

RAPPORT

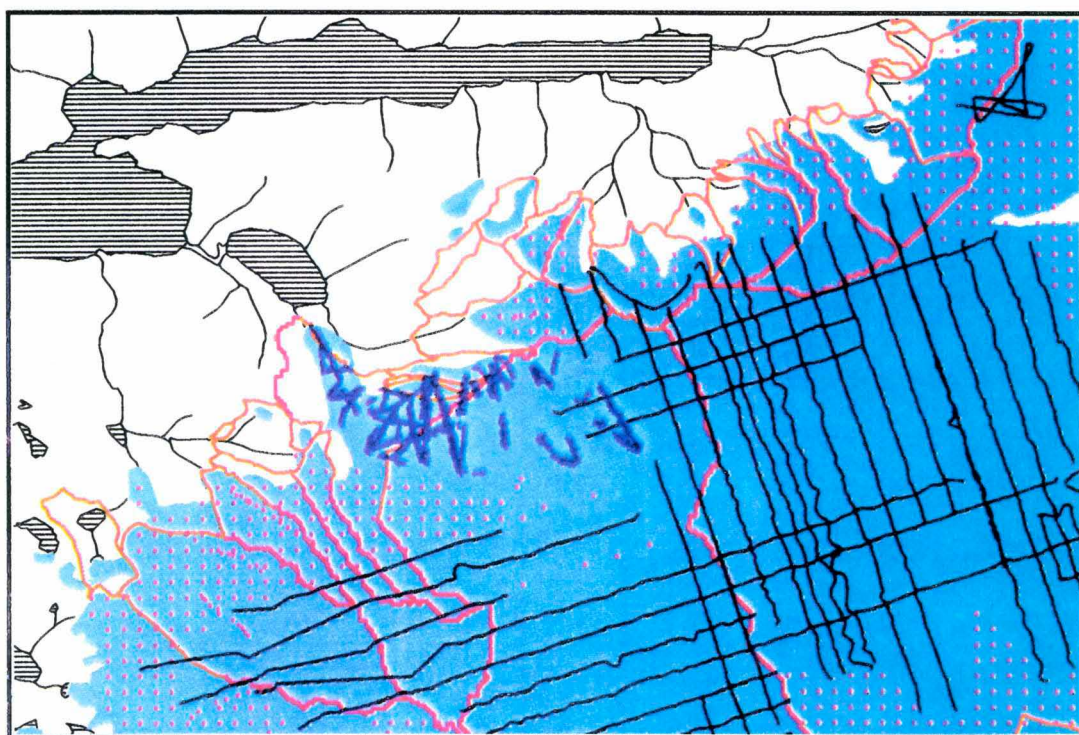
22 1995



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Mike Kennett
Hallgeir Elvehøy

BESTEMMELSE AV DRENERINGSGRENSER FOR INNTAK TIL SVARTISEN KRAFTVERK



HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL Bestemmelse av dreneringsgrenser for inntak til Svartisen Kraftverk	RAPPORT Nr 22 1995
SAKSBEHANDLER Mike Kennett og Hallgeir Elvehøy	DATO 30.06.95
	RAPPORTEN ER Åpen
OPPDRAAGSGIVER Statkraft SF	OPPLAG 50

SAMMENDRAG

Dreneringsgrensene for alle inntak til Svartisen Kraftverk er blitt beregnet. Datagrunnlaget består hovedsaklig av kart i målestokk 1:10 000 - 1:50 000, digitale høydedata og istykkelsesdata fra Vestisen. Geografisk informasjonssystem (GIS) verktøy er brukt der det finnes gode digitale høydedata, men grensene er trukket manuelt der kartdataene er bedre. På Vestisen er istykkelsesdataene og isoverflatehøyden blitt benyttet til å beregne dreneringsforholdene under breen og deretter grensene. Resultatene viser at totalarealet for kraftverket er 2.76 km² (0.5%) større enn Statkrafts beregninger fra 1989. Endringene er imidlertid relativt store for noen inntak. For eksempel har Storglomvatn en økning på 7.65 km², mens noen av småfeltene har endringer opp til en faktor på 20. Grensene er forflyttet opp til 3 km i forhold til tidligere beregninger.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Svartisen, dreneringsgrenser, istykkelse, geografisk informasjonssystem, brehydrologi

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arne Tollan
Avd.dir., Hydrologisk avdeling

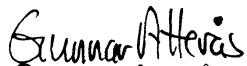
**NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK**

FORORD

Statkrafts Svartisen kraftverk utnytter vann fra 60 inntak rundt breen med feltarealer fra under 0,1 km² til ca. 250 km². Mange av feltgrensene krysser breområder, men tidligere beregninger av feltarealer har ikke tatt hensyn til bretykkelsen. I tillegg har det vært endringer til mange inntaksposisjoner i forhold til tidligere beregninger, og en god del annen informasjon er blitt tilgjengelig siden planlegging av utbyggingen. NVE, Seksjon Bre og Snø har mye erfaring med kartlegging av dreneringsgrenser på breer og har tidligere kartlagt bretykkelsen over mesteparten av Vestisen. NVE ble derfor engasjert til beregning av dreneringsfeltgrenser for alle inntak til Svartisen kraftverk. Denne rapporten er sluttproduktet i forhold til Statkrafts bestilling nr. 94/11217.

Mike Kennett har vært prosjektansvarlig, mens Hallgeir Elvehøy og Cecilie Rolstad har vært prosjektmedarbeidere.

Oslo, juni 1995


Gunnar Atterås
fung. seksjonssjef

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	7
2. DATAGRUNNLAGET	7
2.1 Kart	7
2.2 Koordinatdata	8
2.3 Annet informasjon	8
3. METODE	8
4. RESULTATER	10
4.1 Sydoverføringen	12
4.2 Nordoverføringen	14
4.3 Storglomvatn	15
4.4 Østoverføringen	16
5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER	17
6. REFERANSER	18

1. INNLEDNING

En bestemmelse av dreneringsfeltene til hvert inntak og det totale dreneringsfeltet er viktig for f.eks. dimensjonering av inntakene til Svartisen kraftverk, beregning av vannføring under ulike vær- og klimaprognoser, og evaluering av skjønnsrerstatning. Tidligere beregninger av dreneringsgrenser er rapportert i skjønnsrapporten (Statkraft, 1989), men disse er basert på planlagte inntaksposisjoner, og mange er blitt flyttet i forhold til planen. I tillegg er beregninger på breene basert på isoverflatehøyde uten å ta hensyn til hydrologiske forhold i og under breene, og representerer derfor en kartlegging av isskiller.

NVE, Seksjon Bre og Snø har mye erfaring med kartlegging av dreneringsgrenser fra andre breer: Jostedalsbreen (Kennett, 1989a), Spørteggbreen (Kennett, 1989b), Blåmannsisen (Kennett, 1990) og Svartiseibreen (Kjøllmoen og Kennett, 1995). Resultatene viser at avviket mellom dreneringsgrensene og isskillene kan være betydelig. Det er også innsamlet omfattende istykkelsesdata på Vestisen fra 1986 (målinger fra isoverflaten), 1991 og 1992 (fra helikopter). I tillegg har NVE anskaffet nye GIS (Geografisk Informasjonssystem) verktøy for automatisk beregning av dreneringsgrenser, og har allerede benyttet systemet på Engabreen.

2. DATAGRUNNLAGET

Datagrunnlaget er gjengitt nedenfor sammen med eventuelle kommentarer om datakvaliteten.

2.1 Kart

Fig. 1 viser en oversikt over kartdekningen for kraftverkets dreneringsområde :

- Økonomiske kart i målestokk 1:10 000 basert på flyfotografering i 1968, med bekkeinntakene og de fleste dreneringsgrenser utenfor brekanten inntegnet av Statkraft. Inntaksposisjoner er basert på posisjonering i tunellsystemet. Kartgrunnlaget dekker nordsiden av Vestisen (Sydoverføringen og Nordoverføringen), området rundt Storglomvatn, og øvre deler av Beiardalen og Blakkådalen. Kartene finnes også i målestokk 1:20 000.
- Fjellanger Widerøes (FW) kart i målestokk 1:20 000 generert fra ca. 50 m x 50 m høydeprofiler (se under) på Vestisen, Østisen og breområdene i Beiarn basert på flybilder tatt i 1985. Kartene viser for kupert terreng i noen breområder på grunn av "støy" i profildataene.
- Statens Kartverks (SK) M711-serie kartblad 2028-III og 2028-IV 1:50 000 basert på flyfotografering i 1968, med dreneringsgrenser og bekkeinntak i Gråtådalen og Vegdalen inntegnet av Statkraft. M711-kart ble også benyttet i området ved Terskaldvatn.

2.2 Koordinatdata

- SKs 100 m x 100 m høydegrid basert på M711-serie kart. Dataene er imidlertid grovere enn M711 kart.
- FWs høydeprofildata (se ovenfor). Dataene inneholder en del støy.
- FWs brebegrensning (1985 flybilder, 1:10 000 kartgrunnlag).
- SKs brebegrensning (1968 flybilder, 1:250 000 kartgrunnlag). Brukt kun for plotting.
- NVE's istykkelsesdata målt med radar fra breoverflaten (1986) og helikopter (1991 og 1992). Dekningen er vist i fig. 2.

2.3 Annen informasjon

- Statkrafts skjønnsrapport (1989).
- Vertikale flybilder fra 1985 og 1994.
- Høyder på alle inntak ut fra posisjonering i tunnelsystemet. Det var vanskelig å plassere inntak noen steder der elveløpet har lite fall.
- Resultater fra sporstoffmålinger på Engabreen i 1993 (NVE, 1993) og 1994 (NVE, 1994).
- Observasjoner av bl.a. N. Brinchmann, Statkraft Engineering A/S.

3. METODE

Utenfor breen renner vann rett nedover, drevet av gradienten i terrenghøyden. Dreneringsgrensene kan da trekkes manuelt ut fra koter i terrenghøyde. Brevann (smeltevann og regn) drenerer gjennom breen og deretter langs rebunnen der det er drevet av gradienten i "hydraulisk head":

$$Z_h = Z_{bunn} + P_{vann} / (\rho_{vann} * g)$$

(Shreve, 1972), der Z_{bunn} er bunnhøyde, P_{vann} er vanntrykk, ρ_{vann} er vannets tetthet ($1\,000\text{ kg/m}^3$) og g er tyngdens akselerasjon (9.81 m/s^2). Dreneringsgrenser under breen finnes ved å trekke grenser i Z_h . Vi antar at brevann drenerer loddrett nedover i breen slik at dreneringsgrensene på breoverflaten ligger direkte ovenfor grensene på rebunnen. Björnsson (1988) og Kennett (1989a, 1989b, 1990) antar at vanntrykk er lik istrykket P_{is} :

$$P_{vann} = P_{is} = \rho_{is} * g * H$$

der H er istykkelsen og ρ_{is} er isen tetthet (917 kg/m^3). Dette er antageligvis riktig nær dreneringsgrensene på grunn av små vannkanaler, men nærmere store kanaler (f.eks. under nedre deler av Engabreen) venter vi at P_{vann} er mindre enn P_{is} (Röthlisberger, 1972).

Z_h ble benyttet til beregning av dreneringsgrensene for Vestisen der vi har god dekning med istykkelsesmålinger. På de andre breene finnes det få eller ingen målinger, og her ble isoverflatehøyden Z_o benyttet.

Det eksisterer nå geografisk informasjonssystemer (GIS) som kan beregne dreneringsgrenser ut fra et rutenett (grid) med høyder. NVE har anskaffet slik programvare (Arc/Info Hydrologic Tools) og har benyttet den på Engabreen. Resultatene derfra stemmer bra med sporstoffmålinger (Kennett og Kohler, 1993).

Et $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ grid av Z_o for hele området ble laget ut fra FW- og SK-data for å kunne kjøre GIS-beregninger av grensene. FWs Z_o -data ble benyttet på Vestisen og Østisen. Dataene måtte glattes på grunn av støy ved å beregne et glidende middel over $150 \text{ m} \times 150 \text{ m}$. SKs $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ ble brukt i resten av området.

Et istykkelsesgrid ble beregnet for Vestisen ved å interpolere breradardataene. Istykkelsen H måtte imidlertid ekstrapoleres noen steder på grunn av manglende data, særlig nær brekanten. Dette ble gjort ved å anta at skjærspenningen τ er konstant over breen, der

$$\tau = \rho_{is} * g * H * \tan \alpha$$

og α er isoverflatehellingen. Middelverdien av τ ble beregnet til 1.27 bar der det fantes istykkelsesdata, og denne verdien ble benyttet til å ekstrapolere H til andre deler av Vestisen. Et Z_h -grid ble beregnet ved å kombinere grid for Z_o og H .

Dermed kunne dreneringsgrensene beregnes vha. GIS ut fra Z_h - eventuelt Z_o - grid. GIS-grensene utenfor breen ble imidlertid erstattet av mer nøyaktige grenser trukket manuelt på økonomiske (evt. M711) kart. For mange av de små feltene på vestsiden av Vestisen skjærte GIS-grensene brekanten på feil sted på grunn av for grove høydedata. Disse grensene måtte derfor trekkes manuelt inn på breen ved hjelp av Z_h -kotene.

Kart fra ulike tidspunkt viser en del endring i bredekning og høyde. Disse endringene kan virke inn på plasseringen av dreneringsgrensene. I så fall er kartene fra 1985 blitt benyttet til hjelp.

Plassering av breelven ved fronten og sporstoffmålinger (NVE 1993, 1994) tyder på at $P_{vann} \approx 0.5 * P_{is}$ under nedre deler av Engabreen (Kennett og Kohler, 1993). Dette forholdet ble benyttet til å beregne grensene for innløpet til Engavann.

4. RESULTATER

Dreneringsgrensene tolket manuelt og beregnet vha. GIS er vist i Fig. 3 til 7. Tabell 1 viser beregnede feltarealer.

Totalfeltet for kraftverket er beregnet til 565.96 km², en økning på 2.76 km² (0.5%) i forhold til skjønnsrapporten. Endringene til delfeltene er slik: Sydoverføringen -3.26 km² (-5%); Nordoverføringen +0.91 km² (+5%); Storglomvatn +4.67 km² (+2%); Østoverføringen +0.44 km² (+0.2%). Forandringene for enkelte inntak er store. De største absolutte forskjellene er for G52 Storglomvatn (+7.65 km²) og G51 Terskaldvatn (-2.98 km²), mens de største relative forskjellene er for G10 S. Midnattsoltindbekk (fra 0.2 til 1.11 km²) og SØ Frokosttindbekken 2 (fra 1.8 til 0.09 km²). Den største endringen i plassering av grensene i forhold til skjønnsrapporten (Statkraft, 1989) er for G51 Terskaldvatn der gensen er forflyttet opp til 3 km.

Usikkerheten i plassering av dreneringsgrenser og feltareal er vanskelig å kvantifisere. Mulige feilkilder er datagrunnlaget, dataprosessering (f.eks. interpolasjon), tolking og digitalisering. Vi antar at den største usikkerheten utenfor breene er manuell tolking og digitalisering av grensene. Usikkerheten her er anslått til ±2 mm på kart, dvs. hhv. ±100 m, ±40 m og ±20 m for M711-, FW- og økonomiske kart. Usikkerheten i feltareal er gitt av

$$\Delta A = \Delta y \sqrt{(C * S)}$$

der Δy er usikkerheten i tolking og digitalisering på tvers av grensen, S er avstanden mellom punktene og C er feltets omkrets. R1 Blakkåga har for eksempel en omkrets på 46 300 m, ca. 100 m mellom punktene og er digitalisert på M711 kart ($\Delta y = 100$ m) slik at usikkerheten i areal blir ca. 0.2 km² (0.3%). G16, som er digitalisert på økonomiske kart ($\Delta y = 20$ m), har $C = 3300$ m og $S = 10$ m som gir $\Delta A = 3\,600$ m² (1%). Der grensen må trekkes opp en fjell/dalside fra et inntak vil plasseringen være mer usikker fordi småskala former som kanskje ikke kommer fram på kartet da lett kan være avgjørende for den faktiske plasseringen.

På breene er feilen i grenseposisjoner større på grunn av stedvis manglende istykkelsesdata, usikkerheten i isoverflatehøyder og mindre tydelige former i Z_h . I tabell 1 er det gitt en kvalitativ usikkerhetsvurdering for hvert felt:

1	Liten usikkerhet
2	Noe usikkerhet, spesielt i breområdene
3	Usikker bregrense
4	Svært usikre bregrenser som trolig er naturlig ustabile

I det følgende er resultatene for de enkelte inntakene diskutert. Benevnningen følger skjønnsrapporten (Statkraft, 1989). For syd- og nordoverføringen er også benevnningen til bekkeinntakene gitt siden disse har vært mye i bruk under anleggsfasen.

Feltnr.	Inntaknr.	Navn	Areal	Inntaks- høyde	Areal	Usikk- erhet
S,1989			S,1989 (kv.km)	(m o.h.)	NVE,1995 (kv.km)	
SYDOVERFØRINGEN						
G1	1	Fonndalsakslavatn	1.0	660	1.17	1
G2	2	Fonndalsbreelv	10.1	678	7.61	3
G3	3,1	S. Vissendalen 1	1.6	644	1.67	3
G4	3,2	S. Vissendalen 2	1.6	644	3.99	3
G5	4,1	N. Vissendalen 1	0.8	648	1.01	2
G6	4,2	N. Vissendalen 2	0.2	659	0.05	1
G8		Engabreen inntak	33.8	618	32.12	2
G9	E.Syd1	N. Midnattsoltindbekk	0.2	638	0.18	2
G10	E.Syd2	S. Midnattsoltindbekk	0.2	640	1.11	3
G11	5,0+5,1	Møsbruntuvbekk 0+1	0.2	609	0.25	4
G12	5,2N+S	Møsbruntuvbekk 2N+2S	0.1	615	0.16	4
G13	5,3	Møsbruntuvbekk 3	0.6	612	0.66	4
G14	6	Littlebrebekken	2.1	624	2.37	2
G15	7,1	N. Littlebrebekken 1	1.1	633	1.06	1
G16	7,2	N. Littlebrebekken 2	0.8	669	0.38	1
G18	8	Botteløyrebekken	0.7	610	0.64	1
G20	9	Dimmdalsbekken V.Ettind	0.7	609	0.69	3
G21	10	Dimmdalsbekken M.Ettind	0.7	627	0.74	3
G22	11	Dimmdalsbekken Ø.Ettind	1.9	607	2.13	2
G23	12	Dimmdalsbekk Juret	0.6	608	0.65	2
G24	13	M. Dimmdalsbekken	3.3	612	1.73	4
G25+G26	14,1+14,2	N. Dimmdalsbekken 1+2	0.9	611	0.62	4
G28	14a	Frokosttindbrebekken	0.3	607	0.14	4
G30	15,1	SV Frokosttindbekken 1	1.6	610	2.44	4
G31	15,2	SV Frokosttindbekken 2	1.5	610	0.14	4
G32	16,1	SØ Frokosttindbekken 1	1.8	610	3.14	4
G33	16,2	SØ Frokosttindbekken 2	1.8	610	0.09	1
		TOTAL	70.2		66.94	
NORDOVERFØRINGEN						
G34	18,1	N. Frokosttindbekken 1	1.9	617	3.04	2
G34.1					0.04	1
G35	18,2	N. Frokosttindbekken 2	0.9	635	0.11	1
G36	19,1	Botntindbekken 1	0.7	608	0.23	1
G37	19,2	Botntindbekken 2	0.6	611	0.64	2
G38	19,3	Botntindbekken 3	0.1	615	0.12	1
G39	19,4	Botntindbekken 4	0.1	618	0.08	1
G40	20,1	N. Storjordbekken	0.9	607	0.91	3
G41	20,2	S. Storjordbekken	1.0	615	1.15	3
G42	22	Bjørnholbekken	4.8	712	5.11	2
G44	24,1	Fykanbotnbekken 1	1.2	752	1.41	3
G45	24,2	Fykanbotnbekken2	0.7	744	0.65	3
G47	25,1	Muskedunderbekken	1.7	622	1.81	3
G48	25,2	Middagstuvbekken	2.2	630	2.49	3
G49	26	Glomstevatn	2.7	615	2.64	1
		TOTAL	19.5		20.41	
STOR-GLOMVATN						
G51		Terskaldvatn	22.0		19.03	2
G52		Storglomvatn	248.3		255.95	2
		TOTAL	270.3		274.98	
ØSTOVERFØRINGEN						
B1		Staupåga	18.0	641	17.70	1
B2		Stornesbekken	1.2	621	0.98	2
B3.B		Neverneselven	1.7	622	1.36	2
B3.A		Neverneshågen		619	0.40	2
B4		Beiarelv	6.5	627	6.37	2
B5		Lappflyttarelv	6.3	643	5.81	2
B6		Trollbergdalselv	4.0	620	4.13	1
B7		Skjelåtindbreelv	4.7	600	4.65	1
B8		Hanspolsåga	4.0	666	3.96	1
B11		Gråtåga	30.3	597	30.41	2
B12		Vegdalselv	17.1	610	17.04	2
R1		Blakkåga	71.2	624	71.84	1
R2		Bogvasselv	38.2	625	39.00	2
		TOTAL	203.2		203.64	
		TOTAL HELE KRAFTVERK	563.2		565.96	
UTENFOR REGULERINGEN						
G17.R		Innløp Engavann			4.84	4

Tabell 1. Feltarealer for alle inntak til Svartisen kraftverk og usikkerheten i grenseposisjonene (se teksten) sammenlignet med skjønnsrapporten (Statkraft, 1989).

4.1 Sydovertøringen

G1 Vatn kote 662: Ingen breproblem.

G2 Fonndalsbreelv (Bekk 2): Et fiktivt inntak ble brukt for å beregne dreneringsgrensene i GIS. Disse grensene er så modifisert noe i de nedre områdene for å passe til det reelle inntaket, og til dreneringsgrensene til G1. Yttergrensen for dreneringsområdet til G2 og til kraftverket følger en ryggform i breoverflaten og i potensialhøydene og er derfor trolig pålitlige. Grensen mot G3 og G4 er svært avhengig av området der G3 har øvre avgrensning. Det er mulig at det øvre området av G4 drenerer til G2. En befaring med vurderinger/målinger av vannføring i bekk 2, 3.1 og 3.2 kan gi pekepinn om arealfordelingen mellom inntakene er fornuftig.

G3 Vissendalbekk syd 1 (Bekk 3.1): Grensen ble tegnet inn manuelt mellom to GIS-beregnete felt. Avgrensning mot G2 i nedre deler støttes av flybilder fra august 1994. Avgrensning mot G2 og G4 i de øvre områdene er usikker. Det er mulig at de øvre områdene av G4 drenerer til G3 (se G2). Grensen mot G4 er usikker da den trekkes ned en skråning uten klare ryggformer i Z_h -kotene.

G4 Vissendalbekk syd 2 (Bekk 3.2): Et fiktivt inntakspunkt ble brukt til å beregne dreneringsfeltet. Beregningene antyder at inntaket drenerer et stort område inne på breplatået. Formen på dreneringsfeltet tyder imidlertid på at det er små endringer i tallmaterialet som skal til for å gi store endringer i grensene. Grensene er derfor usikre. Det er mulig at det øvre området kan drenere til G2 eller G3.

G5 Vissendalbekk nord 1 (Bekk 4.1): Avgrensning mot G9 og G10 nord for høyde 1100 er usikker da grensen går i et snøfonn. Vi antar at inntaket ikke får avrenning fra breen sør for høyde 1100 og at dreneringsgrensen mot G9 og G10 går langs en snørygg.

G6 Vissendalbekk nord 2 (Bekk 4.2): Ingen breproblem.

G8 Engabreen subglasiale elv: Inntaket ble definert som en linje mellom tunnelpunkter L5.8 og L8. Sporstoffmålingene fra 1993 (NVE, 1993) og 1994 (NVE, 1994) ble brukt direkte til å bestemme grensen ved brekanten sør for inntaket. Grensen mot det uregulerte feltet "Engavann innløp" mellom G8 og G10 er usikker fordi grensen går ned en skråning i Z_h -kotene der det ikke er ryggformer. Grensen kan antageligvis verifiseres med sporstoffmålinger. Grensen mot G11, G12 og G13 er også usikre, men kan trolig verifiseres vha. sporstoffmålinger og en befaring. Grensene mot G14, G22, G52 (Storglomvatn) og mot Vesterdalen og Nordfjordbotn ser pålitlige ut.

G9 ESYD1 (Nordre Midnattsoltindbekk): Avgrensning mot G10 og G5 er usikker i en snøfonn under høyde 1100. Ut fra flybilder fra august 1994 ser det imidlertid ut til at det går mye mer vann i bekk G10 enn i bekk G9. Derfor velger vi å trekke grensen for G9 opp mot høyde 1100 og la avrenning fra breplatået lengre sør gå til

bekk G10.

G10 ESYD2 (Søndre Midnattsoltindbekk): Grensen er dratt manuelt opp mot grensen for G9 og G5. Denne grensen er usikker siden det er mulig men ikke sannsynlig at vann fra breplatået kan drenere inn til G9 eller G5. Ifølge observasjoner (N.Brinchmann) kommer det mye vann inn i disse inntakene, noe som tyder på at de drenerer en del av breen sør for høyde 1100. Ut fra GIS-beregnete potensialhøyder har vi trukket dreneringsgrensen for G10 et stykke sørover. Mot vest grenser feltet mot G4 (GIS-beregnet), mot øst mot et felt som drenerer utenom inntakene og til Engavatn. Disse grensene er usikre fordi de går nedover en skråning i Zh-kotene der det ikke er tydelige ryggformer.

Bekk 5.0 Møsbrunbekken sørligste: Inntaket ligger helt i iskanten og tar bare en del av vannføringen i bekken (obs. N. Brinchmann).

G11 Møsbrunbekken søndre (bekk 5.1): Grensene er trukket manuelt og er usikre mot områder som ikke går til inntak. Grensene mellom Møsbrunbekkene er svært usikre. Den langstrakte formen kan forsvares med at rennestrukturene i fjellet utenfor brekanten sannsynligvis fortsetter inn under breen.

G12 Møsbrunbekken midtre (bekk 5.2): Usikre grenser.

G13 Møsbrunbekken nordre (bekk 5.3): Usikre grenser mot G8, G11 og G12. Dette inntaket tar inn mest vann av Møsbrunbekkene (obs. N. Brinchmann) og er derfor tilordnet det største dreneringsområdet av Møsbrunbekkene.

G14 Litlebrebekken (bekk 6): Grensene er trukket manuelt med en stor grad av sikkerhet.

G15 Litlebrebekken nord 1 (bekk 7.1): Ingen breproblem.

G16 Litlebrebekken nord 2 (bekk 7.2): Ingen breproblem.

G17.R Utløp Engabreen: Alle grensene på breen må sies å være usikre (se G8, G10 og G11) med unntak av grensen bestemt ved sporstoffmålinger mot G8.

G18 Botteløyrabekken (bekk 8): Ingen breproblem.

G20 og G21 Vestre Dimdalsbekkene (Bekk 9 og 10): De to bekkene er antatt å være like store og dreneringsgrensen er trukket manuelt mellom de to inntakene. Grensene mot G14 er trukket manuelt.

G22 Dimdalsbekken Ettinden (Bekk 11): Grensene mot GIS-grenser for Engabreen (G8) er trukket manuelt.

G23 Dimdalsbekken Juret (3 inntak) (Bekk 12): Grensen på breen er rimelig sikker ut fra beregnet potensial. Lite breareal.

G24 Dimdalsbekk midtre (bekk 13): Bunntopografien er ukjent nær brekanten og de subglasiale elveløp er ustabile (obs. N. Brinchmann) slik at grensene mellom inntakene er usikre. Grensene for G24 - G32 mot Storglomvann kan imidlertid trekkes relativt nøyaktig pga. god dekning med istykkelsesmålinger.

G25 og G26 Dimdalsbekk østre (Bekk 14.1 og Bekk 14.2): Disse inntakene deler dreneringsfeltet fordi bekkene har samløp ovenfor inntakene. Se også G24.

G28 Bekk 14.A: Usikre grenser, lite areal. Se også G24.

G30 og G31 Bekker vest for Frukosttind, vestre og østre (Bekk 15.1 og 15.2, 4-5 inntak): Grenser for G30 ble GIS-beregnet. Disse grensene er imidlertid usikre fordi det ikke er målt istykkelse nær brefronten. Se også G24.

G32 og G33 Frukosttindbekk SV og SØ (Bekk 16.1 og 16.2): På flybilder fra august 1994 ser det ut som om bekkene kan ha samløp mellom brekanten og inntakene. Imidlertid ser det ut til at det meste av avrenningen går mot bekk G32. Avrenningen fra vatn 1057 løper sammen med bekkene fra Frukosttindbreen og går således hovedsakelig mot G32. Beregningene er gjort med den antakelse at både breavløpet og avløp fra vatn 1057 går til G32. Dette kan trolig avgjøres med en befaring. Avgrensningen mot Storglomvatnet er GIS-beregnet og ligger i et område med istykkelsesdata. Grensene for G32 er også GIS-beregnet, men er modifisert noe for å stemme overens med feltgrenser utenfor breen. Se også G24.

4.2 Nordoverføringen

I dette området finnes det stort sett ikke istykkelsesdata. Derfor er dreneringsgrensene bestemt ut fra overflatehellningen. Grensene mot Storglomvatn er GIS-beregnet mens grensene mellom inntakene er trukket manuelt.

G34 Frukosttindbekk nord 2 (bekk 18.1, 2 inntak): Inntaket drenerer det meste av arealet mellom Tretten-null-to-høgda og Botntind. Se også G36.

G35 Frukosttindbekk nord 2 (bekk 18.2): Observasjoner (N. Brinchmann) har vist at bekken går nesten tørr om sommeren. Dreneringsområdet er derfor definert til ikke å strekke seg inn på breen. Breavløpet er derfor konsentrert til 18.1.

G36 Botntindbekk 1 (Bekk 19.1): Observasjoner (N. Brinchmann) har vist at bekken går nesten tørr om sommeren, og at det er bekk 19.2 som tar inn det meste av vannet fra 19-bekkene om sommeren. Grensene er derfor trukket slik at feltet som drenerer mot inntaket ikke når inn på breen. Dermed blir G36 vesentlig mindre enn G37. Problemområdet ligger 950 m o. h. der en bekk fra brefelt ved høyde 1257 renner ned i en vindgryte langs breens nordside. Studier av flybilder fra 1985 og 1994 antyder også at denne bekken renner inn under breen og dermed går til G34. Det ligger imidlertid noe usikkerhet i dette, noe som kan løses ved en befaring.

G37 Botntindbekk 2 (Bekk 19.2): Inntaket drenerer et breområde på vestsiden av høyde 1257. Grensene er trukket manuelt, men virker rimelig sikre ut fra terrengformene.

G38 Botntindbekk 3 (Bekk 19.3): Ingen breproblem.

G39 Botntindbekk 4 (Bekk 19.4): Ingen breproblem.

G40 Storjordbekk 1 (Bekk 20.1): Dreneringsgrenser på breen er trukket manuelt ut fra overflatehøyder fra 1985 og dreneringsgrenser utenfor breen. Feltet går opp mot høyde 1257. Avgrensningen i dette området er noe usikker, og spesielt avgrensningen mot G41.

G41 Storjordbekk 2 (Bekk 20.2): Avgrensningen mot G40 og G42 er noe usikker. Grensene er trukket ut fra overflatehøyder fra 1985.

G42 Bjørnholbekken (Bekk 22): Avgrensningen mot det uregulerte feltet som går til Fykan, mot Storglomvatn og mot G41 på nordsiden av høyde 1257 er noe usikre fordi det ikke finnes istykkelsesmålinger fra området og fordi det ikke er klare topografiske skiller. Dreneringsgrensen på isskillet mot det uregulerte feltet Fykan kan være forskjøvet mot øst eller vest fordi strukturene i fjellet antyder at det kan gå en dal øst-vest her. Uten måling av istykkelse kan dette ikke bestemmes. Usikkerheten her antas imidlertid å være liten.

G44 Fykanbotnbekken 1 (bekk 24.1), G45 Fykanbotnbekken 2 (bekk 24.2), G47 Middagstuvbekken (bekk 25.2), : På sammenhengende snø og isfelt nord for høyde 1190 er dreneringsgrensene trukket ut fra overflatekoter på økonomiske kart (1968) støttet av N50-kartblad 1928-I Glomfjord (1968). Øst-vest-gående rygger/terrasser kan gjøre at dreneringsgrensene opp mot høyde 1190 egentlig ligger lengre øst eller vest. Endringer i breenes geometri i dette området vil trolig påvirke dreneringsgrensene.

G48 Muskedunderbekken (bekk 25.1): Det usikre breområdet utgjør kun en liten andel av feltet.

G49 Glomstevatn (bekk 26): Ingen breproblem.

4.3 Storglomvatn

G51 Terskaldvatn: De GIS-beregnete dreneringsgrensene på Vestisen gir mindre dreneringsareal til Terskaldvatn enn de manuelt trukkede grensene i skjønnssrapporten. Istykkelsesmålinger har vist at det under området mellom høyde 1386, Breidtind og Skjær 1296 er en overfordypning som fører til at smeltevann der drenerer til Stor-Glomvatn. På Østisen drenerer et brefelt på sørvestsiden av Istind ned mot nedre Terskaldvatn. Brefeltet har imidlertid også avløp mot det uregulerte vann 641 i Vesterdalen. Grensen mellom de to avløpene er svært usikker, men

kartet fra 1985 antyder at det meste av dette brefeltet drenerer inn til Terskaldvatn. Dreneringsfeltet ser imidlertid ikke ut til å strekke seg opp mot Nunatak men avsluttes mot sadel 1342.5 (1985). Hvis breen blir tynnere og mindre vil trolig området som drener mot Terskaldvatn bli større. Imidlertid ser ikke dette brefeltet ut til å ha blitt hverken mindre eller tynnere i perioden 1968 - 85.

G52 Storglomvatn: Dreneringsgrensene på Vestisen virker fornuftige og pålitelige. På den nordlige delen av Østisen er grensen mot Fingerbreen's dreneringsområde (uregulert) opp mot Istind usikker. Mellom 1060 og 1130 m o.h. følger den en tydelig ryggform og er trolig ganske sikker. Videre oppover mot Istind er den svært usikker. Alternativene er at det meste av dreneringen går enten til Fingerbreen eller til Storglomvatn. Dreneringsgrensene kan trolig bestemmes bedre vha. sporstoffmålinger og/eller istykkelsesmålinger, men undersøkelsene ville trolig måtte være omfattende.

4.4 Østoverføringen

B1 Staupåga: Se R1.

B2 Stornesbekken, B3b Neverneselven (2 inntak) og B3a Neverneshågen: Manuell bestemmelse er vanskelig pga. svake terrengformer og snøfonner.

B4 Beiarelv: Ingen store problem.

B5 Lappflyttarelv: På bre i Lappflyttarskardet er dreneringsgrensen trukket utifra overflatehøyden i 1985. Mellom 1968 og 1985 har breoverflaten her senket seg 20 - 25 m.

B6 Trollbergdalselv: Ingen store problem.

B7 Skjelåtindelv: GIS-beregning basert på 1985-kart antyder at den nordvestlige delen av breen drenerer til Fonneelv. Mellom 1968 og 1985 hadde brefronten trukket seg litt tilbake i dette området, og ytterligere tilbakegang kan ha funnet sted etter 1985. Dette vil i så fall ha ført til mindre avrenning fra breen mot Fonneelva. Vår vurdering er at hele breen drenerer til inntaket. Dette kan kontrolleres ved en befaring sent på sommeren.

B8 Hanspolsåga: Ved å sammenligne øko-kart (1968) og FW-kart (1985) for området ved høyde 991.5 (1985) kan det sannsynliggjøres at det er ubetydelig drenering fra breen mot Uråga. Dette kan kontrolleres ved en befaring sent på sommeren.

B11 Gråtåga: Like sør for inntaket kommer en bekk ned fra Stormyrtinden. Denne bekken deler seg ca 700 m o.h. i en bekk som går ut i Gråtåga ovenfor inntaket og en som går nedenfor inntaket. Dette gjør dreneringsgrensene noe usikre her. I Skavldalen ligger vannskillet i et "flatt" område dekt av en snøfonn.

Dreneringsgrensen legges langs kanten ut fra at snøfonna trolig ligger på lesiden av vannskillet (nedbør mest fra sørvest).

B12 Vegdalselva: En liten bekk kommer fra sør like ved inntaket. Det er usikkert om bekken er tatt inn i inntaket. Leirbekken er kanalisert inn i inntaket. Dreneringsgrensene for denne bekken på Simlebreen er usikre. Grensene er trukket ut fra overflatekoter på M711-kart (1968). Uten kjennskap til bunntopografi og endring i overflatehøyde siden 1968 er det vanskelig å trekke sikre grenser.

R1 Blakkåga: Et område på Hengfjellet (vatn 1236) drenerer mest trolig mot Staupåga (B1) fordi snøfonnen som dekker passpunktet mot Staupåga er mye lavere enn snøfonnen som dekker passpunktet mot Blakkåga. Dette kan kontrolleres ved en befaringsent på sommeren.

R2 Bogvasselv: En liten nordøstlig arm av Østisen drenerer ned mot Bogvatnet. Dreneringsgrensen mellom høyde 1087 og 1114 er noe usikker. Sammenligning mellom kart fra 1968 og 1985 viser at breoverflaten har sunket betraktelig i dette området. Det sannsynliggjør at dreneringsgrensen går mellom de to høydene.

5. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Både GIS- og manuelle metoder for beregning av dreneringsgrenser er avhengig av pålitelige høyde- og istykkelsesdata. GIS metoder er å foretrekke fordi de er raske, gir et entydig svar, og feil ved tolking og digitalisering elimineres. I tillegg er GIS et kraftig verktøy for lagring, behandling og presentasjon, og gir gode muligheter for videre analyse. Noen manuell kontroll av grensene er likevel nødvendig fordi kart inneholder en del viktig informasjon som ikke kommer fram i et høydegrid, f.eks. plassering av bekker. I dette arbeidet har høydedataene utenfor breen i form av kart vært av bedre kvalitet enn tilgjengelige digitale data slik at manuelle metoder måtte benyttes noen steder. Resultatet har dermed blitt en blanding av begge metodene. Vi regner imidlertid med at den største usikkerheten i grenseposisjoner på breene skyldes manglende istykkelsesdata.

Følgende videre arbeid anbefales:

- Usikre grenser på breen bør kontrolleres med en sommerbefaring, eventuelt også vannføringsmålinger og sporstoffmålinger. Endringer i breenes geometri kan også forårsake forflytting av grensene i framtiden.
- Beregning av areal og breprosent i alle høydeintervaller for hvert inntak.
- Beregning av midlere vannføring ut fra isohydat- og massebalansedata.
- Beregning av sesongmessig fordeling av vannføring.

6. REFERANSER

Kennett, M.I.

1989a: Feltavgrensning på Nordre Jostedalsbreen. Oppdragsrapport 2-89, NVE Hydrologisk avdeling.

Kennett, M.I.

1989b: Kartlegging av istykkelse og feltavgrensning på Spørteggbreen 1989. Oppdragsrapport 15-89, NVE Hydrologisk avdeling.

Kennett, M.I.

1990: Kartlegging av istykkelse og feltavgrensning på Blåmannsisen 1990. Oppdragsrapport 8-90, NVE Hydrologisk avdeling.

Kennett, M.I. og Kohler, J.

1993: Channel networks under Svartisen, Norway - a comparison of GIS modelling and tracer results. EOS vol. 74, no. 43, (side 233) (kun abstract).

Kjøllmoen, B. og Kennett, M.I.

1995: Breundersøkelser på Svartiseibreen 1988-94. NVE Rapport 17/1995.

NVE

1993: Tracing at Engabreen August 1993. HB-notat 17/93.

NVE

1994: Tracing at Engabreen 1994. HB-notat 23/94.

Röthlisberger, H.

1972: Water pressure in intra- and subglacial channels: Journal of Glaciology, vol. 11 (side 177-203).

Shreve, R.L.

1972: Movement of water in glaciers. - Journal of Glaciology, vol. 11, no.62 (side 205-214).

Statkraft

1989: Stor-Glomfjordutbyggingen - skjønn.

Fig. 1. Kartdekningen for kraftverkets dreneringsfelt. Skrå skravering - Fjellanger Widerøe kart (1:20 000); vertikal skravering - økonomiske kart (1:10 000). De endelige dreneringsgensene er også vist.

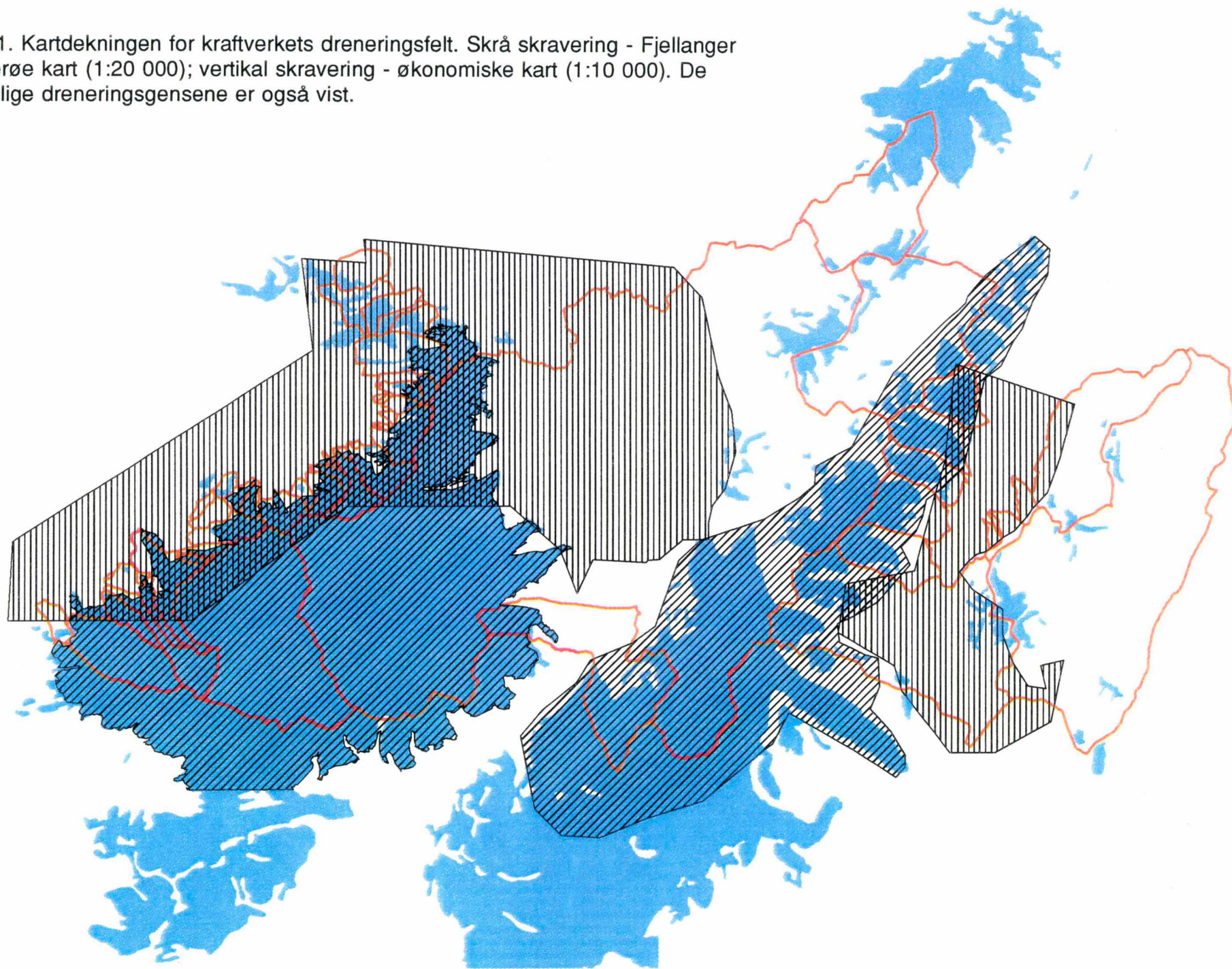


Fig. 2. Istykkelsesdekningen for Vestisen. Sorte profiler - breradarmålinger fra isoverflaten (1986); mørke blå prikker - breradarmålinger fra helikopter (1991 og 1992); røde prikker - ekstrapolerte istykkelser. De endelige dreneringsgensene er også vist.

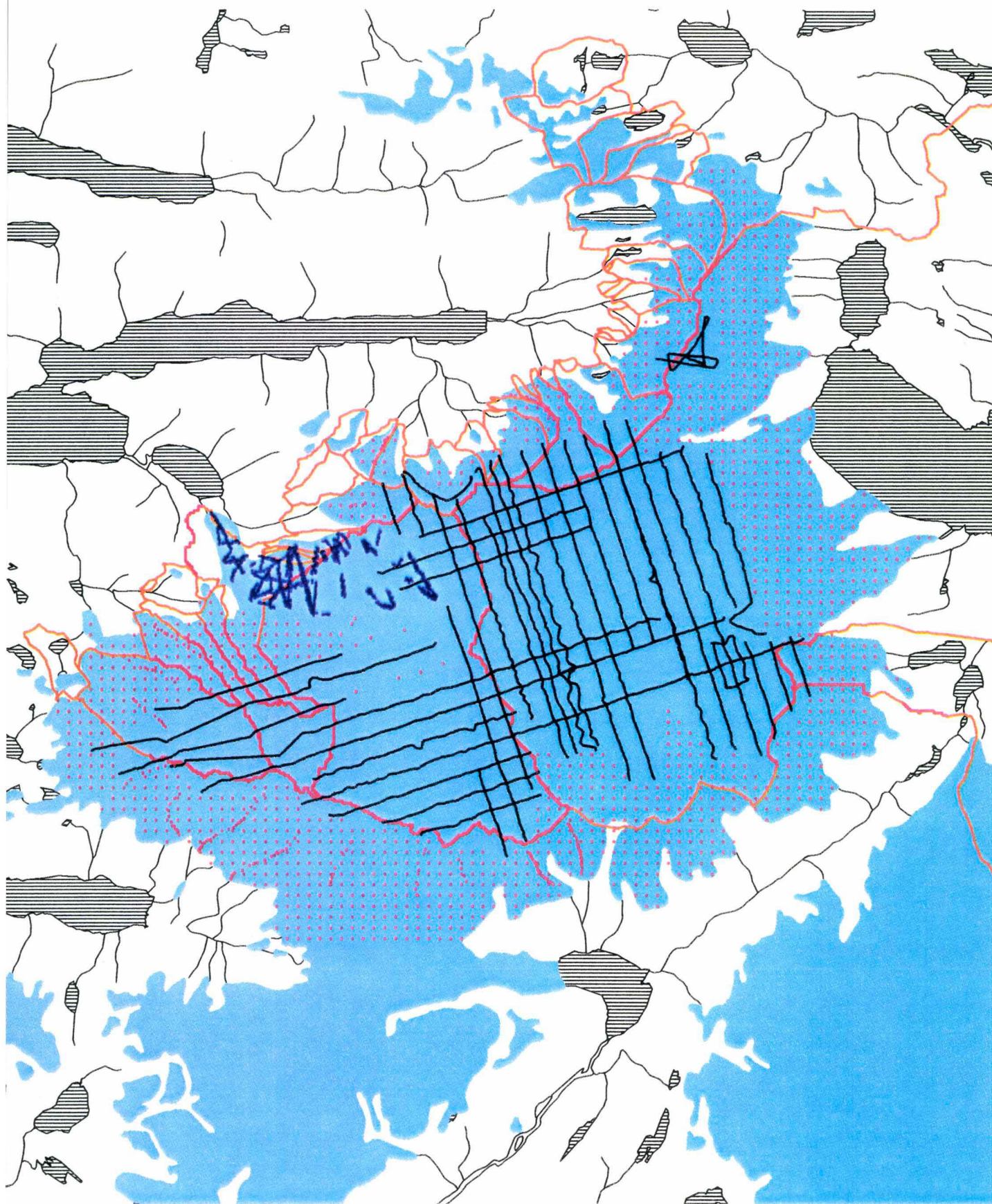


Fig. 3. Dreneringsgrensene for Vestisen. Røde linjer - GIS beregnede grenser; oransje linjer - manuelle trukkede grenser; sorte prikker - inntak; røde prikker - kunstige inntak.

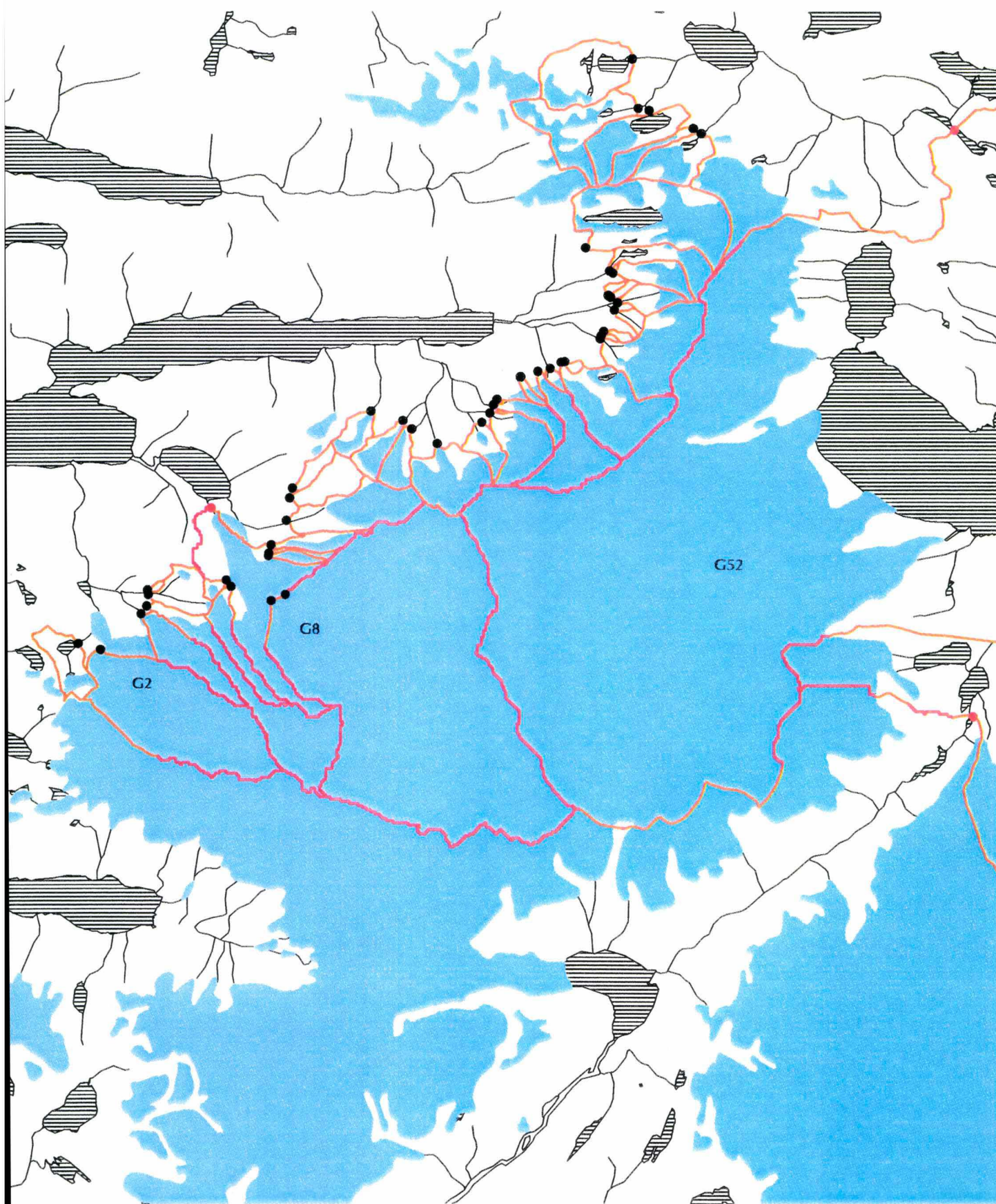


Fig. 4. Dreneringsgrensene for Storglomvatn. Røde linjer - GIS beregnede grenser; oransje linjer - manuelle trukkede grenser; sorte prikker - inntak; røde prikker - kunstige inntak.



Fig. 5. Dreneringsgrensene for Østoverføringen. Røde linjer - GIS beregnede grenser; oransje linjer - manuelle trukkede grenser; sorte prikker - inntak; røde prikker - kunstige inntak.

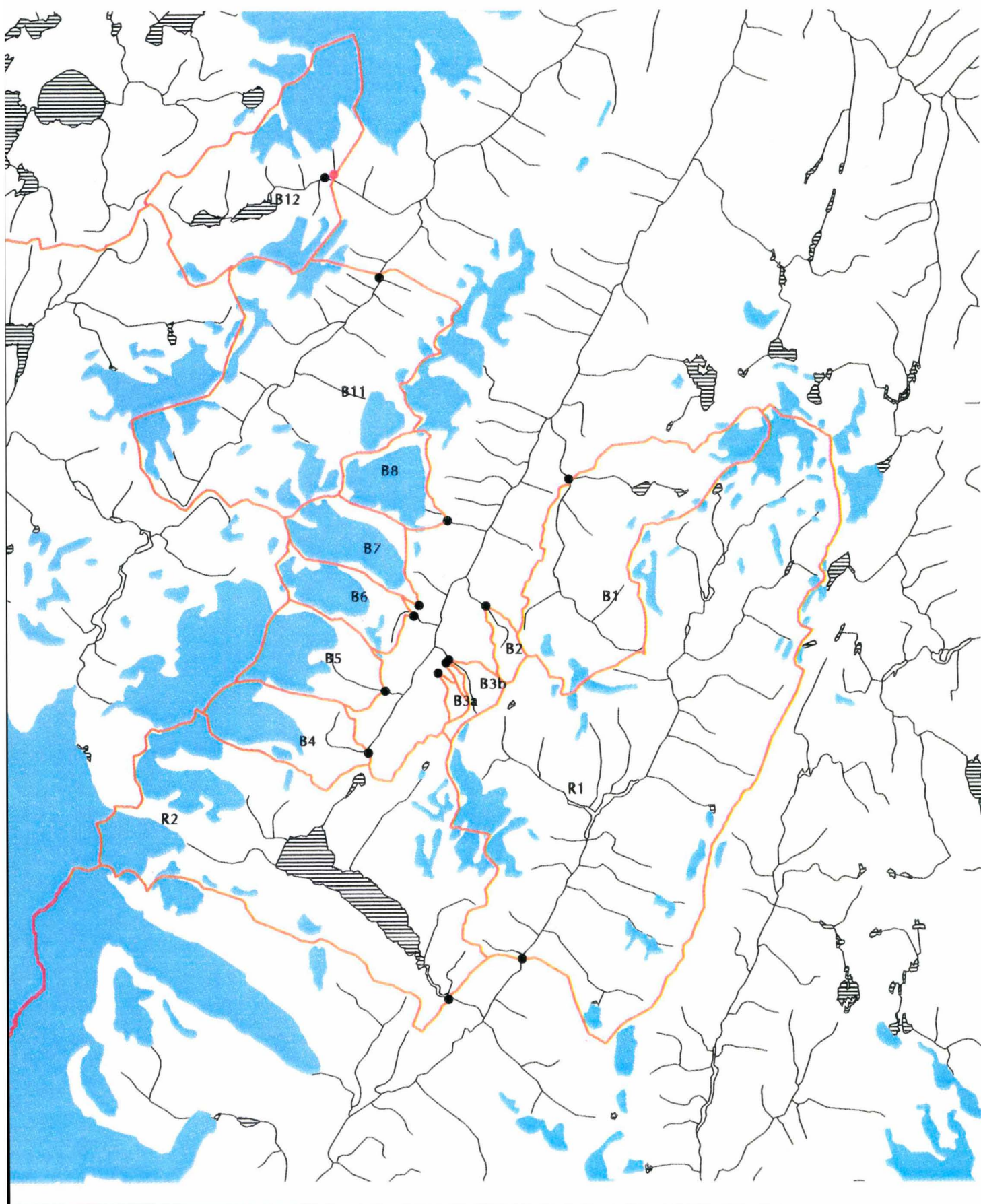
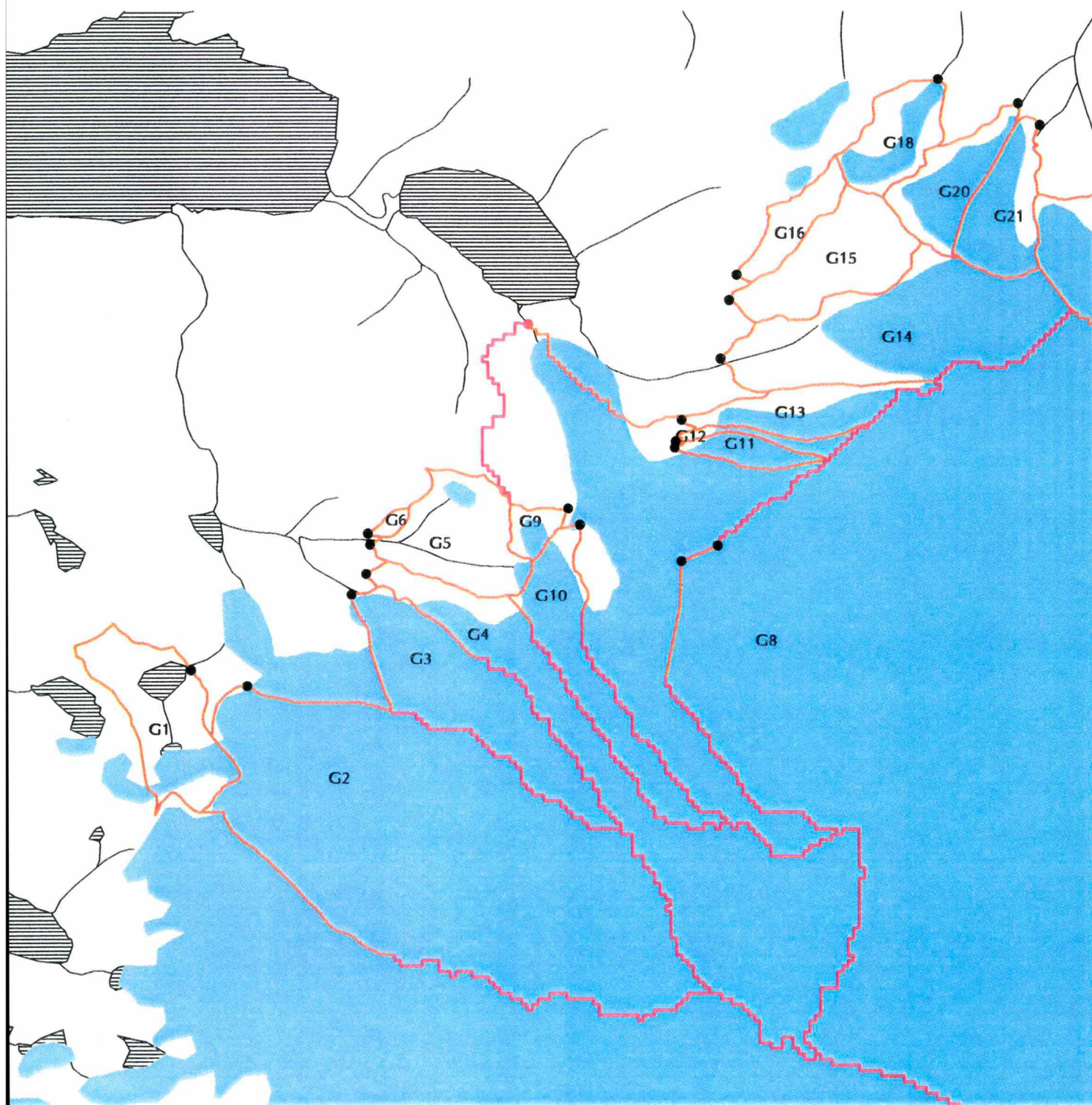


Fig. 6. Dreneringsgrensene for nordvest Vestisen. Røde linjer - GIS beregnede grenser; oransje linjer - manuelle trukkede grenser; sorte prikker - inntak.



Fig. 7. Dreneringsgrensene for sørvest Vestisen. Røde linjer - GIS beregnede grenser; oransje linjer - manuelle trukkede grenser; sorte prikker - inntak; røde prikker - kunstige inntak.



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

I 1995 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- Nr 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Fossheimselva (087.B1Z). (11 s.)
- Nr 2 Jim Bogen og Rolf Tore Ottesen: Suldalslågens sedimentkilder. (17 s.)
- Nr 3 Lars-Evan Pettersson: Flomfrekvensanalyser for Vestlandet. (15 s.)
- Nr 4 Bjarne Krokli: Flomberegning for Finnbuavatn (036.CE) og Vassstølvatn (036.CC). (19 s.)
- Nr 5 Randi Pytte Asvall: Mel kraftverk. Vanntemperatur i Vetlefjordelva etter utbygging. (17 s.)
- Nr 6 Bjarne Krokli: Flomberegning for Austre og Vestre Middyrvatn (036.G). (19 s.)
- Nr 7 Bjarne Krokli: Flomberegning for Votnamagasinet (036.F). Foreløpig rapport. (12 s.)
- Nr 8 Leif J. Bogetveit: Vannføringsobservasjoner i Holøbekken. (3 s.)
- Nr 9 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Disaggregation of large scale climatological information. (14 s.)
- Nr 10 Einar Sæterbø: Fisketiltak i Litledalselva. (10 s.)
- Nr 11 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Årsrapport for Norges vassdrags- og energiverks (NVEs) havarigruppe. (19 s.)
- Nr 12 Truls Erik Bønsnes og Jim Bogen: Sedimenttransport i Sogna, Vikka og Risa ved Gardermoen hovedflyplass i 1994. (23 s.)
- Nr 13 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Sviland Kraftverk (029.2Z). (16 s.)
- Nr 14 Bjarne Kjølmoen: Massebalansemålinger Trollbergdalsbreen (161.F) 1990-94. Sluttrapport. (27 s.)
- Nr 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Råsjøen (002.CABB). (16 s.)
- Nr 16 Joar Skauge og Einar Sæterbø: Erosjon i Orkla ved Ekli. (18 s.)
- Nr 17 Bjarne Kjølmoen og Mike Kennett: Breundersøkelser på Svartiseibreen 1988-94. (35 s.)
- Nr 18 Knut Hofstad (red.): Distribusjonsnett i griskrendte områder - investeringsbehov. (16 s.)
- Nr 19 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Maudal Kraftverk (027.F). (14 s.)
- Nr 20 Olav Vestrheim (red.): Vassdragstilsynet. Årsoversikt 1994. (29 s.)
- Nr 21 Ingebrigt Bævre: Trollheim-reguleringens innvirkning på elveløp og hydrologi i Surna (112.Z) på strekningen Bulu-Harang. (39 s.)
- Nr 22 Mike Kennett og Hallgeir Elvehøy: Bestemmelse av dreneringsgrenser for inntak til Svartisen Kraftverk. (18 s.)