnet har vi valgt å sikre at følgende forhold blir ivaretatt:

- Døgnmaksimumstemperatur legges til ca midt på dagen.
- Døgnminimumstemperatur legges til natt og tilpasses tilsvarende temperatur for nabo-døgn.
- Øvrige temperaturer finnes ut fra at det legges inn en "sinusform" på temperaturkurven over døgnet.
- Nedbørssummer innen døgnet må være som målt døgnsum. Fordelingen er gjort skjønnsmessig.

Når det gjelder temperaturer og temperaturforløp i selve flomsituasjonen er reglene i /Ref 15/ lagt til grunn.

Nedbørssituasjonene er beregnet i hht detaljerte retningslinjer som er grundig dokumentert i /Ref 15 og 18/ og flere andre publikasjoner. Når det gjelder korttidsnedbør finnes det ikke data fra Svalbard, og det har heller ikke lyktes å finne publiserte data fra andre arktiske strøk. Det er derfor foretatt beregninger etter samme metodikk som brukes på fastlandet.

For å bestemme M_5, som er nedbørssum for et døgn med gjennomsnittlig gjentagelsestid en gang i løpet av 5 år, er det utført frekvensanalyser av døgnnedbøren på Svalbard Lufthavn for flere sesonger. GUMBELS ekstremverdifordeling ble benyttet /Ref 18/, og M_5 ble bestemt til 19 mm. Forholdet mellom M_5 og årsnedbøren viser seg å være det samme som en finner i de tørreste strøkene på fastlandet, dvs at M_5 er på hele 10 % av årsnedbøren. Til sammenligning kan nevnes at maksimal nedbørsum på 24 timer i Longyearbyen, for perioden 1957 til 1976, er på hele 38 mm. Maksimal nedbørsum på 24 timer på Svalbard Lufthavn, for perioden 1976 til 1989, er tilsvarende på hele 43 mm. M_{100} ble bestemt til 35 mm med GUMBELS ekstremverdifordeling. M_{100} bestemt med NERC-metoden /Ref 18/, ble 38 mm.

Bilag 13 viser nedbørsituasjonene som ligger til grunn for dimensjoneringsflommene. Nedbørsfordelingen for situasjoner med gjentaksintervall på 100, 1000 og pmp er vist i bilagene 13.1, 13.2 og 13.3. Temperaturforløpet under flom er sammensatt med støtte i målingene på Svalbard lufthavn, og i samsvar med anbefalinger i /Ref 15/.

Vi har lagt til grunn følgende forutsetninger:

- Sen vårløsning.
- Den høyeste temperatur som er målt på nedbørfrie dager ved sen vårløsning.
- En dimensjonerende nedbørsituasjon plassert ugunstig i forhold til snøsmeltesituasjonen.
- Temperatur under nedbøren som samsvarer med maksimalt målt i slike situasjoner.

Viser til nærmere drøfting av dette i kap 10.

7.7 Kalibrering av modellen

Med det datagrunnlag som foreligger fra Longyearelva pr dags dato er det ikke mulig å foreta en kalibrering av modellen i vanlig forstand. UNIS på Spitsbergen har drevet en vannstandslogger sommeren 1995. Data fra denne, i form av rene timeverdier for vannstand og resultatet fra en vannføringsmåling med flygel, er oversendt NVE av Rune Ødegaard. Plottene er vist i bilag 14. Det er ikke oppmålt vannføringskurve for stasjonen.

For å få fram vannføringer er det satt opp en kurve på et meget tynt grunnlag. Forløpet av kurven er satt opp i hht vanlig metodikk, f eks /Ref 25a og b/. Til støtte er det fortatt en manuell beregning av vannføringen fra den ene vannføringsmålingen. Vannføringen på timebasis, som er brukt under kalibreringen, er laget manuellt ut fra tilsendt vannstandsplott og denne sterkt foreløpige kurven.

Vi har simulert to situasjoner for å få et innspill på hvordan modellen fungerer. Den ene er en situasjon med dominerende snøsmelting på våren. I dette tilfellet er snømagasinets vann-ekvivalent satt til sum vinternedbør ved Svalbard Lufthavn, multiplisert med 2.6, 270 mm. Dette ble fordelt etter samme mønster som i selve flomberegningen. Avsmeltet magasin ble grovt estimert ut fra avløpsmålingene, til ca 60 mm, og trukket fra snøfordelingen i de to laveste sonene på hypsografisk kurve. Den andre er en kombinert flom fra regnbyger og bresmelting. Her er snømagasinet satt til null. Nedbør og temperatur er satt sammen som beskrevet ovenfor, og etter samtale med meteorologiassisstenten på Svalbard Lufthavn Ola Østvik (Telefonsamtale 23.01.1996).

Etter vårt syn viser simuleringene at modellen ikke gir urimelige resultater, se bilag 9.1 og 9.2, og kap 10. Tykk strek i Bilag 9.1 og 9.2 viser simulert vannføring.

Bilag 9.1 viser simuleringene av en situasjon med høy smelting fra snø og bre fra 10.07 til 19.07 1995. Bilag 9.2 viser simuleringene av en kombinert flom av bresmelting og regnnedbør fra 14.08 til 24.08 1995.

7.8 Simuleringer

Det er simulert med tanke på å beskrive flommer med gjentaksintervaller på 100 og 1000 år, samt en situasjon som må betraktes som påregnelig maksimal flom. Gjentaksintervall for denne er ekstremt, man sier vel gjerne at denne flommen er et så uvanlig sammentreff av ugunstige faktorer at den ikke har noen sannsynlighet. Resultatet av simuleringene er vist i bilag 10.1 , 10.2 og 10.3, som viser hhv 100- og 1000-årsflom, og påregnelig maksimal flom. Den sistnevnte er i norske forskrifter ment å være et uttrykk for den maksimalt fysisk mulige flom i et vassdrag. Tabell 1 i kap2 viser spissverdier og døgnmiddelflommer. Bilag 11 og 12 viser også resultatet av simuleringene, bilag 11 viser flommene som funksjon av gjentaksintervall, bilag 12 viser flommene som funksjon av den maksimale timesintensitet av nedbøren som ligger til grunn for beregningene.

I bilag 11 er flommen på bakgrunn av PMP plottet på et gjentaksintervall satt til 10 000 år. Det

er selvsagt ikke mulig å begrunne dette. En vet at gjentaksintervallet for slike flommer er ekstremt høyt. Flommen er plassert på neste 10-er potens på en logaritmisk skala for gjentaksintervallet for å ha den med på samme figur som de øvrige flommer. I /Ref 15 og 34/ er det antydet at det tidligere, før dagens metodikk var ferdig utviklet, ble brukt frekvensanalyser for å fastlegge slike ekstremflommer. Den "aller verste" situasjon ble vurdert å ha gjentaksintervallet 10 000 år.

8 KLIMAENDRINGER

Arktisk klima er forventet å bli sterkt influert av klimaendringer, /Ref 27/. Det er imidlertid ennå ikke påvist klimaendringer på Spitsbergen, eller norsk fastland, verken når det gjelder temperatur eller nedbør, se /Ref 6 og 27/. Det er funnet serier av varme år og nedbørrike år, men dette har ikke hatt en varighet som gjør at en kan kalle det for en klimaendring. Undersøker en glidende 10-års- eller 30-årsmidler for avløpet ved serier i Nord-Norge, viser det seg at disse langtidsmidlene varierer betydelig. De siste årene med høyt avløp og høy temperatur er sammenlignbare med andre perioder med samme værtype. Det storstilte avløpsmønstret har periodiske variasjoner som ennå ikke er forklart. Det har vært foreslått at strålingsintensiteten fra sola, uttrykt gjennom solflekkaktiviteten, er en mulig forklaring /Ref 30/.

På norsk fastland er det utført undersøkelser av nedbørserier. Undersøkelsene viser at det ved enkelte stasjoner på vestlandet har vært en stor økning av årsnedbøren de siste årene. Antall dager med nedbør har øket betydelig, men analyser av ekstremsituasjoner viser at det ikke har vært en økning av dimensjonerende nedbør. Nedbørsøkningen skyldes et økende antall frontpassasjer på vinteren. Denne analysen er referert i /Ref 29/.

I /Ref 29/ er det foretatt en analyse av hvordan flommer vil øke som en følge av et sett av klimaforandringer, og et subjektivt valg av strategi for nedbørsøkningen. Det hele er simulert med en HBV-modell for en rekke vassdrag i de nordiske land. Antall dager med nedbør ble holdt konstant, all økning ble lagt på nedbøren ved at situasjonene ble skalert opp. Dette gir mer ekstreme nedbørsituasjoner og dermed, for kysten av Norge, høyere høstflommer. Det ble i /Ref 29/ foretatt simuleringer med nedbøren skalert opp etter følgende to scenarier:

Scenario 1: Økning av nedbøren med 4.5 %, og temperaturen med 1.2 °C, de nærmeste 30 år.

Scenario 2: Økning av nedbøren med 15 %, og temperaturen med 4 °C, de nærmeste 100 år.

Disse klimascenariene er tidligere /Ref 28/ fremsatt som sannsynlige. Da det ikke foreligger noen begrunnelse for sannsynlige scenarier når det gjelder klimautviklingen på Svalbard, belyses virkningene på flommene ut fra de samme forutsetninger som i /Ref 29/. I /Ref 18/ mener Førland ved MI at det ikke er mulig å stipulere endringer i nedbørsintensitet som følge av klimaendringer som skapes av økt drivhusefekt. Han anbefaler derfor at en legger til grunn at ekstremnedbøren øker med samme forhold som totalnedbøren. Dette er tatt til følge i /Ref 28/.

Ved beregning av økningen av snøsmeltingen gjøres den samme forutsetningen. Det antas at temperaturen under snøsmeltingen øker med hhv +1.2 og +4.0 °C. Dette gir en økning av smeltevannføringene på hhv 1.8 og 6.0 m^3/s. Disse vannføringer tillegges både spissflom og døgnmiddelflom da flomtoppen er styrt av nedbørsintensiteten.

Ved bruk av disse forutsetninger, og simuleringene som ligger til grunn for kurven i bilag 12, kommer en frem til følgende endringer av flommene ved scenario 1:

Resultatene er vist i tabell 3 og 4.

Gjentaks-intervall	Økning av flom, spissverdi		Økning av flom, døgnmiddelverdi		Anmerkn
År	m^3/s	%	m^3/s	%	
2	20 + ca 2	ca 10	10 + ca 1	ca 12	Skjønn
100	40 + 3.2	8.0	24 + 2.4	10.0	
1000	58 + 4.0	6.9	32 + 2.8	8.8	
PMF	106 + 5.8	5.8	53 + 3.6	6.8	

Tabell 3: Flomøkning i Longyearelva ved klimascenario 1. Mulig flomregime om ca 30 år.

Gjentaks-intervall	Økning av flom, spissverdi		Økning av flom, døgnmiddelverdi		Anmerkn
År	m^3/s	%	m^3/s	%	
2	20 + ca 7	ca 35	10 + ca 4	ca 40	Skjønn
100	40 + 10.8	27.0	24 + 8.1	33.8	
1000	58 + 13.5	23.3	32 + 9.3	29.1	
PMF	106 + 19.4	18.3	53 + 11.9	22.5	

Tabell 4: Flomøkning i Longyearelva ved klimascenario 2. Mulig flomregime om ca 100 år.

Ut fra de relativt ekstreme forutsetninger som er lagt til grunn, øker altså flom med gjentaks-intervall 100 år med hhv ca 10 % og ca 30 % ved klimascenariene 1 og 2. Årlig middelflom øker markant, med ca 35 - 40 %.

Alternativt kan flomøkningen uttrykkes i senkningen av gjentaksintervallet. Dagens spissverdi for 100-årsflom på 40 m^3/s vil få gjentaksintervall ca 60 år i scenario 1, og ca 20 år i scenario 2. Dette er illustrert i bilag 11, hvor det også er vist reduksjonene i gjentaksintervall for 100-årsflom og PMF-flom.

Når det gjelder middelflommen er prosentsatsen satt skjønnsmessig til noe høyere enn for 100-års flommen.

9 MASSETRANSPORT

Massetransporten i elver på Spitsbergen er lite undersøkt. I en måleserie fra Bayelva er det funnet at sedimenttransporten varierte mellom 6650 og 16560 tonn/år /Ref 11/. Dette tilsvarer et volum fra 3300 m^3 til 8300 m^3 , med en antatt romvekt for bergarten på 2.0 tonn/m^3. Ifølge /Ref 33/ er det i samråd med NVE Hydrologisk avdeling antatt at bunntransporten i et vassdrag som Bayelva og Longyearelva vil kunne være av størrelsesorden ca 30 % av suspendert transport. Bunntransporten i Bayelva vil da variere mellom 1200 og 3000 m^3 løst materiale lagret som masse på elvebunnen. Det er da benyttet en omregningsfaktor mellom fast masse og lagret masse på 1.2.

Ifølge Kjell Repp (pers medd) vil massetransporten kunne være betydelig høyere i Longyearelva på grunn av at vassdraget har en høyere forekomst av lett eroderbar urmasse i dalsidene og et betydelig større brefritt areal med aktive erosjonsprosesser. I det aktive laget skjer det en oppknusing av bergartene ved fryse/tine-prosesser, dette er sannsynligvis en stor sedimentkilde i Longyearelva.

Ut fra dette antas det at bunntransportert masse i Longyearelva er dobbelt så høy som i Bayelva.

En grovt estimat for massetransporten vil da være at den varierer mellom 2500 og 6000 m^3 pr år.

10 DRØFTING AV RESULTATER

10.1 Flomstørrelser

Forholdet mellom middelflom og flom med høyere gjentaksintervall for Longyearelva er her sammenlignet med tilsvarende forhold mellom flommer basert på målinger i Bayelva, og noen andre brevassdrag på fastlandet, se tabell 5. Flommene er beregnet med en frekvenstilpasning til en toparameterfordeling, lognormalfordelingen LN2-MLE. NVEs program for rutinemessige flomberegninger, EKSTREM, er benyttet.

Stasjons-navn	Longyear-elva	Bayelva	Lang-fjord	Nedre-vatn	Engabre-vatn	Breelva	Bøyum
Vass-dragsnr.	400.n	400.1	211.1	164.11	159.3	086.3	078.3
q_{100}/q_2	2.4	2.4	1.6	2.3	2.4	2.1	2.4
q_{1000}/q_2	3.2	3.3	1.9	3.0	3.2	2.7	3.3
q_{1000}/q_{100}	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4
q_{PMF}/q_{1000}	1.7[1)]						
Felt-areal km^2	23	31.5	14.8	100	50.4	8.3	40
Bre %	30	54	30.4	30.5	75	58.4	57.4
Serie-lengde År	0	11	13	10	25	5	16

Tabell 5: Sammenligning av forholdet mellom døgnflommer. [1)] Har ikke PMF-beregning for de andre vassdragene.

Det er tatt med en sammenligning mot flommer fra Langfjordjøkelen fordi dette vassdraget er det nordligste i Norge med høy breprosent, vassdraget ligger på grensa mellom Troms og Finnmark fylke. Avløpet dempes gjennom to sjøer før det når målestasjonen. Dette kan være forklaringen på de lave forholdstallene for vassdraget, men er ikke nærmere undersøkt. De øvrige vassdrag viser tilnærmet like forholdstall:

- Flomforholdet q_{100}/q_2: 100-årsflommen er 2.1 - 2.4 ganger høyere enn middelflom.
- Flomforholdet q_{1000}/q_2: 1000-årsflommen er 2.7 - 3.3 ganger høyere enn middelflom.
- Flomforholdet q_{1000}/q_{100}: 1000-årsflom er 1.3 - 1.4 ganger høyere enn 100-årsflom.
- Flomforholdet q_{PMF}/q_{1000}: Dette forhold er vanligvis mellom 1.5 til 3.0 , /Ref 15/.

De preliminære flomtall for Longyearelva ligger innenfor disse grensene. Det er et spesielt godt samsvar mellom Longyearelva og Bayelva. Ut fra dette er de beregnede flomtallene for

Longyearelva rimelige. Denne analysen tyder ikke på at flomregimet i Longyearelva er vesentlig forskjellig fra felter med høy breprosent andre steder inkludert fastlandet.

Spesifikk flom er flom pr arealenhet, og en vanlig brukt enhet er l/skm^2.

Spesifikke flommer fra Langfjordjøkelen og Nedrevatn, fra Blåmannsisen, er noe lavere enn de tre andre langt mer maritimt pregede brevassdragene. Bayelva på Spitsbergen ligger et sted i mellom disse. Forskjellen mellom Longyearelva og Bayelva er også rimelig når både breprosent, areal og årsnedbøren er større i Bayelva. Ut fra dette er de spesikke flomtallene som er beregnet for Longyearelva rimelige, se Tabell 6.

Stasjons-navn	Longyear-elva	Bayelva	Lang-fjord	Nedre-vatn	Engabre-vatn	Breelva	Bøyum
Vass-dragsnr.	400.n	400.1	211.1	164.11	159.3	086.3	078.3
q_{MID}	440	500	470	360	720	1400	800
q_{100}	1040	1200	800	800	1700	1800	1910
q_{MAX}	ikke målt	1029	810	500	1550	2900	1780
q_{PMF} [1)]	2304						
Felt-areal km^2	23	31.5	14.8	100	50.4	8.3	40
Bre %	30	54	30.4	30.5	75	58.4	57.4
Serie-lengde År	0	11	13	10	25	5	16

Tabell 6: Sammenligning av spesifikke flommer på døgnbasis, enhet l/skm^2, avrundet.
[1)] Har ikke PMF-beregning for de andre vassdragene.

Er det grunn til å forvente større eller mindre flommer på Spitsbergen sammenlignet med fastlandet? I følge Kjell Repp, (pers medd), er det ikke grunn til å forvente at flommene skal være særlig forskjellig fra fastlandet. Tallene i tabell 6 synes å bekrefte dette. Eirik Førland, (pers medd), mener at flommene bør være mindre på Spitsbergen som en følge av at nedbørsintensitetene i ekstremsituasjoner sannsynligvis er lavere på disse breddegrader.

I et vassdrag i canadisk Arktis, på Corwallis Island, i Mecham River, ble det for årene 1970 - 1974 målt en årlig maksimal flom på mellom 301 og 512 l/skm^2. Se /Ref 35/.

Forholdet mellom spissverdi og døgnmiddelverdi er også helt normale. Av tabell 1 i kap 2 fremgår det at forholdet er ca 2. At spissflommene er dobbelt så store som døgnmiddelverdiene samsvarer med det som er funnet på fastlandet for små vassdrag under vårflom, når snø-smeltingen er den sannsynlige dominerende prosess.

10.2 Tidligere beregninger

I en tidligere plan for forbygging av Longyearelva /Ref 33/ ble det antydet at døgnmiddelflommen for Longyearelva er ca 1 m^3/skm^2, dvs ca 23 m^3/s, når feltarealet er ca 23 km^2. Det antydes videre at kortvarige flomtopper kan komme opp i 1.5 til 2 ganger dette tallet. Disse flomtallene er ikke knyttet til et gjentaksintervall, men ble fastsatt i samråd med NVE Hydrologisk avdeling. Det eneste målegrunnlag som dengang forelå var målingene i Bayelva for årene 1974 til 1978. /Ref 11/.

I samband med denne analysen ble det tidlig utført et overslag ut fra en regional analyse som bygger på fastlandsforhold, /Ref 15 og 33/. Ut fra områdeligningene for kystregionene ble det funnet døgnmiddelflommer på hhv 36 og 53 m^3/s for gjentaksintervall 100 og 1000 år. Områdeligningen for brevassdrag ga tilsvarende vannføringer på hhv 26 og 37 m^3/s. Tallene for brevassdrag ligger i samme størrelsesorden som våre beregninger vist tabell 1.

10.3 Inngangsdata

Det er flere forhold vedr inngangsdataene som samlet trekker opp usikkerheten i beregningsresultatene. Sammenlignet med det datatilfang en er vant med fra målte nabovassdrag ved en flomberegning på fastlandet, må denne beregningen sies å bygge på et spinkelt grunnlag.

Den største usikkerhet i inngangsdata knytter seg til beregningen av dimensjonerende nedbørssituasjoner. De beregningsregler vi har for fastlandet er brukt. Dette kan meget vel gi for høye intensiteter, særlig på korttidsnedbøren. Tabell 7 viser en følsomhetsanalyse av hvilken innvirkning nedbørsintensiteten har på spissflommene.

Gjentaks-intervall, T År	Største nedbør-intensitet, I mm/time	Beregnet spissflom m^3/s	Ny spissflom, I redusert med 25 %	Ny spissflom, I redusert med 50 %
100	23	40	32	27
1000	36	58	46	36
pmf	78	106	85	85
Reduksjon av flommene i gjennomsnitt %			ca 20 %	ca 35 %

Tabell 7: Følsomhetsanalyse. Spissflom som funksjon av nedbørsintensitet.

En reduksjon av største nedbørintensitet med 25 % vil gi en reduksjon av spissflommen med ca 20 %, tilsvarende vil en halvering av største nedbørintensitet gi en reduksjon av spissflommene med ca 35 %. Spissflommene er svært følsomme for nedbørsestimatet. Vi har imidlertid ikke data som kan brukes til en nærmere evaluering av dette forhold. MI ved Eirik Førland (pers medd), mener at nedbørsintensiteter beregnet med fastlandsmetoden blir for høye i et arktisk

klima. De øvrige inngangsdata er beheftet med mindre usikkerhet. Temperatur og nedbør er målt i kort avstand fra Longyeardalen, det samme gjelder snømengdene og snøfordelingen med høyden. Når det gjelder seriene som er satt opp på timebasis har vi sikret at disse inneholder ekstremene, og rett middelverdi over døgnet. Fordelingen over døgnet er antatt å følge en "sinusform", noe vi har erfaring med fra fastlandet. Kortvarige episoder med brå temperaturendringer blir selvsagt ikke mulig å trekke inn.

Kombinasjon av ugunstige faktorer for flomberegningene er usikre. Også her er det brukt ekstreme verdier på temperaturen både før og under nedbøren. En kryssortering av døgnverdier for nedbør og temperatur for målingene ved Svalbard Lufthavn for perioden 1976 til 1993, viser at sommermånedene sjelden har stor nedbør ved døgnmiddeltemperaturer over 8 - 9 °C. Temperaturen er vanligvis 5 - 6 °C i døgn med store nedbørmengder. I denne analysen har vi lagt til grunn en betydelig høyere temperatur på 12 - 13 °C under selve nedbørsforløpet, og senere noe stigende etter nedbøren.

10.4 Usikkerhet

Når det gjelder usikkerhet i de beregnede flommene er det skjønnsmessig valgt å sette denne til ± 25 %. Dette er i samsvar anslag for usikkerhet knyttet til dimensjoneringsflommer i /Ref 34/ tabell 9.1, og en analyse av dette forhold foretatt i /Ref 36/.

10.5 Gjentaksintervall og risiko

Som en illustrasjon på hva valg av analysehorisont og gjentaksintervall har å si for flomrisiko gjengir vi her en tabell fra /Ref 34 og 35/. Ex: hvis en tar utgangspunkt i gjentaksintervallet T = 100 år vil det være en sannsynlighet på 39 % for å få en flom lik eller større enn 100-årsflommen i løpet av en tilfeldig 50 årsperiode. Tilsvarende vil sannsynligheten være 63 %, i løpet av en tilfeldig 100-års periode.

Periode-lengde År	Gjentaksintervall, T År					
	10	50	100	200	500	1000
10	65	18	10	5	2	1
50	99	64	39	22	9	5
100	-	87	63	39	18	10
200	-	98	87	63	33	18
500	-	-	99	92	63	39
1000	-	-	-	99	86	63

Tabell 8: Sannsynlighet i % for overskridelse av flom med gjentaksintervall T som funksjon av periodelengde.

I vassdragsplanlegging er det vanlig å benytte et gjentaksintervall på 100 år når en oversvømmelse kan medføre fare for menneskeliv, bebyggelse og annen infrastruktur. Ved dimensjonering av flomløp i dammer brukes et gjentaksintervall på 1000 år, i samsvar med at en ønsker minimert risikoen for overtopping av dammen. Flommer forårsaket av påregnelig maksimal nedbør legges til grunn for dimensjoneringen av dammen rent statisk. Sikkerheten mot brudd er derfor opp mot 100 %. Lavere gjentaksintervall enn 100 år brukes bare ved små byggverk hvor reparasjoner er billige og hvor skadekonsekvensene er små.

10.6 Videre arbeid

Arbeidet med denne flomberegningen har vist at det er et stort behov for hydrologiske og meteorologiske data på Spitsbergen. For å forbedre nøyaktigheten i en flomberegning for Longyearelva bør det prioriteres følgende målinger:

- Måling av korttidsnedbør.
- Avløpsmåling i selve Longyearelva. Logging av vannstand på fin tidsoppløsning.
- Innsamling av temperatur og nedbør på timebasis i selve Longyeardalen.
- Snømålinger med snøpute og langs snøstrekk /Ref 8, og 31/.
- Måle snøsmelting med smeltekar /Ref 32/.

På basis av noen få år med et slikt måleprogram vil det være mulig å foreta en mer nøyaktig flomberegning for vassdraget. Ideelt sett er det nødvendig med en minimum serielengde på ca 10 år for å fastsette flommene med god nøyaktighet.

11 REFERANSER

/Ref 1/ Norsk Polarinstitutt, 1981.
Kart Adventdalen, Spitsbergen. Målestokk 1 : 100 000.

/Ref 2/ Vidar Hisdal, 1985.
Geography of Svalbard. Polarhåndbok nr 2. Norsk Polarinstitutt.

/Ref 3/ Sverre Husebye m fl, 1993.
NVE-PUBLIKASJON nr 19 1993: *Miljøkonsekvenser av veiutbygging mellom Longyearbyen og Svea: avrenning erosjon og landskap.*

/Ref 4/ Det Norske Svalbardselskap, 1984.
Svalbard vårt nordligste Norge.

/Ref 5/ Universitetet i Oslo, 1995.
Nytt kart over nedslagsfeltet til Longyearelva. Kopi av nykonstruert digitalt kartverk.

/Ref 6/ Inger Hanssen-Bauer, 1990.
The Climate of Spitsbergen. Rapport nr 39, 1990. Meteorologisk institutt, Klimaavdelingen.

/Ref 7/ Lars-Evan Petterson, 1994.
Runoff during snowmelt in an arctic river. NVE Hydrologisk avdeling, seksjon for vannbalanse.

/Ref 8/ John Tveit, 1994.
Snow surveys for studies of water budget on Svalbard. University of Trondheim, the NORWEGIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Divisjon of hydraulic and sanitary engeenering.

/Ref 9/ Knut Sand, 1990.
Modelling snowmelt runoff processes in temperate and arctic environments. Doktor ing. Avhandling. Institutt for vassbygging, NTH, Trondheim.

/Ref 10/ Rolf Skretteberg, 1990.
Discharge measurements structures under arctic conditions. Design and construction considerations. NVE Hydrologisk avdeling, Hydrometriseksjonen.

/Ref 11/ Kjell Repp, 1988.
The hydrology of Bayelva, Spitsbergen. Nordic Hydrology vol 19 1988.
Paper presented at the 7th Northern Res. Basins Symposium/Workshop at Illusat, Greenland may/June 1988.

/Ref 12/ Oddbjørn Bruland og Knut Sand, 1995.
The HBV_model applied to calculate freshwater discharge to inner Kongsfjord basin. Norges Hydrodynamiske Laboratorier, NHL Sintef, Trondheim. Ikke publisert.

/Ref 13/ Sten Bergstrøm, 1992.
THE HBV MODEL - its structure and applications. Sveriges Meteorologiska och hydrologiska Institut, SMHI, Reports hydrology no 4, april 1992.

/Ref 14/ Nils Roar Sælthun m fl, 1983.
Hydrologisk modell for flomberegninger. NVE, Hydrologisk avdeling.

/Ref 15/ Dan Lundquist m fl, 1986.
Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer. NVE, Vassdragsdirektoratet, 1986.

/Ref 16/ T.D Prowse and C.S.L Ommanney, 1990.
NORTHERN HYDROLOGY, Canadian Perspectives. NHRI Science report No 1.

/Ref 17/ Lars Roald, 1995.
PQRUT- modell for beregning av tilløp og avløp for flomepisoder. En programbeskrivelse. NVE, Hydrologisk avdeling, Dataseksjonen.

/Ref 18/ Eirik Førland, 1992.
Manual for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier. DNMI Klimaavdelingen rapport nr 21/92.

/Ref 19a/ Ming-ko Woo, 1983.
Hydrology of a Drainage Basin in the Canadian High Arctic. Annals of the Assosiation of American Geographers.

/Ref 19b/ Lars-Evan Petterson, 1994.
Hydrologiske undersøkelser på Svalbard. Paper til NHK på Færøyene 1994.

/Ref 20/ Ånund Killingtveit, 1977.
KORREKSJON AV NEDBØRDATA. Prosjekt hudrologiske modeller og prognosemodeller. Institutt for vassbygging, seksjon hydroteknikk, NTH.

/Ref 21/ Ven Te Chow m fl, 1987.
APPLIED HYDROLOGY. McGraw-Hill Internasjonal editions, Civil engeenering series.

/Ref 22/ J. Budel, 1975?
Denudation and river erosion in the "zone of pronounced valley formation" on South-east Spitsbergen.

/Ref 23/ Sten Bergstrøm, 1991
Principles and Confidence in Hydrological Modelling. Nordic Hydrology, Vol 22, 1991.

/Ref 24/ Knut Aune Hoseth og Tuva Cathrine Daae, 1996.
Longyearbyen - Elvesletta, vassdragstekniske vurderinger. NVE rapport no 8 1996. NVE Region nord.

/Ref 25a/ Willie H. Hager, 1983.
Hydraulics of Plane Free Overfall. Journal of hydraulic engineering, Vol 109, no 12 Desember 1983.

/Ref 25b/ ISO, 1977.
Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes - Free overfall weirs of finite crest width (rectangular broad-crested weirs).

/Ref 26/ Truls Erik Bønsnes og Lars Andreas Roald, 1994.
REGIONAL FLOMFREKVNSANALYSE. Sambandet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. NVE rapport no 01 1994. Hydrologisk avdeling.

/Ref 27/ Nils Roar Sælthun, 1992.
CLIMATIC CHANGE IMPACTS ON THE NORTHERN WATER RESOURSES OF NORWAY. NVE Hydrologisk avdeling. Vannet i Norden nr 4 1992.

/Ref 28/ Nils Roar Sælthun, m fl, 1990.
KLIMAENDRINGER OG VANNRESSURSER. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. NVE Publikasjon nr V 30, 1990.

/Ref 29/ Bredo Erichsen og Nils Roar Sælthun, 1995.
CLIMAT CHANGE AND ENERGY PRODUCTION - STATISTICAL FLOOD FREQENCY ANALYSIS. NVE - Publication No 4, 1995.

/Ref 30/ Otnes og Ræstad, m fl, 1978.
HYDROLOGI I PRAKSIS. Ingeniørforlaget. Kap 3.

/Ref 31/ Tom Andersen, 1981.
AUTOMATISK REGISTRERING AV SNØENS VANNEKVIVALENT VED SNØPUTER. Intern rapport nr 6, Norsk Hydrologisk Kommite, 1981.

/Ref 32/ John Tveit, 1984.
SMELTEVASSMÅLAREN. Konstruksjon drift og førebels resultat. Institutt for vassbygging, NTH.

/Ref 33/ Ingvard Øvereng, 1988.
Plan til 8195 forbygning mot Longyearelva,Spitsbergen, Svalbard. NVE Vassdragsdirektoratet, Region nord.

/Ref 34/ Bo Wingård, m fl, 1978.
Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr 2 - 78, NVE Vassdragsdirektoratet Hydrologisk avdeling.

/Ref 35/ National Council of Canada, 1975.
Surface runoff caracteristics of an arctic nival catchment, Mecham River Cornwallis Island. Canadian Hydrology Symposium, 1975, Proceedings.

/Ref 36/ Kaz Adamovski og Wojciech Feluch, 1990.
NONPARAMETRIC FLOOD-FREQENCY ANALYSIS WITH HISTORICAL INFORMATION. Journal of Hydraulic Engineering.

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1: Kart.

Bilag 2: Bykart.

2.1 Arealplan
2.2 Bykart

Bilag 3: Kart Nordområdene.

Bilag 4: UiO-kartet.

Bilag 5: Hypsografiske kurver.

5.1 Hele feltet
5.2 Bare brearealet

Bilag 6: Ex på Inngangsdatafil til PQRUT, Snøfordeling.

Bilag 7: Ex på inngangsdatafil til PQRUT, Bresmelting.

Bilag 8: Snøfordeling som funksjon av høyde over havet.

Bilag 9: Kalibrering av modellen.

9.1 Vårflom
9.2 Høstflom

Bilag 10: Plott T - årsflom.

10.1 100 - årsflom
10.2 1000 - årsflom
10.3 PMP - Flom

Bilag 11: Flomfigur.

Bilag 12: Figur over flom som funksjon av nedbørsintensitet.

Bilag 13: Nedbørsfordelinger.

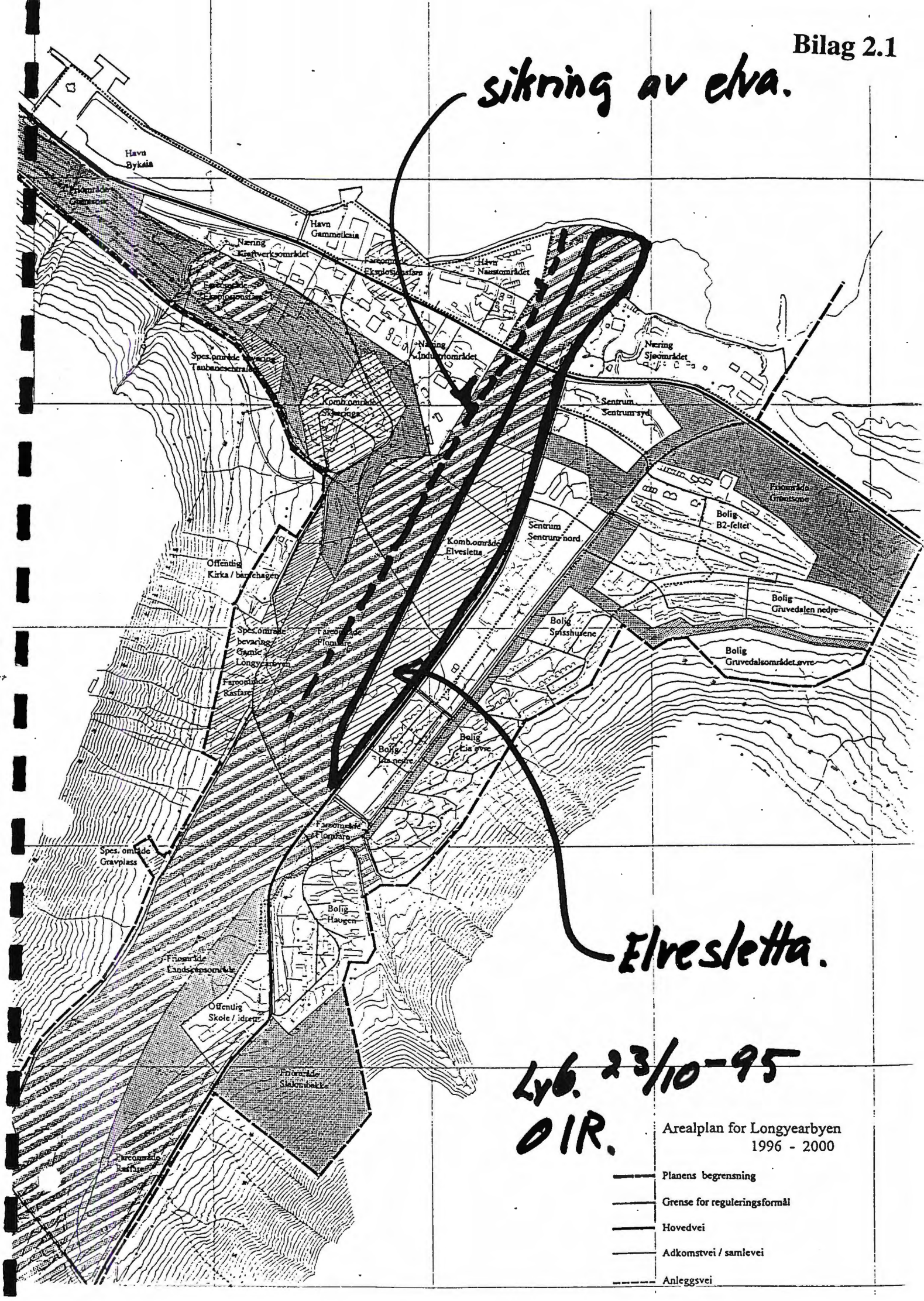
13.1 M_{100}
13.2 M_{1000}
13.3 M_{PMP}

Bilag 14: Vannstander målt av UNIS sommeren 1995.

Bilag 1

Forkastnings-
fjellet
Konusen
Carolinefjellet
Louisdalen
Louisfjellet
Revneset
Hanaskogdalen
Hanaskogelva
Telgefjellet
Brandtbreen
Kjedetoppen
Staket
Adventtoppen
Advent City
ADVENTFJORDEN
Hiorthfjellet
Hiorthfjellgruve
Malardalen
Malarbreen
Birkafjellet
Moskushamn
Blekumbreen
Moskuslaguna
Vestpynten Lykt
Vestpynten
Hotellneset
Adventpynten Lykt
Adventpynten
Svalbard Lufthavn
Gruve 3
Kol
Blomstardalen
LONGYEARBYEN
Svalbard Radio
Opera-
fjellet
Ugledalen
Tenoren
Bassen
Platå-
berget
Skjeringa
Svalbard
Sverdrup-
hamaren
Gruve
Lia
Gruve 2
Haugen
Isdammen
Dammyra
Fivelflyene
Forstehytta
Sverdrupbyen
Næss-
fjellet
Nybyen
Gruve-
fjellet
Gruve-
dalen
Lindholmhøgda
Svalbardhytta
Bjerndalen
Nordenskiöld-
fjellet
Sarkofagen
Longyearbreen
Larsbreen
Endalen
Endalselva
Gruve 5
Bayfjellnosa
Tredalshytta
Kol
Gruve 6
Trollsteinen
Lars Hiertafjellet
Teltberget
Todalselva
Bolterelva
Kol
Gruve 7
Karl Bay-
fjellet
Bolternosa
Carl Lundh-
fjellet
Bolterdalen
Dryadbreen
Håbergbreen
Håbergnuten
Håberget
Bogerbreen
Bingtoppen
Fardalen
Rieperbreen
Finnesaksla
Svendsenbreen
Westbytoppane
Scott Turnerbreen
Soleletoppen
Bolterskardet
Bødalen
Bodalsbreen
Gang-
skardet
Ayerbreen
Burralltoppen
Tillberg-
fjellet
Ringdalen
Tillbergfonna
Moncureaksla
Gibsonbreen
Hillestad-
NORDENSKI

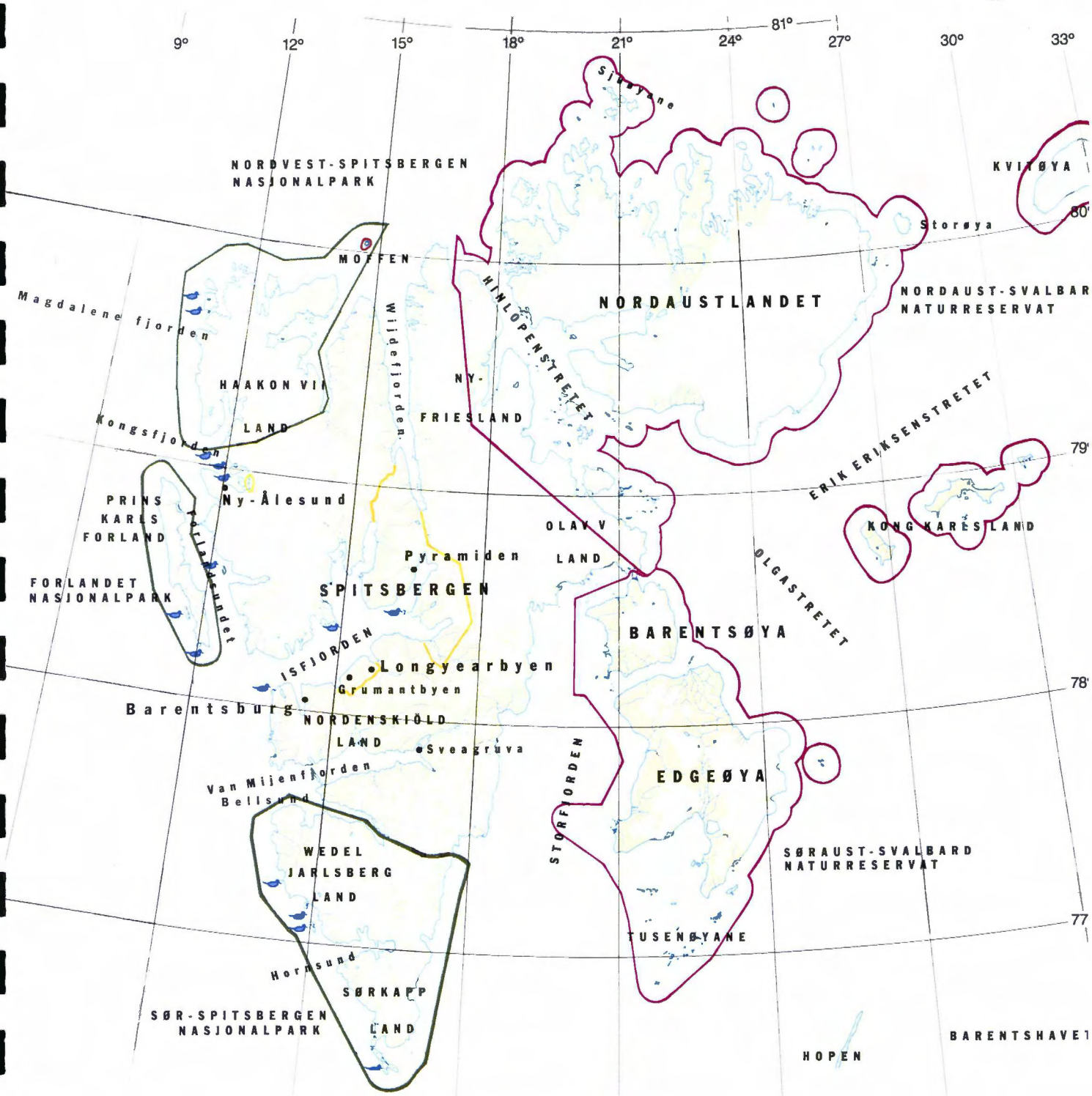
Bilag 2.1


sikring av elva.
Havn Bykaia
Havn Gammelkaia
Næring Kraftverksområdet
Havn Naustområdet
Næring Sjøområdet
Sentrum Sentrum syd
Friområde Grøntsone
Bolig B2-feltet
Sentrum Sentrum nord
Komb.område Elvesletta
Offentlig Kirka / barnehagen
Bolig Gruvedalen nedre
Bolig Spisshusene
Bolig Gruvedalsområdet øvre
Bolig Lia nedre
Bolig Lia øvre
Spes.område Gravplass
Bolig Haugen
Friområde Landskapsområde
Offentlig Skole / idrett
Friområde Slalombakke
Elvesletta.
Lyb. 23/10-95
OIR.
Arealplan for Longyearbyen
1996 - 2000
Planens begrensning
Grense for reguleringsformål
Hovedvei
Adkomstvei / samlevei
Anleggsvei

Bilag 2.2

ACCOMMODATION
1 NYBYEN GUESTHOUSE - SPITSBERGEN TRAVEL
1 YOUTH HOSTEL
2 FUNKEN HOTEL - SPITSBERGEN TRAVEL
3 SVALBARD KRO & HOTELL
4 CAMPING SITE
5 SVALBARD POLAR HOTEL
RESTURANT/CAFE/BAR
6 "HUSET"
2 FUNKEN GUESTHOUSE - SPITSBERGEN TRAVEL
3 SVALBARD KRO & MOTELL
7 KAFE BUSEN
5 SVALBARD POLAR HOTEL
SHOPPING
8 /ALBARDBUTIKKEN
9 FRESHFOOD STORE
10 TRØNDER-HJØRNET
11 ARCTIC PRODUCTS
12 RABI'S BUA
13 MATERIALLAGERET/OTHER SUPPLIES
14 ING. G. PAULSEN
15 SVALBARD ARCTIC SPORT
16 ISROSEN/FLOWERS
17 JENTEKROKEN
17 SALONG BUTTERFLY
18 ISBJØRNBUTIKKEN 80° N
19 SPITSBERGEN SKI-DOO SERVICE
20 STEINKROA
SIGHTS/ACTIVITIES
21 SVALBARD MUSEUM
22 SVALBARD CHURCH
23 HORSERIDING CENTER
24 'NEMA
25 SWIMMINGHALL
26 FOOTPATH TO AIRPORT
27 RECREATION AREA
28 GALLERY SVALBARD
29 FUNICULAR CENTER
SERVICE
30 INFO-SVALBARD/TOURISTINFORMATION
30 FLYSPESIALISTEN SPITSBERGEN TRAVEL
30 SVALBARD POLAR TRAVEL
30 NORWEGIAN POLAR INSTITUTE
31 POST/BANK/NEWSPAPER
32 HOSPITAL/DENTIST
33 GOVERNOR OF SVALBARD
34 TELEPHONE COMPANY
35 WHARF
36 NEW WHARF
37 AIRPORT
38 THE UNIVERSITY COURSES AT SVALBARD (UNIS)
39 SVALBARD WILDLIFE SERVICE
40 ARCTIC WILDERNESS EXPERIENCE
41 DOG YARD
NYBYEN
HAUGEN
LIA
TOWN CENTER
SKJÆRINGA
GRUVE 7
CA. 12 KM
40 11 km
41 1 km
4 4 KM
23 2 KM
37 4 KM
36 0,5 KM
S
N
1000 meter

Bilag 3



Nasjonalpark
Plantefredningsområde
Naturreservat
Fuglereservat

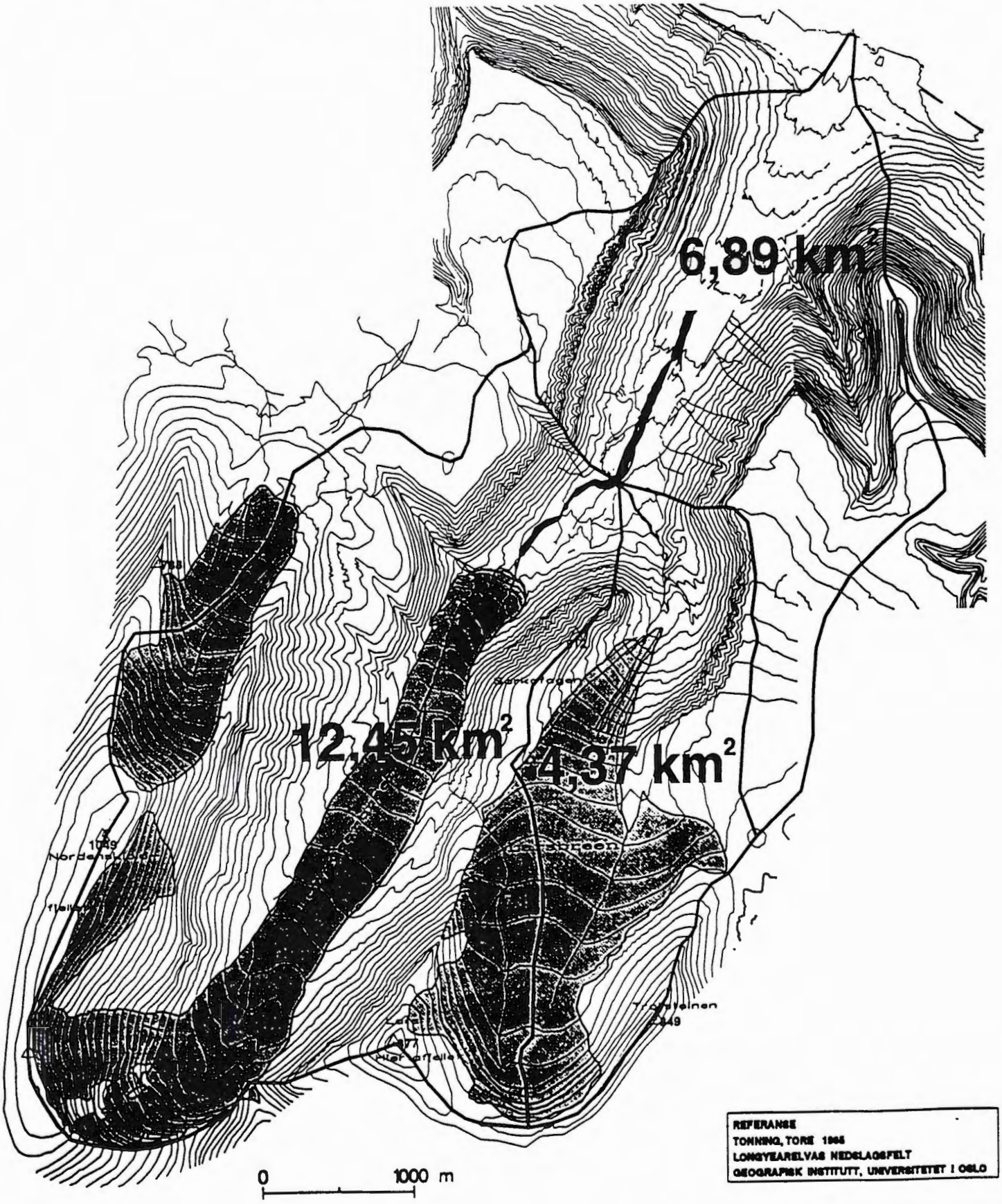
Bilag 4

UNIVERSITETET
I OSLO

DET MATEMATISK-
NATURVITENSKAPELIGE
FAKULTET

Geografisk institutt
Postboks 1042 Blindern
N-0316 Oslo

LONGYEARELVAS NEDSLAGSFELT

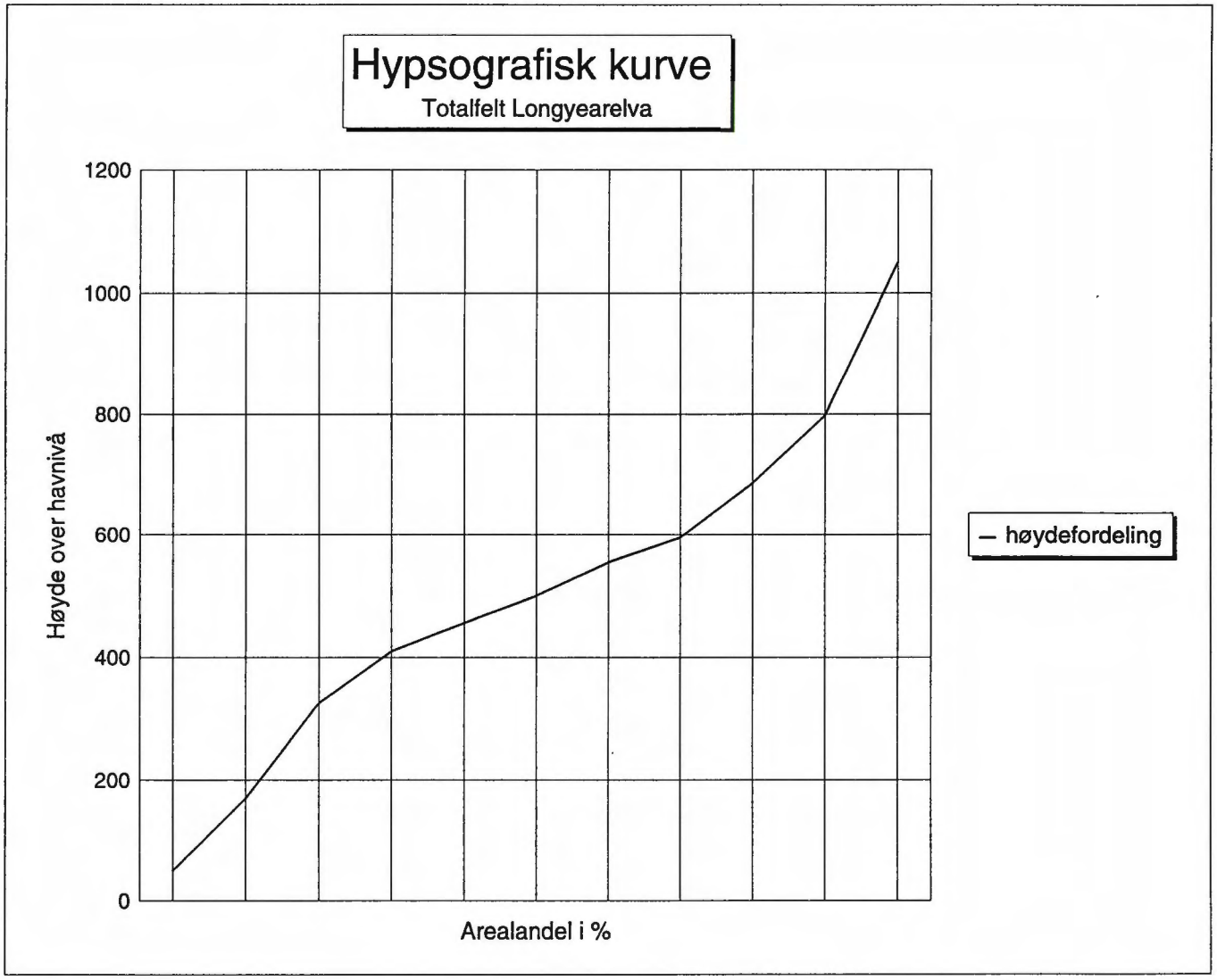


REFERANSE
TONNING, TORE 1995
LONGYEARELVAS NEDSLAGSFELT
GEOGRAFISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO

Bilag 5.1

Hypsografisk kurve for Longyearelva

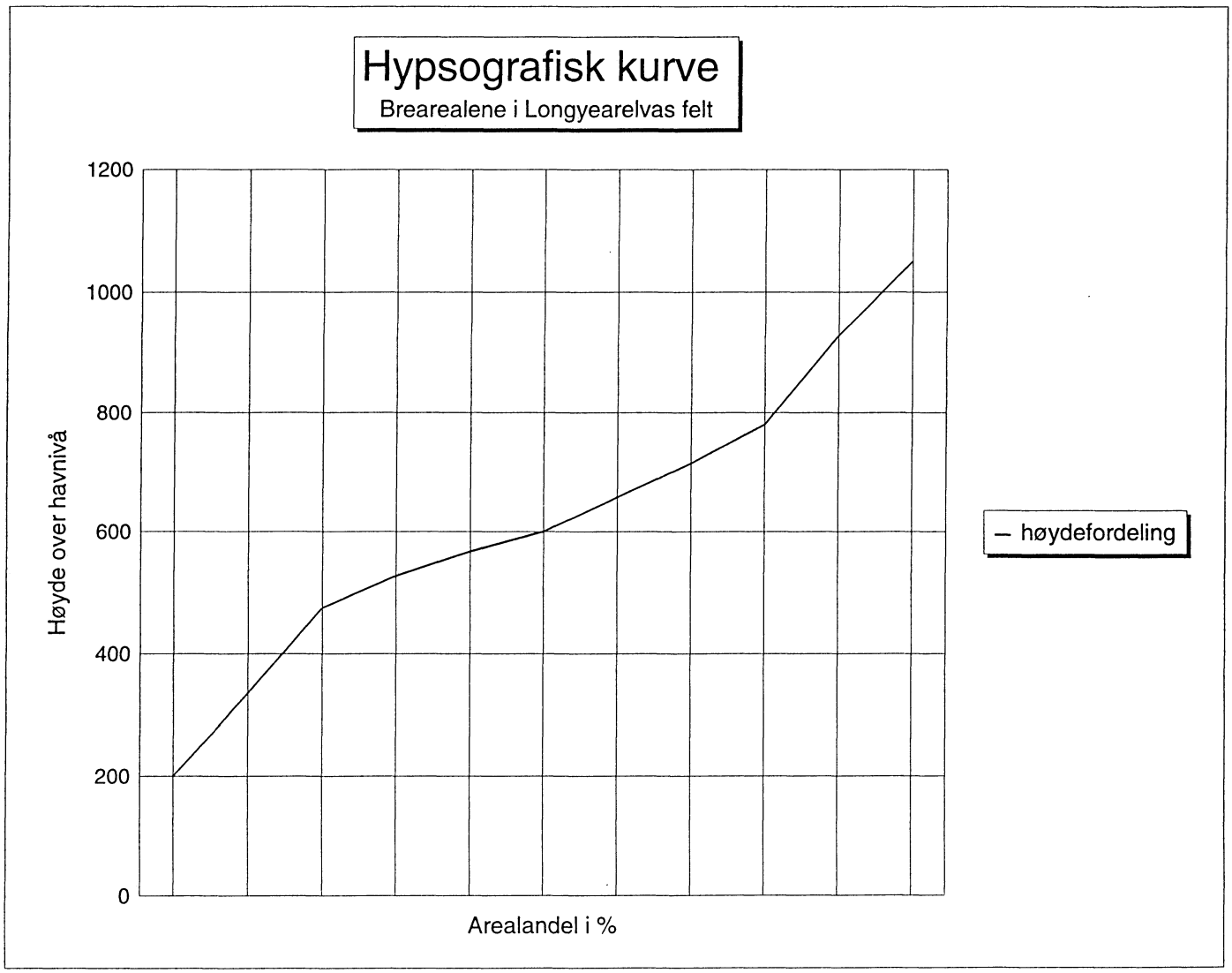
pkt	areal%	høydefordeling
1	0	50
2	10	170
3	20	325
4	30	410
5	40	456
6	50	500
7	60	554
8	70	595
9	80	685
10	90	798
11	100	1050



Bilag 5.2

Hypsografisk kurve for Longyearelvas breareal

pkt	areal%	høydefordeling
1	0	200
2	10	335
3	20	475
4	30	528
5	40	568
6	50	600
7	60	658
8	70	715
9	80	780
10	90	928
11	100	1050



Bilag 6

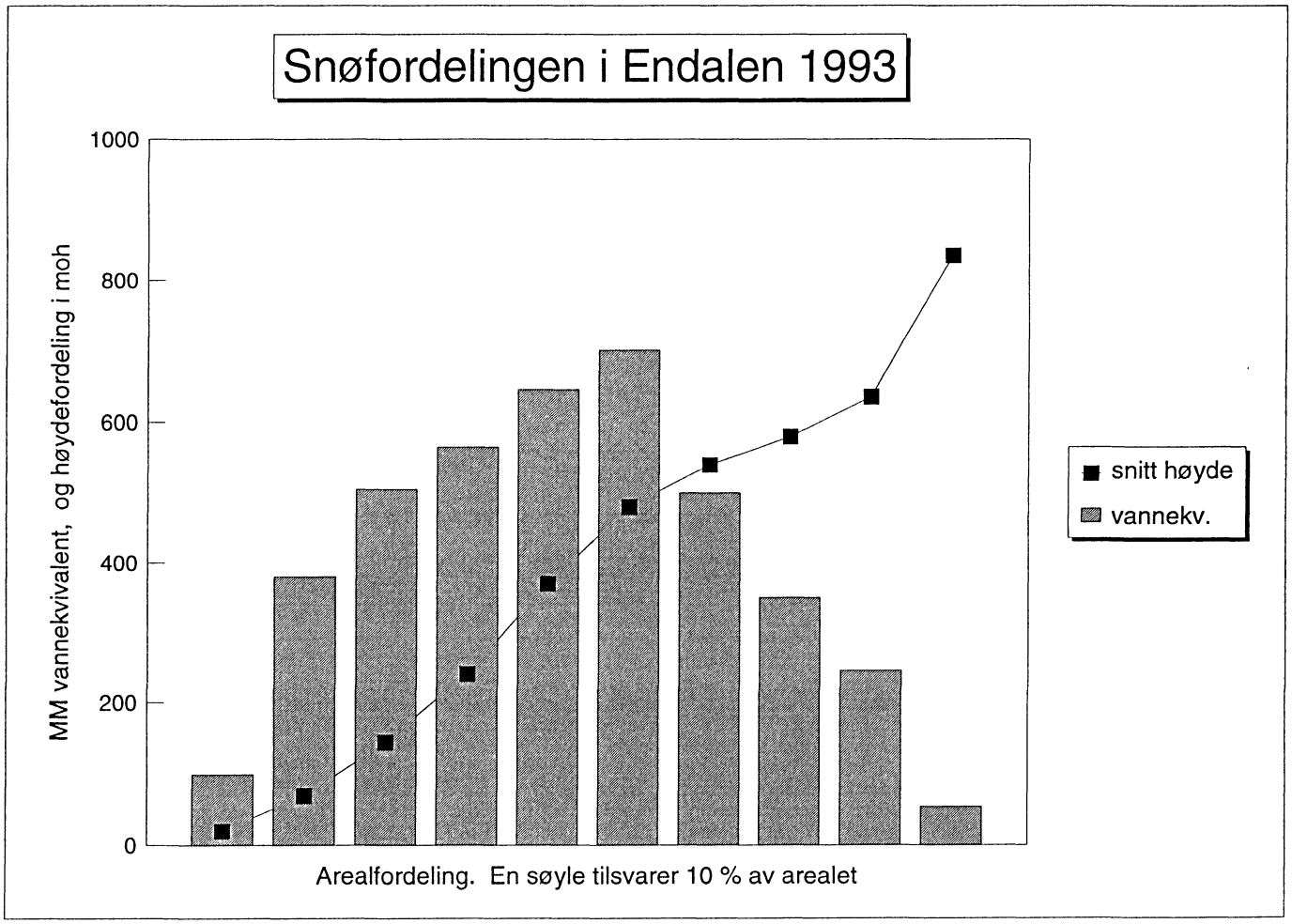
```
   1.000000      TIDSSKRITTET I BEREGNINGENE (TIMER)

            0   ANTALL ELVEKANALER.

            0  ANTALL MAGASINER.

            0   ANTALL VANNF\RINGSKURVER.

            1    ANTALL FELT.

FELTPARAMETRE ETC. FOR FELTET.: longy1
   H\YDE(M)    50.  170.  325.  410.  456.  500.  554.  595.  685.  798. 1050.
VANNEKVIV.(MM)  540.  660.  750.  790.  810.  600.  440.  270.  100.   40.
MODELLPARAMETRE:
FELTAREAL                    23.000  KM2
SJOAREAL                      0.000  KM2
AREAL AV REGULERINGSMAG       0.000  KM2
ROTSONEKAPASITET             50.000  MM
\VRE T\MMEKONSTANT            0.114  1/TIME
NEDRE T\MMEKONSTANT           0.033  1/TIME
TERSKELVERDI                  5.000  MM
KONSENTRASJONSTIDEN           1.000  TIDSSKRITT
KORR.FAKTOR FOR NEDB\R        1.000
GRADDAGSFAKTOR. P< 1MM        0.130  MM/TIME GRAD
 ------------   P> 1MM        0.230  ------------
NEDB\RENS H\YDEKORR.          8.000  MM/100 METER
TEMP.HOYDEKORR. P < 1MM      -0.600  GRAD/100 METER
--------------  P > 1MM      -0.600  --------------
NEDB\RSTASJONENS H\YDE       28.000  METER OVER HAVET
TEMP.STASJONENS H\YDE        28.000  METER OVER HAVET
2. TEMPSTASJONS  HOYDE        0.000  ----------------
TERSKELVERDI REGN/SN\         1.000  GRAD
```

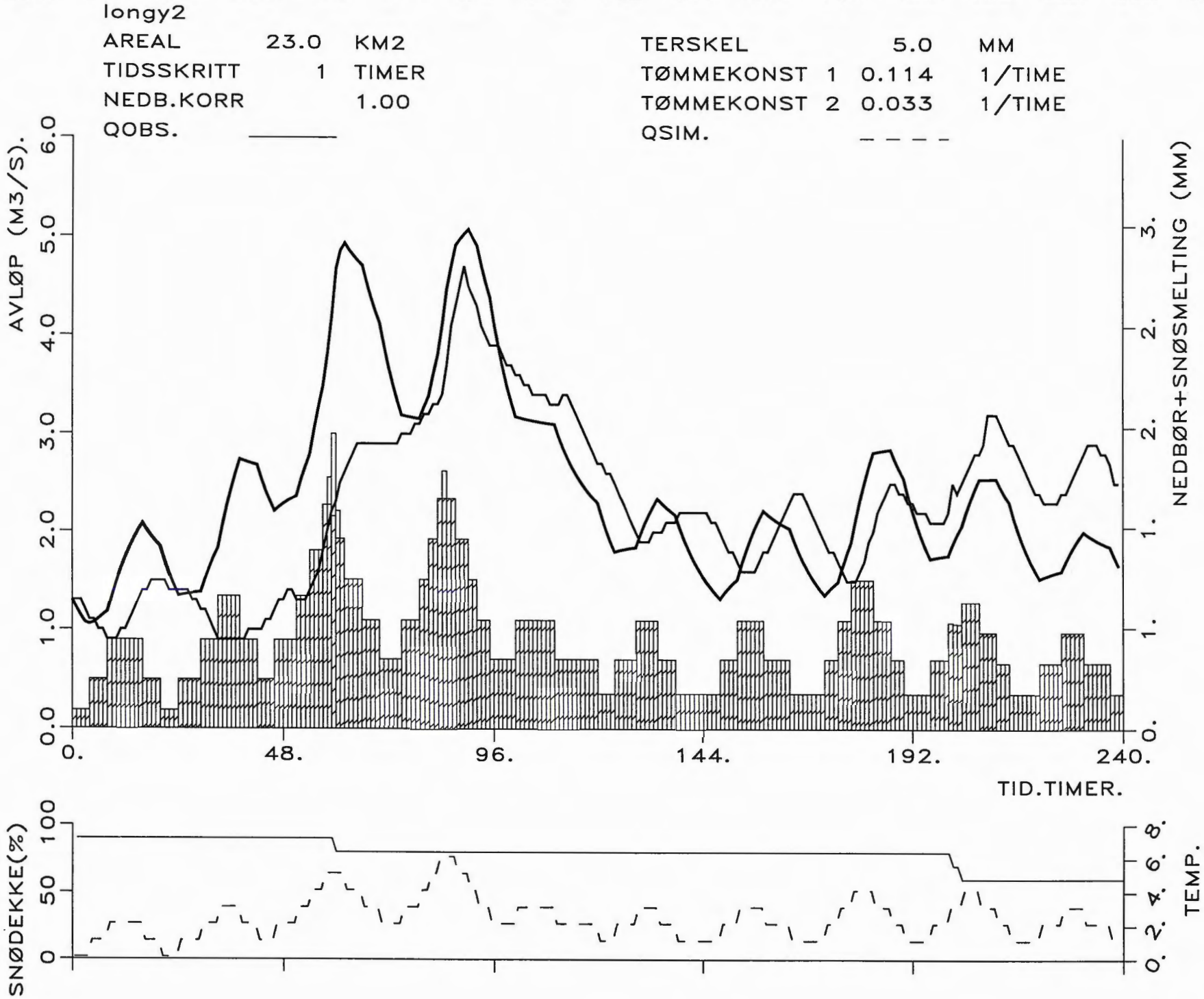
Bilag 7

```
   1.000000      TIDSSKRITTET I BEREGNINGENE (TIMER)

            0   ANTALL ELVEKANALER.

            0  ANTALL MAGASINER.

            0   ANTALL VANNF\RINGSKURVER.

            1    ANTALL FELT.

FELTPARAMETRE ETC. FOR FELTET.: longy1
   H\YDE(M)    50.  170.  325.  410.  456.  500.  554.  595.  685.  798. 1050.
VANNEKVIV.(MM)    0. 2000. 2000.  500.  100.  100.   50.   50.    0.    0.
MODELLPARAMETRE:
FELTAREAL                    23.000  KM2
SJOAREAL                      0.000  KM2
AREAL AV REGULERINGSMAG       0.000  KM2
ROTSONEKAPASITET             50.000  MM
\VRE T\MMEKONSTANT            0.114  1/TIME
NEDRE T\MMEKONSTANT           0.033  1/TIME
TERSKELVERDI                  5.000  MM
KONSENTRASJONSTIDEN           1.000  TIDSSKRITT
KORR.FAKTOR FOR NEDB\R        1.000
GRADDAGSFAKTOR. P< 1MM        0.130  MM/TIME GRAD
 ------------   P> 1MM        0.230  ------------
NEDB\RENS H\YDEKORR.          8.000  MM/100 METER
TEMP.HOYDEKORR. P < 1MM      -0.600  GRAD/100 METER
--------------  P > 1MM      -0.600  --------------
NEDB\RSTASJONENS H\YDE       28.000  METER OVER HAVET
TEMP.STASJONENS H\YDE        28.000  METER OVER HAVET
2. TEMPSTASJONS  HOYDE        0.000  ----------------
TERSKELVERDI REGN/SN\         1.000  GRAD
```

Snøfordeling som funksjon av høyde over havet

pkt	areal%	høyde	snitt høyde	vannekv.
1	0	10	20	100
2	10	30	70	380
3	20	110	145	505
4	30	180	240	565
5	40	300	370	645
6	50	440	480	700
7	60	520	540	500
8	70	560	580	350
9	80	600	635	245
10	90	670	835	55
11	100	1000		

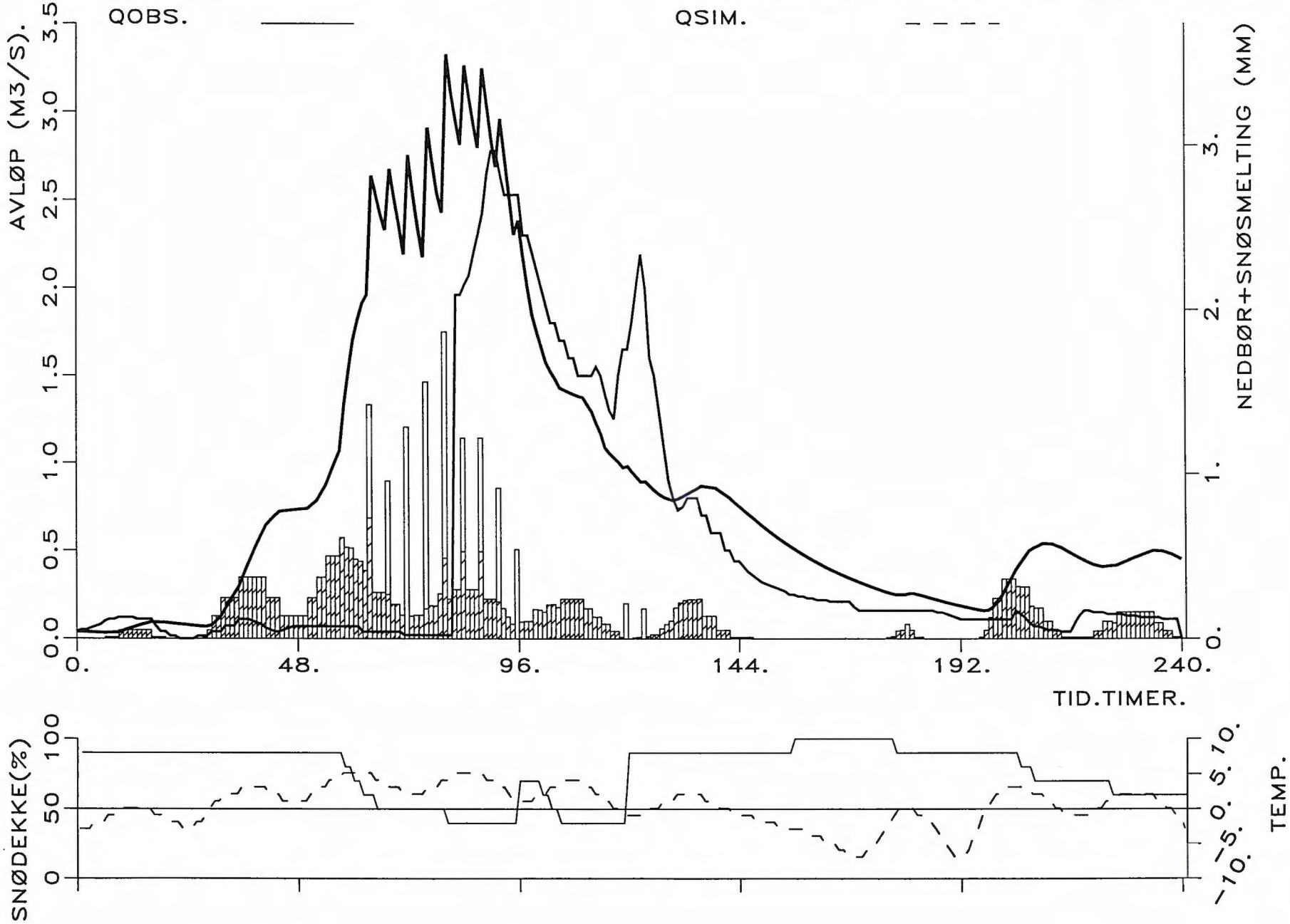



longy2
AREAL 23.0 KM2
TIDSSKRITT 1 TIMER
NEDB.KORR 1.00
QOBS.
TERSKEL 5.0 MM
TØMMEKONST 1 0.114 1/TIME
TØMMEKONST 2 0.033 1/TIME
QSIM.
AVLØP (M3/S).
NEDBØR+SNØSMELTING (MM)
TID.TIMER.
SNØDEKKE(%)
TEMP.

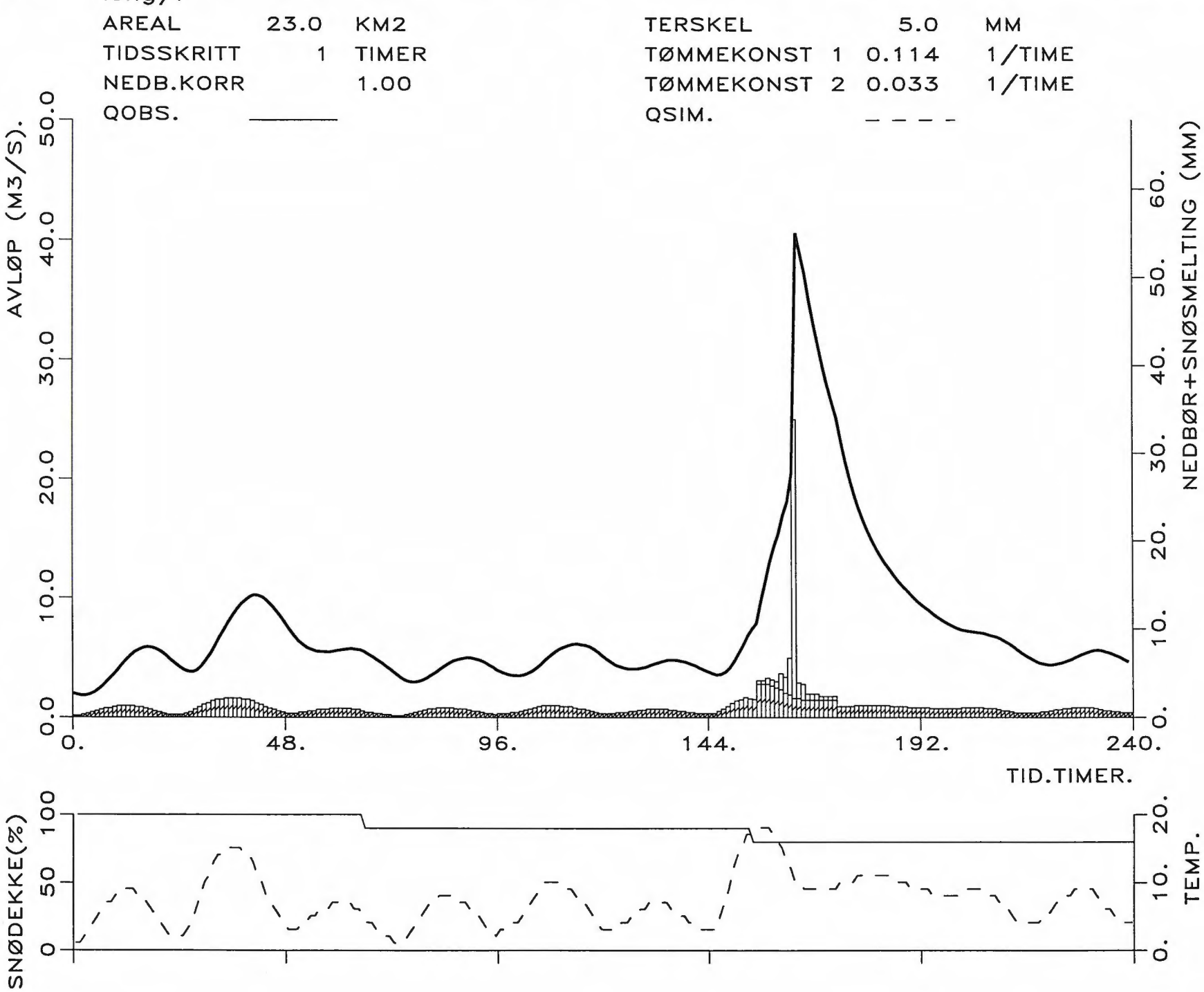
Bilag 9.1

longy3

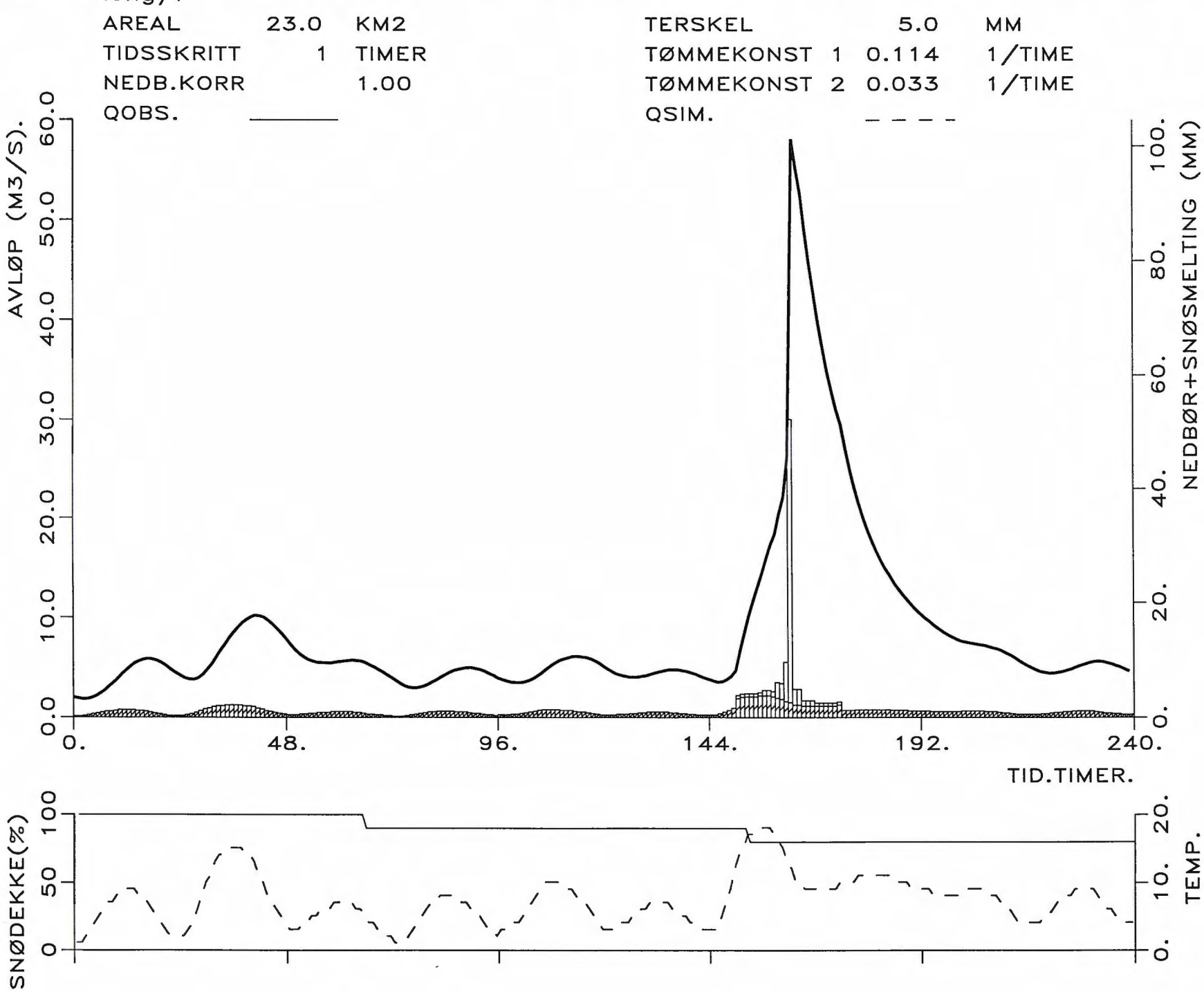
AREAL	23.0	KM2	TERSKEL	5.0	MM
TIDSSKRITT	1	TIMER	TØMMEKONST 1	0.114	1/TIME
NEDB.KORR		1.00	TØMMEKONST 2	0.033	1/TIME
QOBS.	———		QSIM.	- - - -	



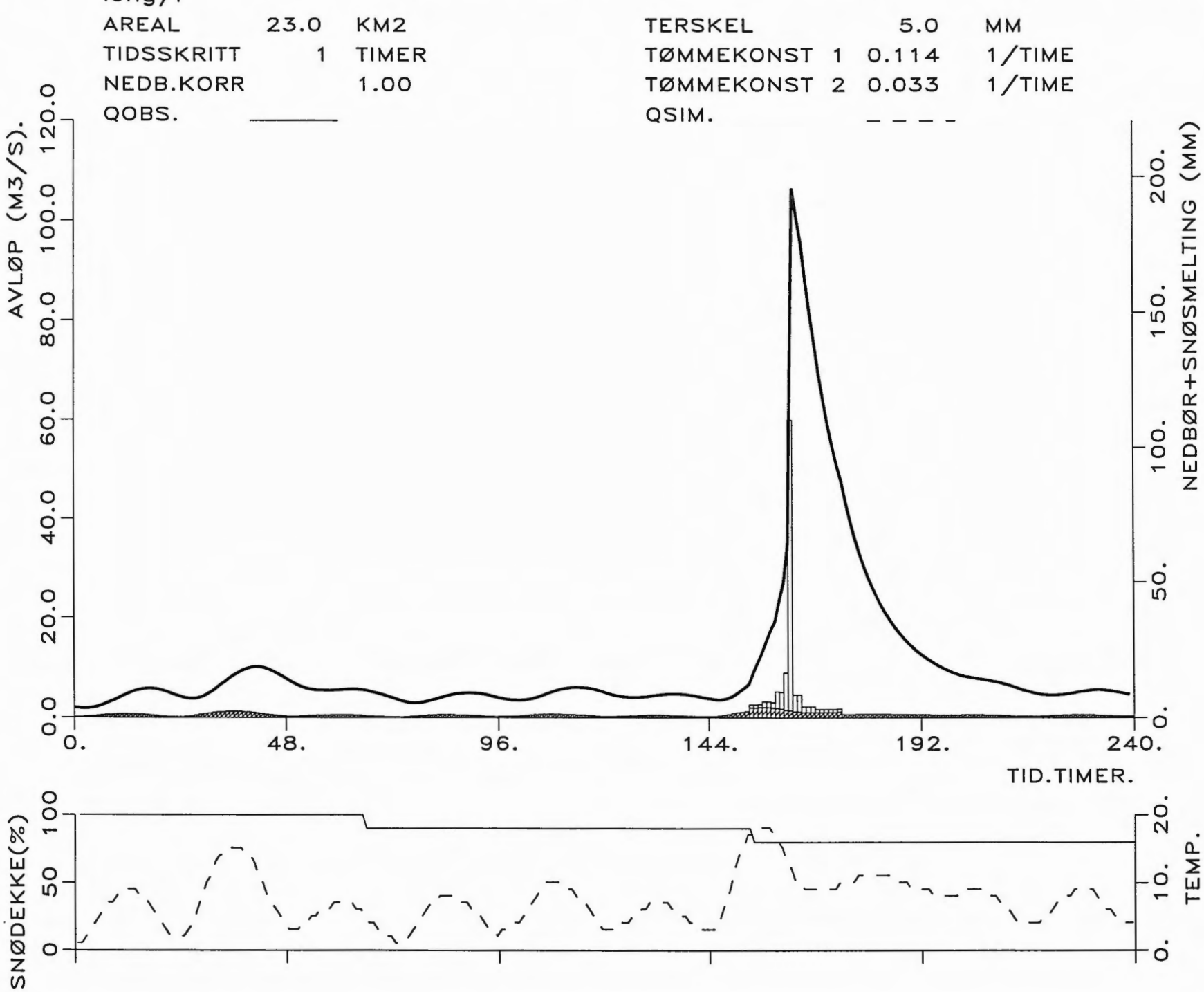
Bilag 9.2


longy1
AREAL 23.0 KM2
TIDSSKRITT 1 TIMER
NEDB.KORR 1.00
QOBS.
TERSKEL 5.0 MM
TØMMEKONST 1 0.114 1/TIME
TØMMEKONST 2 0.033 1/TIME
QSIM.
AVLØP (M3/S).
0.0
10.0
20.0
30.0
40.0
50.0
NEDBØR+SNØSMELTING (MM)
0.
10.
20.
30.
40.
50.
60.
0.
48.
96.
144.
192.
240.
TID.TIMER.
SNØDEKKE(%)
0
50
100
TEMP.
0.
10.
20.

Bilag 10.1

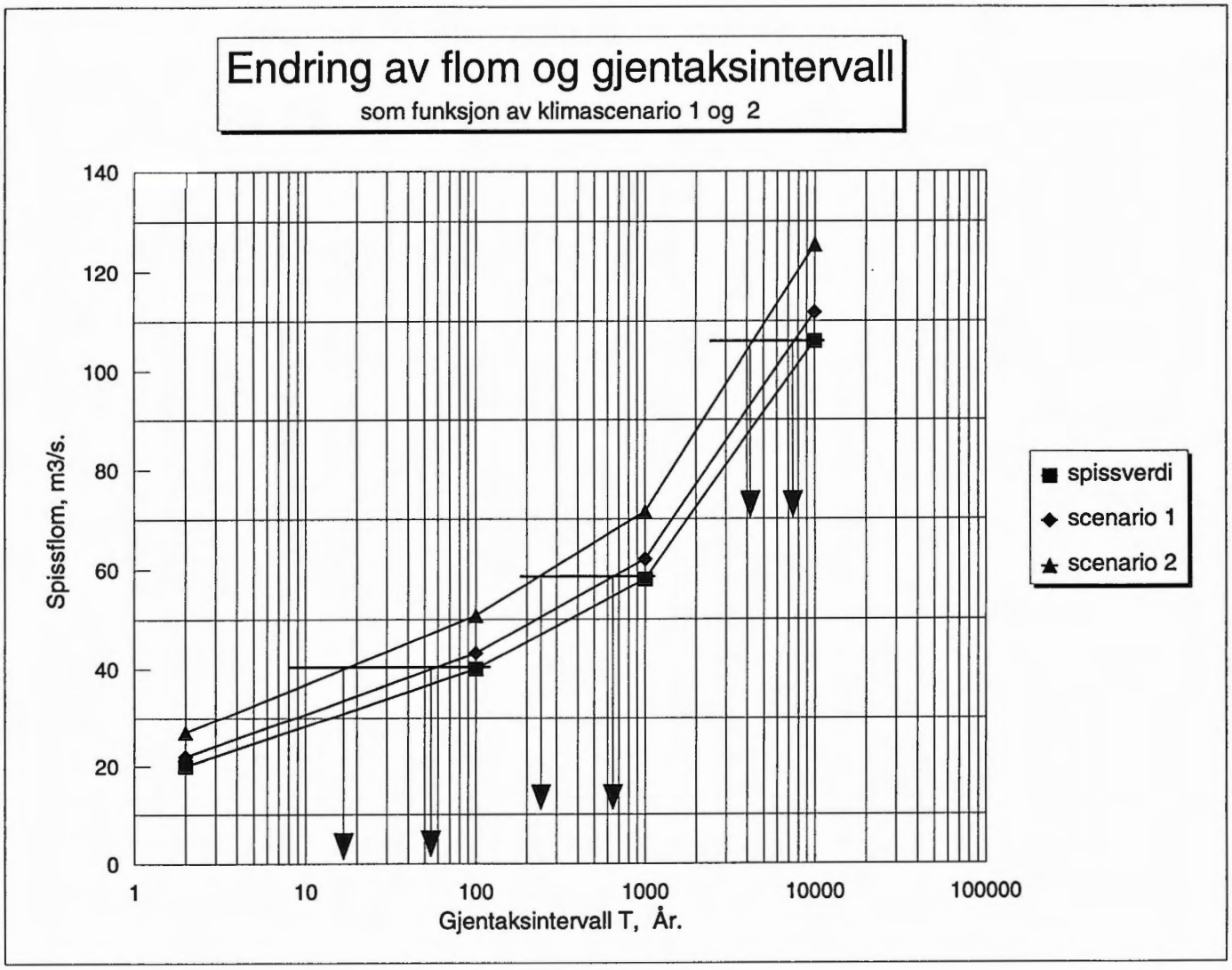

longy1
AREAL 23.0 KM2
TIDSSKRITT 1 TIMER
NEDB.KORR 1.00
QOBS.
TERSKEL 5.0 MM
TØMMEKONST 1 0.114 1/TIME
TØMMEKONST 2 0.033 1/TIME
QSIM.
AVLØP (M3/S).
0.0
10.0
20.0
30.0
40.0
50.0
60.0
NEDBØR+SNØSMELTING (MM)
0.
20.
40.
60.
80.
100.
0.
48.
96.
144.
192.
240.
TID.TIMER.
SNØDEKKE(%)
0
50
100
TEMP.
0.
10.
20.

Bilag 10.2

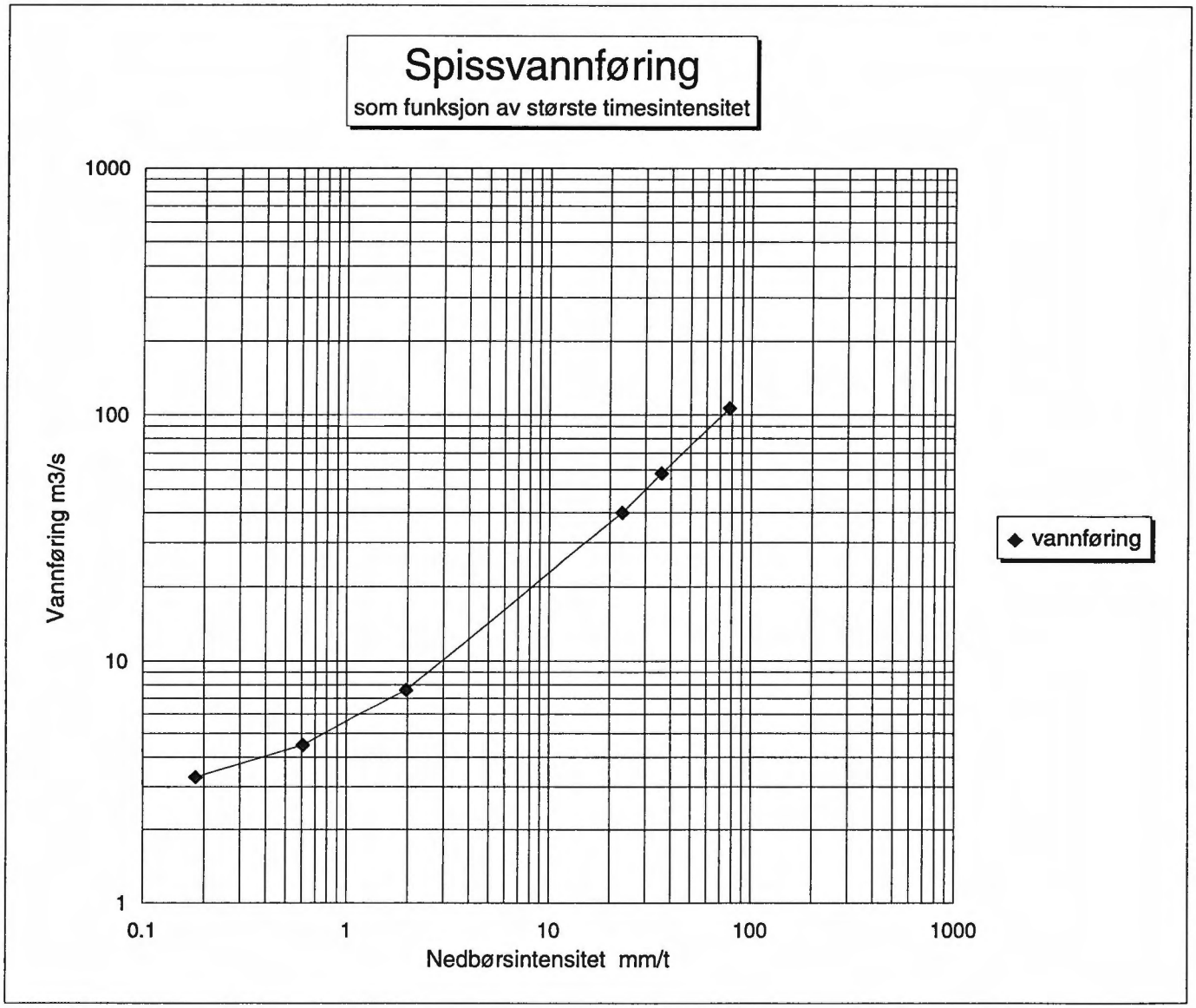

longy1
AREAL 23.0 KM2
TIDSSKRITT 1 TIMER
NEDB.KORR 1.00
QOBS.
TERSKEL 5.0 MM
TØMMEKONST 1 0.114 1/TIME
TØMMEKONST 2 0.033 1/TIME
QSIM.
AVLØP (M3/S).
0.0
20.0
40.0
60.0
80.0
100.0
120.0
NEDBØR+SNØSMELTING (MM)
0.
50.
100.
150.
200.
0.
48.
96.
144.
192.
240.
TID.TIMER.
SNØDEKKE(%)
0
50
100
TEMP.
0.
10.
20.

Bilag 10.3

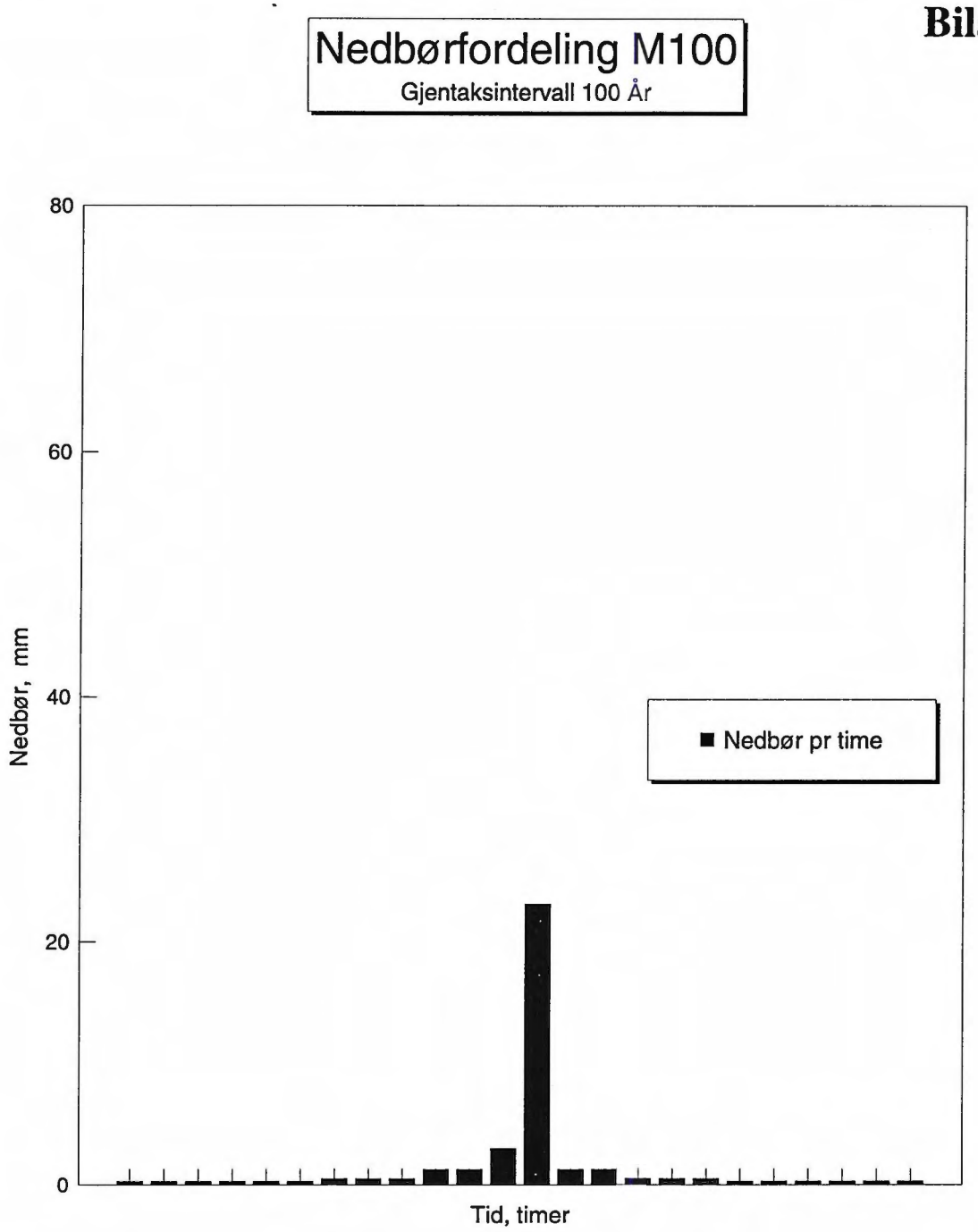
punkt	gjent.int. T	spissverdi	scenario 1	scenario 2
1	2	20	22	27
2	100	40	43.2	50.8
3	1000	58	62	71.5
4	10000	106	111.8	125.4



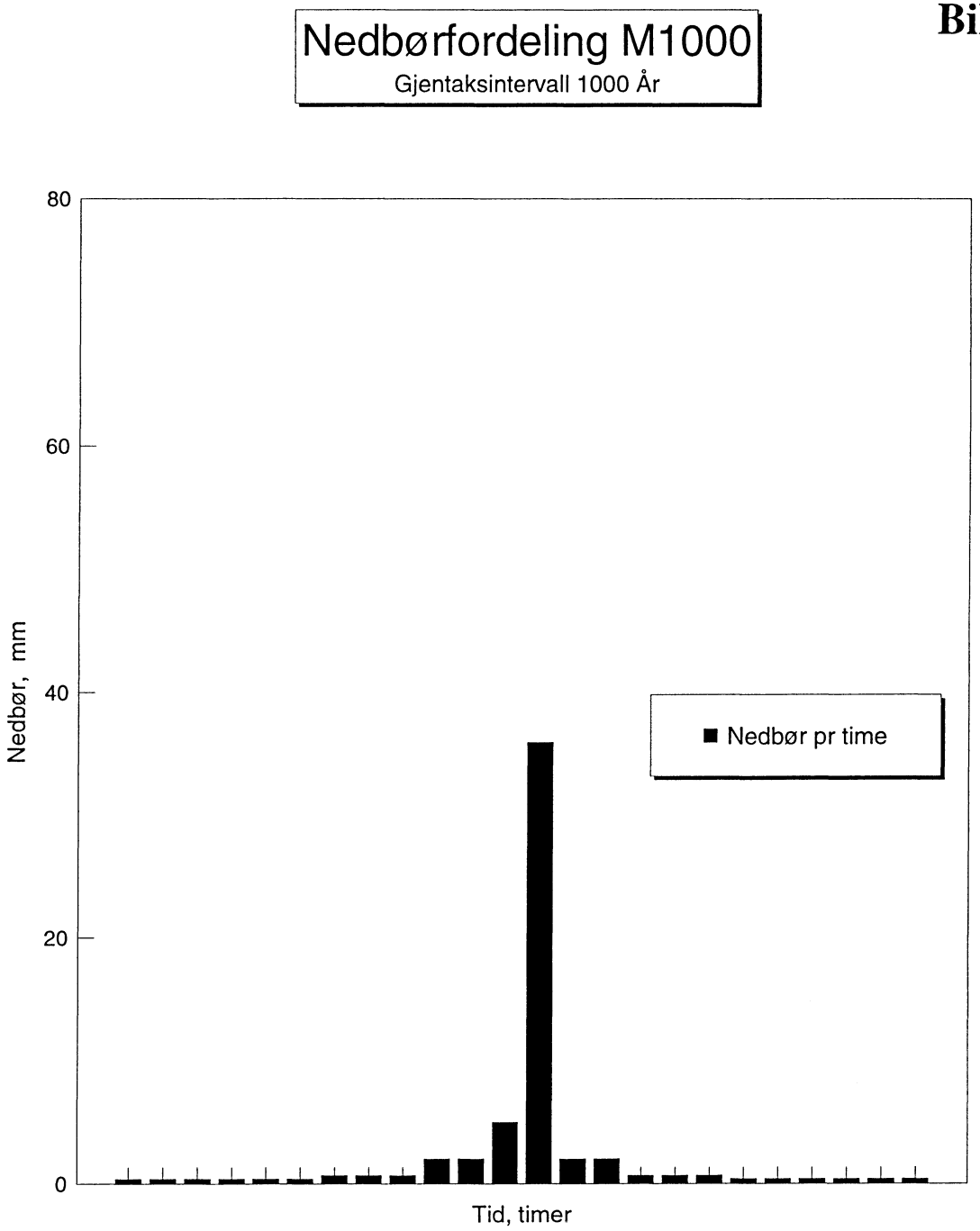
punkt	int. mm/t	vannføring
1	0.182	3.3
2	0.611	4.5
3	1.967	7.6
4	23	40
5	36	58
6	78	106



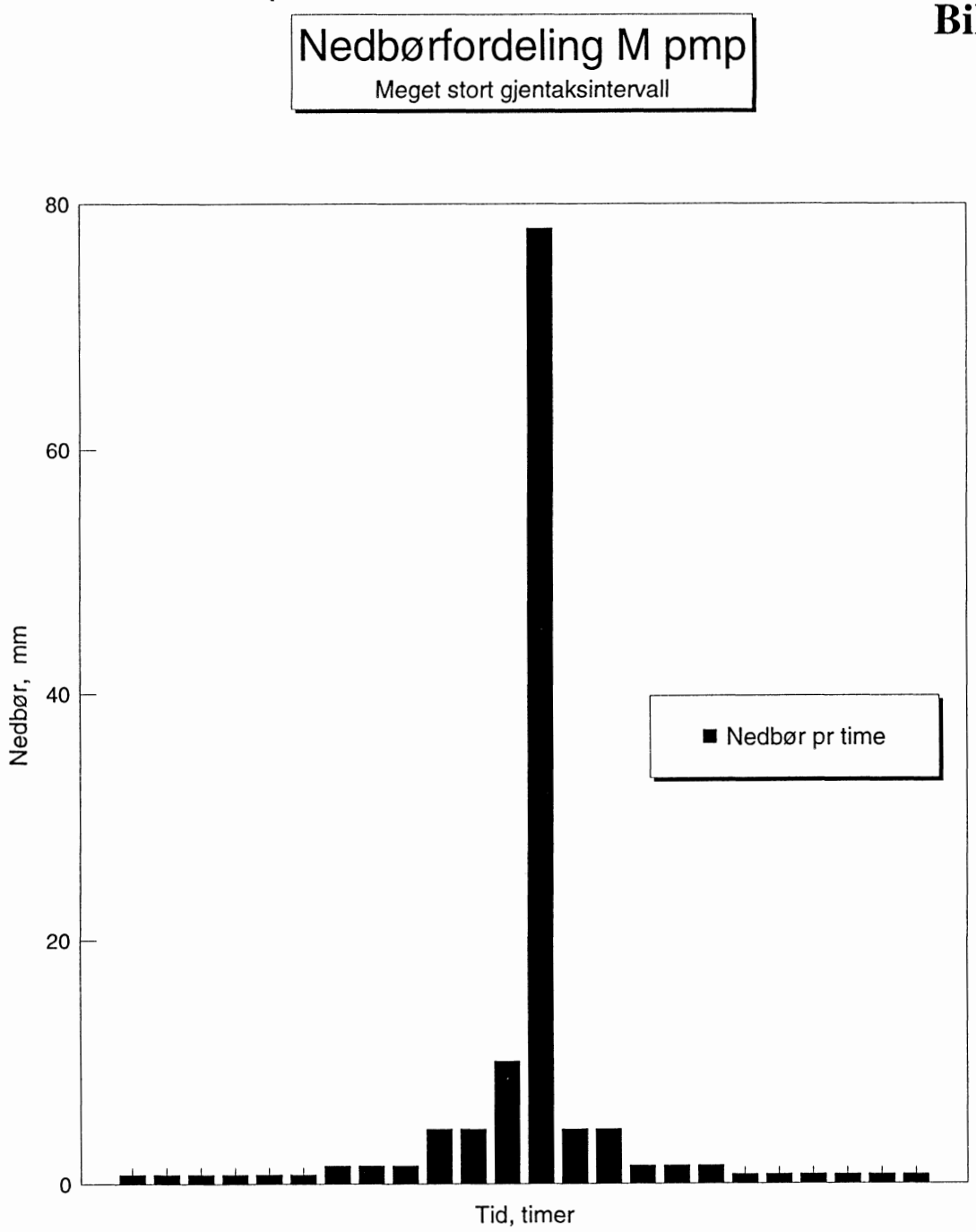
Bilag 13.1


Nedbørfordeling M100
Gjentaksintervall 100 År
80
60
40
20
0
Nedbør, mm
Nedbør pr time
Tid, timer

Bilag 13.2

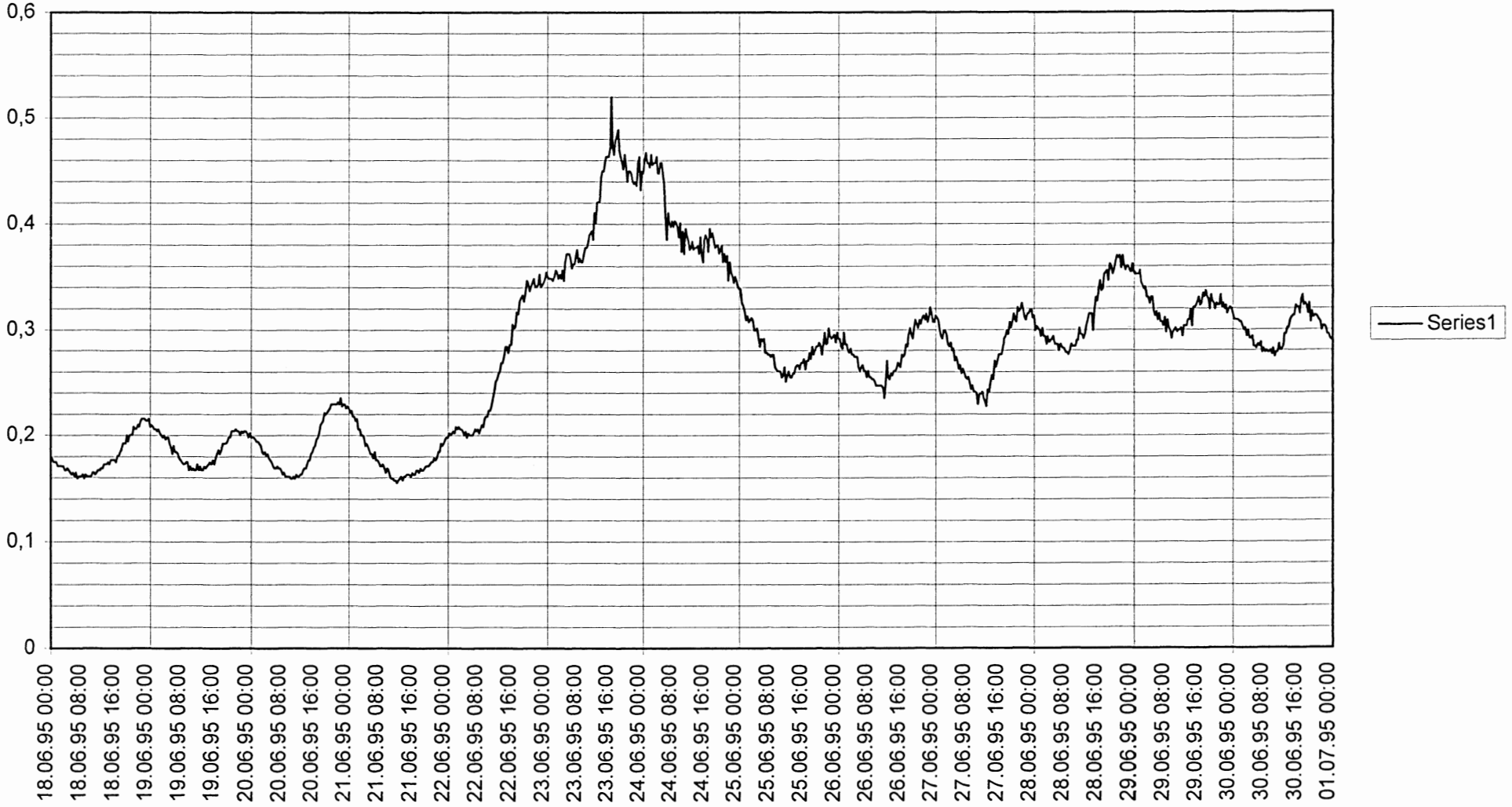

Nedbørfordeling M1000
Gjentaksintervall 1000 År
80
60
40
20
0
Nedbør, mm
Nedbør pr time
Tid, timer

Bilag 13.3

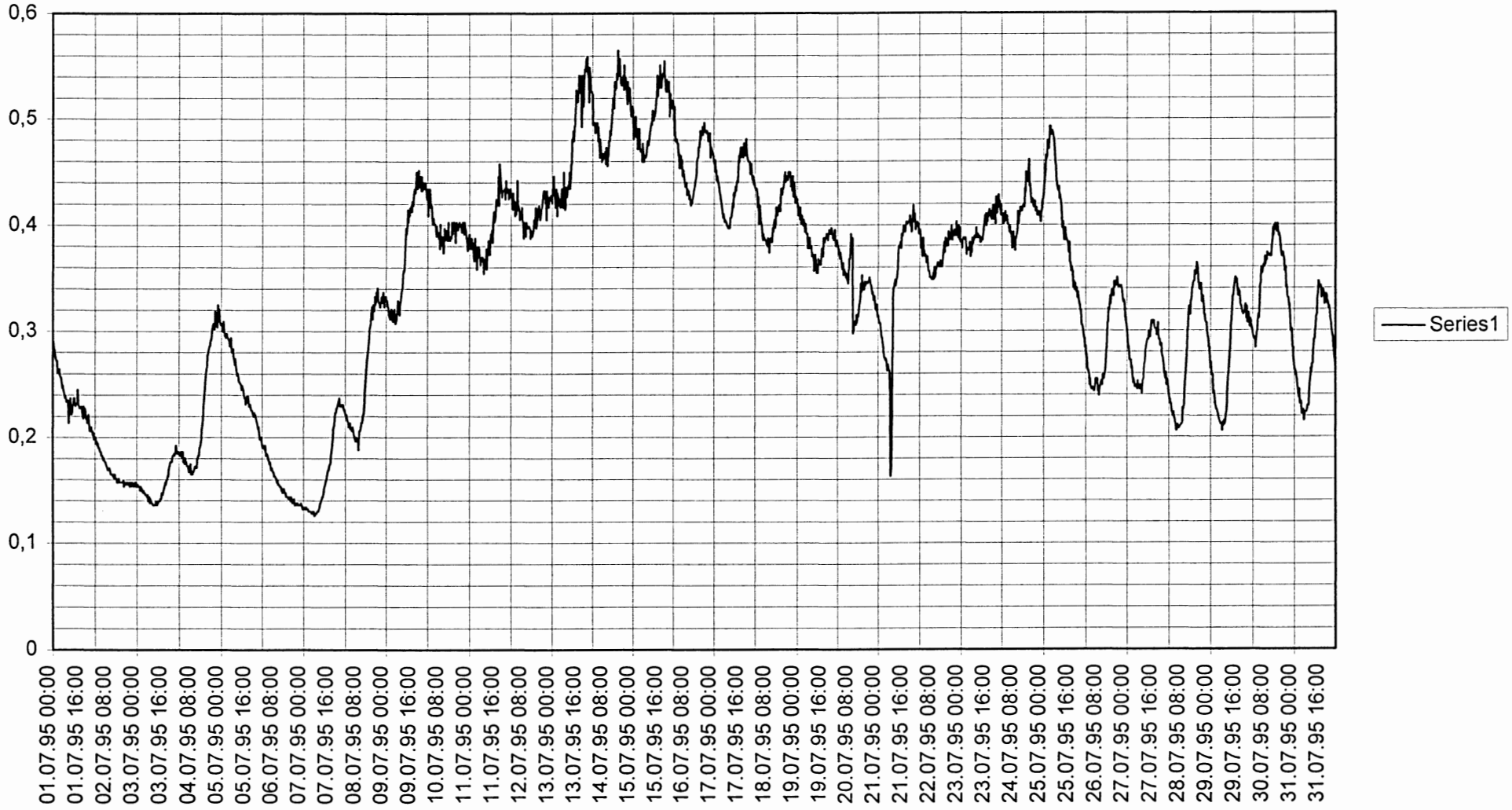

Nedbørfordeling M pmp
Meget stort gjentaksintervall
80
60
40
20
0
Nedbør, mm
Nedbør pr time
Tid, timer

Bilag 14

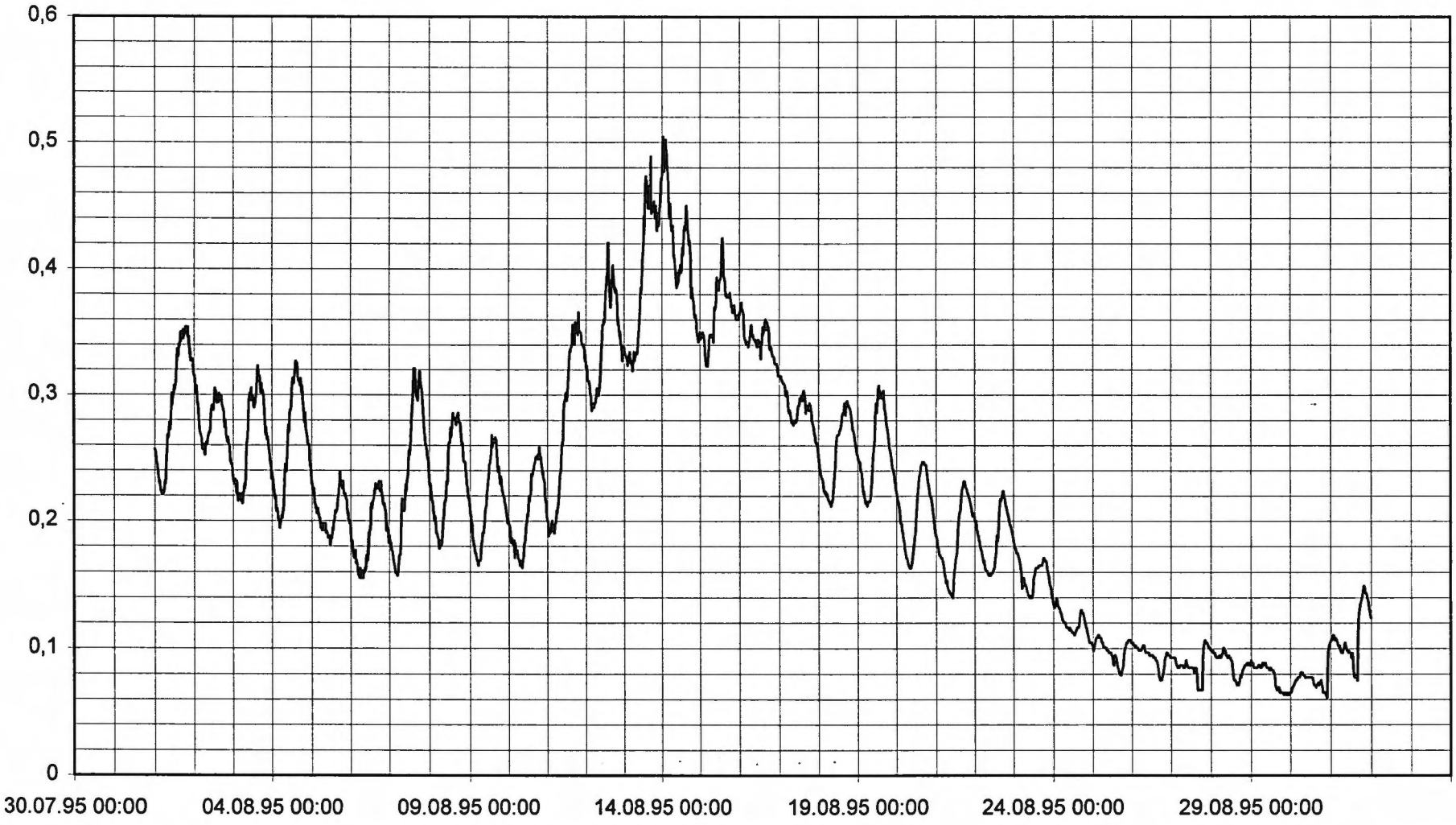
Vannstand Longyearelva juni 1995



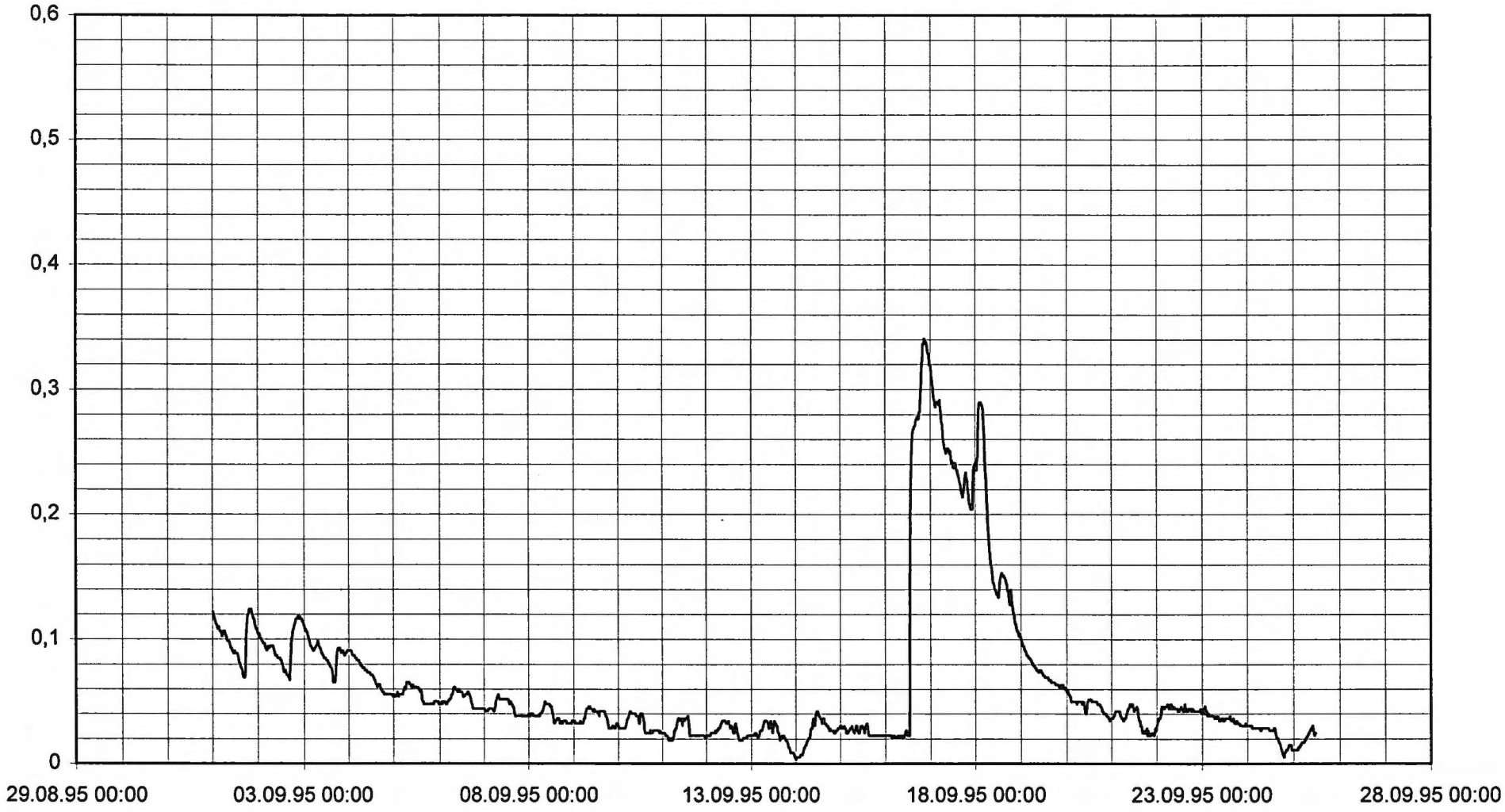
Vannstand Longyearelva juli 1995



Vannstand Longyearelva august 1995



Longyearelva vannstand september 1995



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.)