

NÄRKES SVARTÅ

**Tillrinning till Svartån
under perioden 1945-77**

Carl - Henric Bohman

Anders Genne

SNV - projekt : Vattenresursplanering Svartån

FÖRORD

Detta examensarbete ingår i ett forskningsprojekt om vattenresursplanering i området kring Närkes Svartå. Svartåprojektets syfte är att finna principer för sammanvägning av samtliga intressenters behov mot avrinningsområdets vattentillgång och de restriktioner som begränsar vattenanvändningen.

Examensarbetets syfte är att ge hydrologiska ingångsvärden till ett dataprogram, MITSIM, för analys av Svartån i vattenresursplaneringssyfte.

Anders Genne

Calle Bohman

SAMMANFATTNING

Föreliggande examensarbete utgör en del av ett vid institutionen för vattenbyggnad pågående projekt, som består i en vattenresursplanering kring Svartån i Närke. (Persson 1980, Stöllman 1980). Arbetets huvudsakliga syfte är att presentera avrinningskoefficienter, specifik avrinning, för ett mindre avsnitt av Svartåns avrinningsområde. Dessa koefficienter skall sedan ingå som input-värden i det av projektet använda dataprogrammet MITSIM (Häggström 1981).

Inledningsvis beskrivs det behandlade områdets geologi och topografi samt dess vattenbalans. Beskrivningen följs sedan av en genomgång av två avbördningskurvor för sjön Teen, av vilken den ena, SMHI:s, får ligga till grund för beräkning av de slutliga avrinningskoefficienterna. Dessa beräknas utifrån vattenbalansen för en mindre del av Svartåns avrinningsområde, där den nämnda avbördningskurvan används för vattenföringsbestämning i en punkt.

Examensarbetet avslutas med en bedömning av resultatet.

INNEHÅLL

	sid.
INLEDNING	1
1 SVARTÅNS AVRINNINGSOMRÅDE	2
2 VAL AV BERÄKNINGSOMRÅDE	4
2.1 Beskrivning av valt område	4
2.2 Geologiska förhållanden	6
2.3 Områdets vattenbalans	8
3 AVBÖRDNINGEN FRÅN TEEN	10
3.1 SMHI:s avbördningskurva	10
3.2 Beräkning av avbördningskurva	10
3.3 Val av avbördningskurva	18
4 BERÄKNING AV AVBÖRDNINGSKOEFFICIENTER	19
5 BEDÖMNING AV RESULTAT	21
LITTERATUR	23
BILAGOR	

INLEDNING

Forskning avseende vattenresursplanering bedrivs vid institutionen för vattenbyggnad med Svartån som exempelområde (Persson 1980, Stöllman 1980). Som en del i denna forskning avser man att använda en simuleringsmodell, MITSIM, (Häggeström 1981). Som hydrologiska indata för denna använder man den naturliga tillrinningen för olika delområden inom avrinningsområdet. Sjöars utjämnande effekt på avrinningen beräknas direkt i MITSIM. Sådana data på tillrinning utan magasineringseffekter existerar som regel ej då flödesmätningar normalt utföres endast i ett fåtal punkter i våra vattendrag. För Svartåns del finns vattenföringsdata redovisade som månadsmedelvärden endast i en punkt, Backa Övre, om man vill ha värden för en längre tidsperiod. För en kortare period 1970-1977 finns emellertid flödesdata som gör att vattenbalansen för sjön Teen är känd. Ur dessa data kan man göra en avbördningskurva för sjön och då vattennivån i Teen finns registrerad för samma period 1945-1977 finns då i princip flödesdata i två punkter. Den beräknade avbördningskurvan kommer att jämföras med SMHI:s avbördningskurva för Teen.

Specifika tillrinningen för området mellan Teen och Backa Övre kan sedan beräknas för hela mätperioden. Dessa värden anses vara signifikanta för hela området och används bara för beräkning av tillrinning till vattendraget vid simulering med simuleringsmodellen MITSIM.

Det aktuella avrinningsområdet, som ligger mellan Teen och Backa Övre, begränsas av i väster en nordsydlig linje genom Hasselfors och i väster en nordsydlig linje genom Backa. Begränsningslinjerna i norr och söder är Kilsbergen resp. Tiveden. (fig. 2).

1 SVARTÅNS AVRINNINGSSOMRÅDE

Svartån avvattnar ett ca 1348 km² stort område väst och sydväst om Örebro (fig. 1). Den har sitt utlopp i Hjälmaran. I stort avgränsas Svartåns avrinningsområde av Kilsbergen i norr och Tiveden i söder.

Svartån har sin källa i närheten av sjön Ölen strax öster om Degerfors. På sin väg flyter den bl.a. genom sjöarna Stora och Lilla Björken, Toften och Teen. Till Toften ansluter Laxån som avvattnar den sydvästra delen av området. Laxån har sin källa i Grytsjön i Tiveden och flyter genom V. Laxsjön. Den avvattnar också Ö. Laxsjön.

Nedströms Toften ändrar sig landskapet från bergigt skogslandskap till slättlandskap i form av Närkeslätten.

I avrinningsområdet finns 250-talet sjöar och områdets sjöprocent uppgår till 6.4.

Inom Svartåns avrinningsområde finns även ett stort antal mossar varav Skagershultamossen öster om Teen är den mest betydande. En stor del av dessa mossar är belägna just kring sjöarna Toften och Teen.

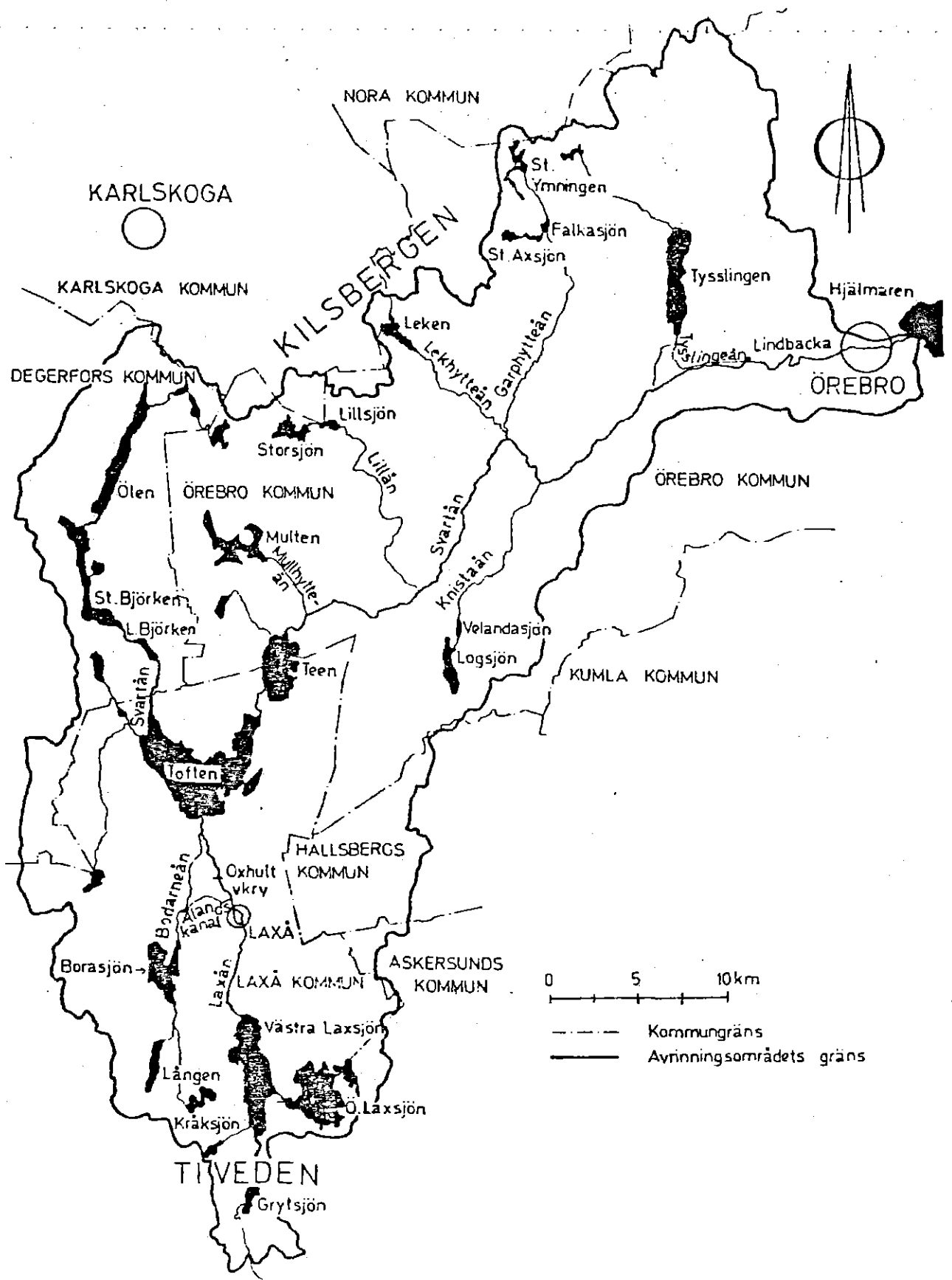


Fig. 1 Karta över Svartåns avrinningsområde

2 VAL AV BERÄKNINGSOMRÅDE

Vårt val av beräkningsområde har bestämts av befintliga flödesdata för Svartån. Önskemålet var också att så mycket som möjligt skulle vara känt och speciellt då vetskap om magasinsförhållandena i sjöarna. (Med anledning av detta visade sig t.ex. området uppströms Hasselfors vattenkraftverk ej kunna komma i fråga, då de mätningar som där gjorts ej varit tillräckligt frekventa). Tillräcklig mängd flödesdata finns för det korta avsnittet mellan Hasselfors Bruk, vid Svartåns tillopp till Teen och kraftstationen vid Backa (fig. 2). Området kan dock ej sägas vara karaktäristiskt för Svartåns avrinningsområde som helhet, eftersom det i hög grad består av mossmarker bl.a. Skagershultamosen. Mossmarkernas eventuella inverkan tas därför upp i en senare diskussion.

2.1 Beskrivning av valt område

Det aktuella avrinningsområdet begränsas i norr av Kilsbergen och i söder av Tiveden ungefär i höjd med Västra och Östra Laxsjön. Områdets västra begränsningslinje passerar väster om Storsjön, Multen och St. Hemsjön. Linjen går mellan Teen och Toften och fortsätter rakt söderut. Den östra begränsningslinjen går i en linje genom Backa-Övre och Tångerråsa i princip i en rakt nordsydlig riktning. Avrinningsområdets begränsningslinjer i norr och söder kan klart avgränsas i och med landskapets inslag av berg, Kilsbergen och Tiveden, medan den östra begränsningen, där Närkeslätten dominerar, kan vara svårare att placera längs en tydlig nivåavgränsning.

Området avvattnas av Svartån, som passerar avrinningsområdets största sjö, Teen. Svartån rinner i en nord-östlig riktning och får på sin väg genom Närkeslätten tillflöde genom ett antal åar och bäckar. Norrifrån ansluter bl.a. Lillån (Mullhytteån) ca 2 km nedströms Teen. (I fortsättningen används namnet Mullhytteån för att förväxling ej ska ske med

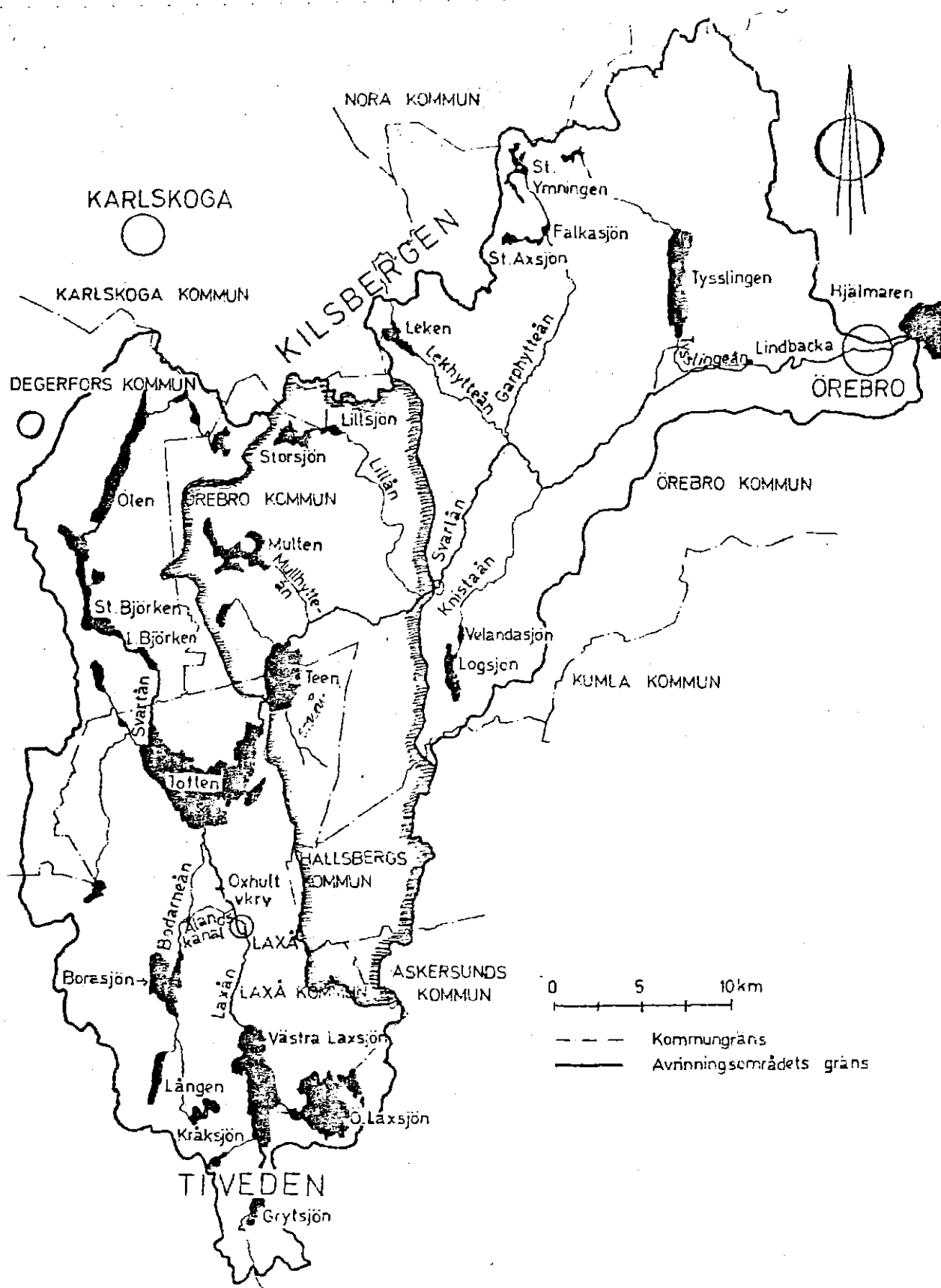


Fig. 2 Valt beräkningsområde

Lillån, som ansluter sig till Svartån en bit uppströms Backa). Mullhytteån utgår från sjön Multen i Kilsbergen ca 10 km norr om Teen. Multen har en yta av 3.9 km².

Ca 1 km uppströms Backa anknyter Lillån till Svartån. Lillån rinner upp i Storsjön och genom Lillsjön före utflödet i Svartån. Storsjön och Lillsjön har en sammanlagd sjöareal av ca 2 km².

Till Teen rinner inte enbart Svartån utan även Stavån, som rinner ut vid Teens södra ände. Ån har förgreningar på ett stort område på Närkeslättnens sydvästra del.

Även Stora Hemsjön kan sägas ha betydelse för avvattningen genom dess förbindelse med Teen medelst en bäck, Hemsjöbäcken.

Hela avrinningsområdets yta är ca 303 km², varav 118 km² avvattnas direkt till Teen och resten till Svartån mellan Teen och Backa Övre. (Avrinningsområdet för Svartån uppströms Teen är då inte medräknat).

2.2 Geologiska förhållanden

Topografi

Avrinningsområdet uppvisar en varierande topografi som huvudsakligen har uppkommit genom förkastningar. Närkeslätten dominerar området med sin utsträckning i nordsydlig riktning. Slätten ligger 68-75 m.ö.h. Kilsbergens högsta punkt är Trollkarlsklint 259 m.ö.h. Tiveden i områdets södra del har en högsta punkt på c:a 195 m.ö.h.

Till största delen täcks området av skog. Mellan Teen och Logsjön, c:a 9 km öster om Teen, består slätten av till viss del odlad mark och mossar. Den största mossen i området ligger c:a 1 km öster om Teen, den s.k. Skagershultamossen. Andra mossar som kan nämnas är Fröstorpsmossen och Hultamossen. I direkt anslutning till mossarna har ett flertal torvfabriker byggts.

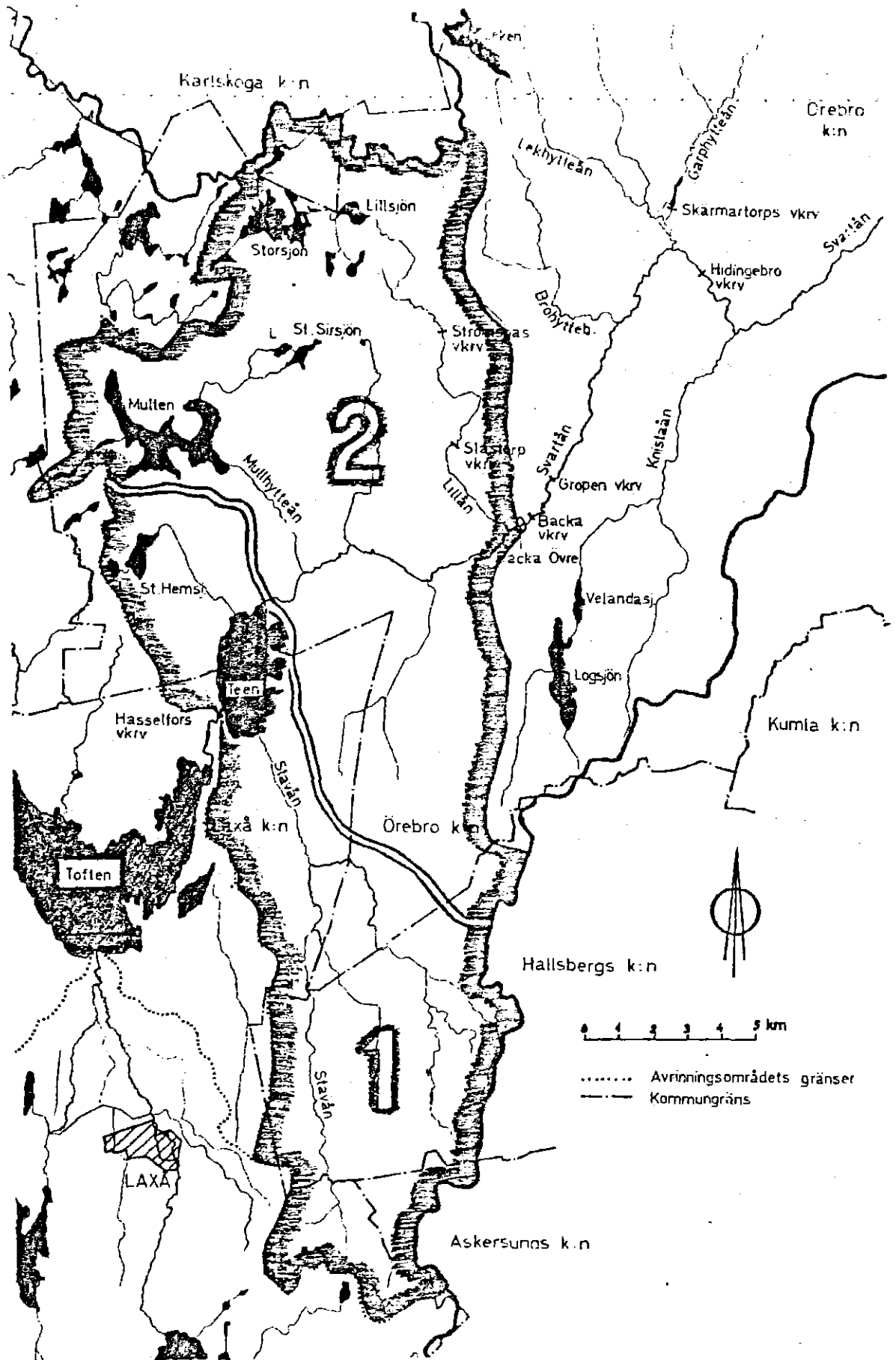


Fig. 3 Beräkningsområdet uppdelat i två delområden

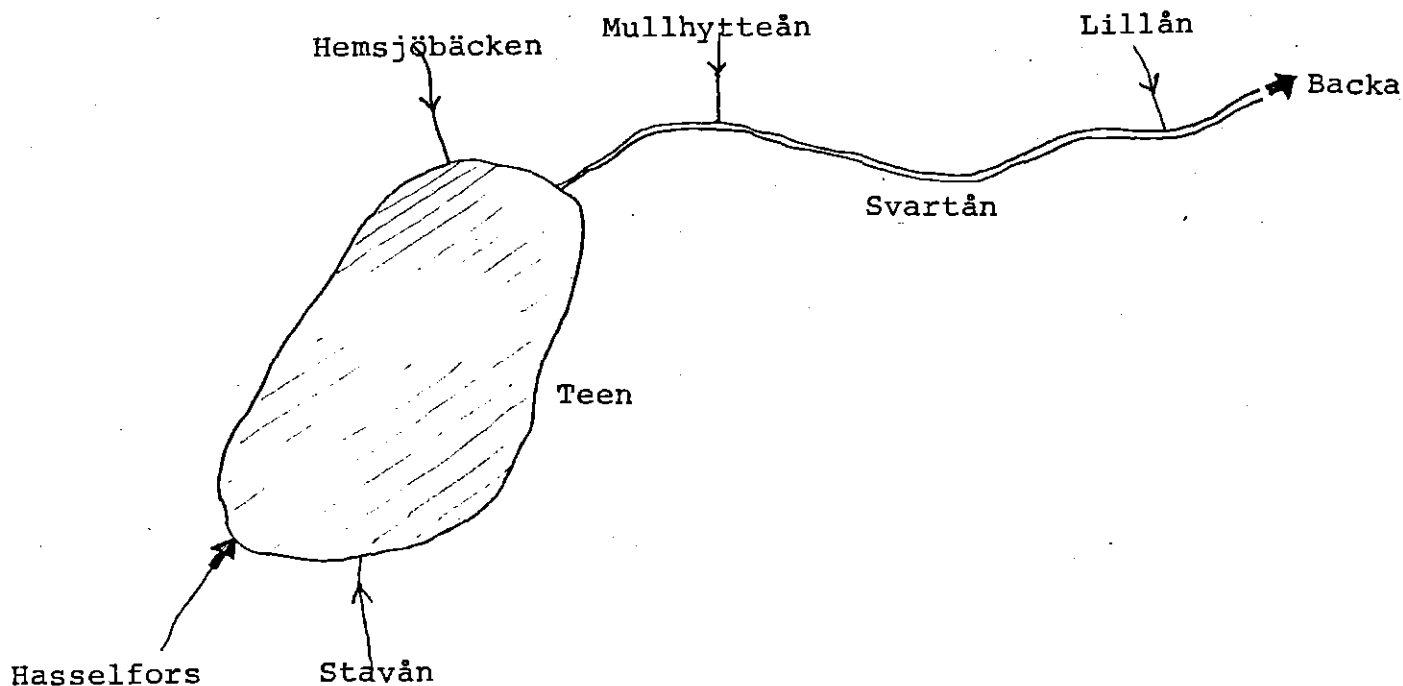
2.3 Områdets vattenbalans

Fig. 4 Större tillflöden till Teen och Svartån inom avrinningsområdet

Vid beräkningsområdets begränsningspunkter längs Svartån, Hasselfors och Backa vattenkraftstationer finns flödesdata under 8 respektive 35 år. Flödesdata för Backa Övre finns framtagna genom SMHI:s försorg, medan flödet vid Hasselfors beräknas utgående från genererad energi i kraftverket. Detta baseras på att inget eller bara obetydlig mängd vatten tappas vid sidan av kraftverket. Mellan dessa kraftstationer tillrinner fyra större flöden av vilka Hemsjöbäcken, Mullhytteån och Lillån är avlopp för oreglerade sjöar, medan Stavån ej har ursprung från någon sjö.

Det valda området innehåller endast ett fåtal större sjöar varav Teen är den största med en area av 6 km^2 . Multen, Stora

Hemsjön och Storsjön har en sammanlagd area av 6 km^2 . Detta medför att områdets ungefärliga sjöprocent blir 4% vilket är betydligt lägre än för Svartåns hela avrinningsområde.

Uppgifter om Teens vattenstånd består av dagliga observationer sedan 1945. Därmed kan alltså magasinsfluktuationerna bestämmas tillfredsställande.

Vid simulering med MITSIM är det önskvärt att ha så många års indata som möjligt. I och med att Teens vattenstånd är känd för hela mätperioden sedan 1945 skulle man kunna använda utflödet ur Teen under förutsättning att man har en avbördningskurva för Teen. SMHI hade en mätstation för Teen som emellertid lades ned 1950 p.g.a. att den ansågs ge osäkra resultat. Denna kunde ha använts. Därvid hade man fått flödet i två punkter längs Svartån och kunnat beräkna tillrinningen mellan dessa och fått fram avrinningskoefficienter. Ett alternativ till SMHI:s kurva är att beräkna vattenföringen från Teen med hjälp av en vattenbalansstudie för sträckan Hasselfors-Backa Övre, varvid man tar hänsyn till magasineringen i Teen. Sedan relaterar man avbördningsvärdena till vattenytans nivå och får alltså en avbördningskurva. Detta diskuteras närmare i avsnitt 3.2.

3 AVBÖRDNING FRÅN TEEN

Teen utgör inget idealiskt mätställe för bestämning av flöde. Ett sådant bör nämligen ligga nära en bestämmande sektion dvs strax ovanför en fors eller liknande. Nedströms Teen flyter Svartån fram som en lugn å fram till Backa. Detta innebär att både vattenståndet i Teen och tillflödet av vatten mellan Teen och Backa påverkar utflödet ur Teen.

I det följande presenteras dels SMHI:s gamla avbördningskurva dels en som beräknas utgående från 8 års mätdata. En utvärdering av vilken av dessa två kurvor som är mest tillförlitlig kan baseras på vilken av dem som vid den senare utvärderingen av avrinningskoefficienterna ger ett bra medelvärde på dessa, dvs ett som stämmer överens med motsvarande värde för hela avrinningsområdet uppströms Backa Övre.

3.1 SMHI:s avbördningskurva

SMHI:s avbördningskurva ges av tabell 9 i bilaga 5 samt av diagram 1 i avsnitt 3.3. För att förenkla det fortsatta beräkningsarbetet har kurvan approximerats med funktionen $Q_T = 1.74 H^3 - 0.524 H^2 + 0.534 H$, där H [m] är höjden över pegelns nollpunkt på 63.26 m och $[Q_T]$ [m³/s] är flödet ur Teen.

3.2 Beräkning av avbördningskurva

Upprättandet av avbördningskurva för Teen har skett på följande sätt. Vi har utnyttjat dels en vattenbalansekvation för Teen (ekv. 1), dels en för hela området mellan Hasselfors och Backa Övre (ekv. 2).

$$Q_T = Q_H + \sum_i Q_i^T - \left(\frac{\Delta M}{T} + E \right) \quad \dots \quad (1)$$

- Q_T = avbördning ur Teen
 Q_H = flöde vid Hasselfors
 Q_i^T = tillflöden till Teen, exkl. området
 uppströms Hasselfors
 ΔM = magasinändringar i Teen
 E = avdunstningen från Teen
 T = tidsintervall mellan mätdata

I denna ekvation, som baseras på värden för varje månad, är alltså Q_H , ΔM , E i princip kända, uppmätta eller beräknade medan Q_T och Q_i^T är obekanta.

$$Q_B = Q_H + \sum Q_i - \left(\frac{\Delta M}{T} + E\right) \quad \dots \quad (2)$$

Q_B = flöde vid Backa

$$Q_i = k_i A_i = \text{tillflöde mellan Hasselfors och Backa} \quad (3)$$

Här är Q_B känd, medan Q_i är obekant. Genom att anta att Q_i är direkt proportionell mot avrinningsområdets storlek, enligt ekv. 3, antingen detta är Teens tillrinningsområde eller hela området kan vi lösa ekvationerna och få ut Q_T . (Antagandet innebär att vi anser specifika avrinningen lika för de två områdena).

Svartåns flöde genom Hasselfors bestäms med hjälp av energiproduktionen och diagram (enl. bil. 2). I diagrammet tas hänsyn till om enbart den ena eller båda generatorerna vid stationen varit inkopplade. Enligt uppgift går endast en mycket liten del vid sidan av kraftverket.

Avrinningsområdets areor har uppskattats och redovisas i tabell 1.

Tabell 1 Det betraktade avsnittet av Svartåns avrinningsområde uppdelat i delområden, vars areor uppskattats (fig. 3).

Delområde	Area [km ²]
1, norra delen	21
1, södra delen	91
Teen	6
1 Totalt	118
2, norra delen	127
2, södra delen	58
2 totalt	185
1 + 2	303

För att få en med verkligheten mer överensstämmande bild av magasinförhållandena i Teen måste hänsyn tas till avdunstningen och en uppskattning av denna göras. Denna uppskattning av avdunstningen från en fri vattenyta har gjorts med Penmans formel som dock experimentellt uppvisar cirka 10% för höga värden (Wallén 1966). Vi har dock beslutat använda dessa värden som en god approximation. Från en fri vattenyta i ett område kring Örebro har avdunstningen angivits till ungefär 101 mm/år. Uttryckt i månatliga värden erhålls därmed enligt tabell 2 fördelningen av avdunstning under året.

Tabell 2 Avdunstningen (mm) under året i ett område kring Örebro.

jan	feb	mars	apr	maj	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
0	3	29	68	132	160	151	105	51	8	0	0

Vattenståndsförändringen i Teen för varje månad under den 8-årsperiod som använts för kalibrering av avbördningskurvan redovisas i tabell 3. I dessa värden har då även avdunstningen inräknats. Värden med negativt tecken indikerar magasinstömnin-
ning.

För att bestämma hela avrinningsområdets avrinningskoefficienter, k-värden, bestäms nu med hjälp av ekvationerna 2 och 3:

$$k' = \frac{Q_B - Q_H + \left(\frac{\Delta M}{T} + E\right)}{\sum A_i} \left[\frac{1}{s \text{ km}^2}\right] \dots\dots (4)$$

$\sum A_i$ = hela avrinningsområdets area
i

Koefficienterna redovisas i tabell 4. Dessa värden antas nu gälla för alla delar av avrinningsområdet. Därmed kan avbördningsvärden för Teen beräknas med ekvationen 5.

Tabell 3: Vattenståndsförändring (cm) i Teen.
Negativt tecken innebär magasinstömnin-
g. Avdunstningen är inkluderad.

mån	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1		3	-38	-45	1	61	17	14	52
2		-5	22	-11	0	44	-67	0	-2
3		3	-9	19	-36	-24	-54	-7	71
4		166	-6	32	-8	-46	48	9	40
5		-106	-18	-39	35	-8	7	17	-76
6		-24	6	7	1	16	-29	8	-72
7		22	24	11	-1	15	1	20	10
8		3	108	-2	-1	19	21	11	5
9		5	-59	12	8	7	-9	8	-1
10		13	-2	-3	1	65	17	0	22
11		139	50	24	2	91	-13	-13	110
12	-4	-80	18	36	-6	-26	-4	49	2

$$Q_T = Q_B - \sum_i Q_i^{T-B} \quad \dots \quad (5)$$

Q_T = avbördning från Teen

Q_B = flöde vid Backa

$\sum Q_i^{T-B}$ = summa tillflöden mellan Teen och Backa = $\sum kA_i$

Avbördningsvärdena under den aktuella 8-årsperioden redovisas i tabell 5.

Tabell 4: Avrinningskoefficienter för hela det valda området uttryckt i $l/s \cdot km^2$.

mån	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1		1.9	14.2	19.7	10.6	21.8	41.9	5.0	20.1
2		1.3	8.9	17.3	21.4	26.5	26.2	3.0	18.0
3		1.2	11.5	14.3	11.8	13.7	9.4	1.8	45.0
4		50.6	24.0	38.4	8.3	7.7	18.5	9.9	80.9
5		52.0	8.2	14.2	9.3	0.7	7.5	9.2	106.1
6		6.1	3.8	10.8	6.3	1.9	2.7	1.9	5.7
7		5.6	2.5	10.1	2.6	2.1	1.7	1.2	4.1
8		4.8	27.4	6.1	1.6	2.1	3.2	1.8	2.0
9		4.3	13.3	8.5	2.3	2.2	1.9	2.3	2.2
10		9.9	9.7	7.0	2.4	16.2	3.9	1.3	8.6
11		41.6	(-1.1)	15.7	5.4	49.8	1.6	2.6	28.5
12	6.0	58.9	25.1	30.8	13.1	44.2	3.6	16.9	34.8

Tabell 5: Avbördning från Teen (m^3/s) under perioden 1970-77

mån	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1		3.15	6.27	6.26	7.84	2.67	16.25	2.48	7.28
2		2.86	6.65	5.00	8.14	8.40	13.45	2.44	8.17
3		2.78	7.77	5.15	5.41	7.46	6.06	2.27	11.18
4		5.84	6.36	11.70	3.76	5.38	4.58	0.97	18.03
5		13.18	4.08	5.67	3.28	2.37	5.81	0.70	22.37
6		4.27	2.70	4.20	4.13	1.85	4.20	1.55	6.14
7		2.96	2.74	4.23	2.32	2.01	2.18	1.68	2.24
8		3.01	6.33	3.47	2.60	1.81	2.21	1.87	2.53
9		2.90	6.74	3.33	2.07	1.99	2.75	1.97	2.99
10		3.47	4.80	3.50	2.56	3.20	2.38	1.86	3.21
11		6.50	---	4.20	2.70	10.79	2.80	2.12	9.13
12	3.49	13.70	10.76	9.70	3.18	16.82	2.33	3.47	13.26

För Teen har antagandet av branta stränder kunnat anses vara gällande eftersom sjön är relativt stor.

Vidare har Svartåns bidrag till avdunstningen försumrats då åns area i jämförelse med Teens är mycket liten (cirka 2%).

Det är åtta års data, 1970-77, som har fått ligga till grund för avbördningskurvan. Denna begränsning beror på att inte några energiproduktionsuppgifter från Hasselfors vattenkraftverk föreligger före 1970.

För att förenkla det fortsatta arbetet har vi här velat uttrycka avbördningskurvan med hjälp av en någorlunda lättarbetad funktion. Det visade sig att en andragradskurva tämligen väl satisfierade avbördningskurvan. Därvid ansätts funktionen

$$Q = \beta_0 + \beta_1 \cdot H + \beta_2 \cdot H^2 \quad \dots \quad (6)$$

Q = avbördning ur Teen (m^3/s)

H = vattenstånd i Teen (cm) utgående från 0-punkt på 63.26 m.ö.h.

Koefficienterna β_i bestäms med det utjämnade systemet:

$$\begin{bmatrix} n & \sum H_i & \sum H_i^2 \\ \sum H_i & \sum H_i^2 & \sum H_i^3 \\ \sum H_i^2 & \sum H_i^3 & \sum H_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Q_i \\ \sum H_i Q_i \\ \sum H_i^2 Q_i \end{bmatrix}$$

Lösning av systemet ger koefficienterna β_i med de bästa approximationerna enligt minsta kvadratmetodens mening, se t.ex. Petersson (1977). Resultatet av denna beräkning gav

$$\begin{aligned} \beta_0 &\approx 2.936 \\ \beta_1 &\approx -5.142 \cdot 10^{-2} \\ \beta_2 &\approx 441.09 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

vilket alltså ger funktionen som beskriver avbördningen från Teen till:

$$Q = 2.94 - 5.1 \cdot 10^{-2} \cdot H + 4.4 \cdot 10^{-4} \cdot H^2 \dots (7)$$

Funktionen har även redovisats i diagramform tillsammans med den av SMHI sedan 1950 använda avbördningskurvan (se diagram 1).

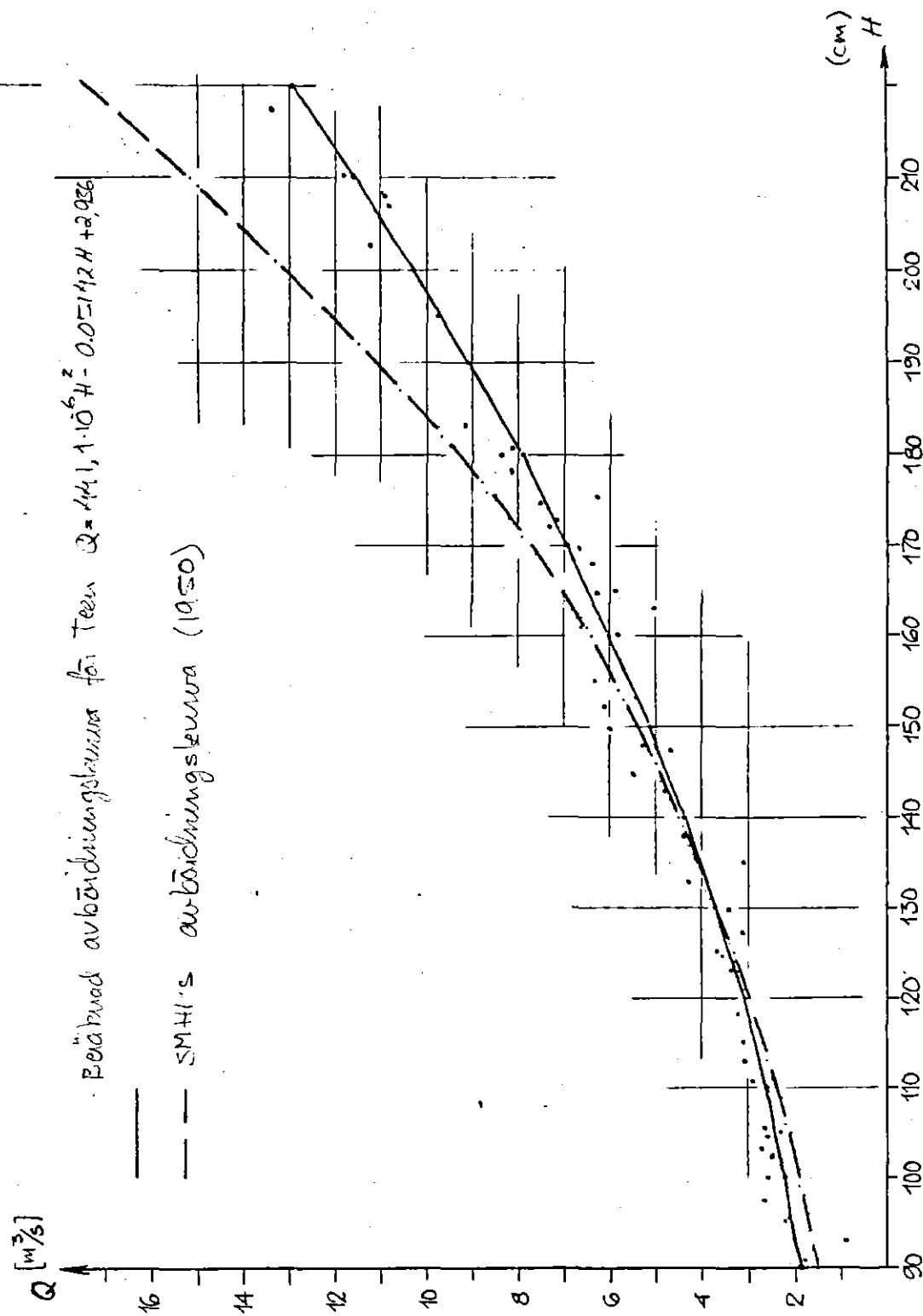


Diagram 1: SMHI:s och beräknad avbördningskurva för Teen.

3.3 Val av avbördningskurva

Det är ej möjligt att direkt säga vilken avbördningskurva som är mest tillförlitlig. I detta fall finns emellertid kontrollmöjlighet som består i att man utnyttjar avbördningskurvorna var för sig och beräknar avbördningskoefficienterna för område 2. Medelvärdet för avrinningskoefficienterna bör ligga nära medelvärdet för hela avbördningsområdet uppströms Backa Övre, dvs även uppströms Hasselfors.

Medelvärdet på avrinningskoefficienterna för område 2 (fig. 3) blir med SMHI:s kurva 9.3 [$1/s \cdot km^2$] medan den beräknade avrinningskurvan ger 13.8 [$1/s \cdot km^2$]. Detta skall jämföras med 9.7 $1/s \cdot km^2$ som gäller hela området uppströms Backa Övre. (Hur beräkning av avbördningskoefficient görs beskrivs i kap. 4).

Som framgår av diagram 1 är skillnaden mellan SMHI:s och den beräknade kurvan liten vid låga flöden medan den blir avsevärd vid höga flöden. Detta beror säkerligen på att en icke obetydlig tappning sker vid sidan av kraftverket i Hasselfors när flödet är stort. En beräkning av avbördningskoefficienterna uppströms Hasselfors baserat på kraftverkets energiproduktion ger ett medelvärde på 7,2 [$1/s \cdot km^2$], vilket ligger mycket lägre än medelvärdet för Backa Övre. Den mängd vatten som vid högvatten i Svartån tappas förbi Hasselfors torde vara av storleksordningen 20% av det totala flödet. Det framgår också av bilaga 3 att skillnaden i flöde mellan Hasselfors och utflödet från Teen är så stor vid höga flöden att tappning måste ske vid sidan av kraftverket.

SMHI:s avbördningskurva är alltså den som bör användas i det fortsatta beräkningsarbetet.

4. BERÄKNING AV AVBÖRDNINGSKOEFFICIENTER

Avrinningskoefficienterna för avbördningsområdet mellan Teens utlopp och Backa Övre är obekanta och skall bestämmas. SMHI:s avbördningskurva för Teen är den mest tillförlitliga och skall användas i denna beräkning. För Backa Övre finns data mellan åren 1945-1977, vilket gör att vi kan få specifika avrinningen här kallad k-värden under samma period.

Aktuell ekvation:

$$Q_B = Q_T - \sum Q_i^{T-B}$$

Q_B = flöde i Backa Övre

Q_T = avbördning ur Teen (SMHI)

$Q_i^{T-B} = k_2 \cdot A_2$ = tillflöden mellan Teen och Backa Övre

$A_2 = 185 \text{ km}^2$ (område 2)

Ekvationen innehåller endast en obekant vilket då leder till ekv.

$$k_2 = \frac{Q_B - Q_T}{A_2}$$

Q_T fås m.h.a. ekvationen som beskriver SMHI:s avbördningskurva och vattenståndet i Teen för åren 1945-1977, $Q_T = 1,74 H^3 - 0,524 H^2 + 0,534 H$. Dessa värden redovisas i tabell 6.

En del värden blir negativa. Möjliga orsaker till detta tas upp i kap. 5. Det mest rimliga torde vara att höja dessa värden till noll. Detta ger ett medelvärde för avrinningskoefficienterna på 9.3 $[1/s \cdot \text{km}^2]$.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1945	1.8	0(-0.8)	14.9	5.9	0.8	1.7	0(-0.7)	0(-0.9)	0(-0.5)	1.8	5.6	3.8
46	4.8	1.7	6.4	5.2	0.6	1.0	0(-1.3)	0(-0.6)	18.3	0(-1.0)	2.8	8.1
47	10.8	2.0	0.8	14.1	2.8	1.3	0.1	0.5	0.4	0(-0.2)	0(-0.1)	1.1
48	0.3	0.8	13.8	10.4	2.9	0.8	1.1	2.9	4.2	6.9	11.0	9.0
49	12.9	4.8	3.7	8.7	1.8	2.2	1.6	7.3	4.7	18.7	19.3	8.1
50	0(-16.7)	0(-12.4)	9.9	15.4	3.4	2.6	1.7	1.7	4.4	6.5	16.4	11.2
51	1.7	2.2	2.4	59.7	25.2	0.7	1.0	12.5	4.9	2.7	6.7	10.5
52	0(-0.4)	0(-0.2)	2.7	7.7	11.1	2.6	1.7	7.4	2.6	17.4	6.9	0.8
53	8.4	7.7	2.3	13.0	5.6	6.6	11.9	15.0	7.1	12.9	7.6	3.4
54	5.4	3.7	9.2	13.2	11.5	6.1	0.7	7.0	10.7	25.1	31.7	26.9
55	7.7	3.6	5.8	15.0	7.6	3.2	1.8	2.5	4.7	6.4	6.5	8.4
56	5.9	4.5	9.8	18.7	12.3	3.5	3.0	6.6	6.3	11.0	14.6	11.8
57	8.0	5.4	9.0	12.1	6.6	4.7	2.2	4.3	16.1	1.8	2.5	8.3
58	7.0	7.7	5.5	20.7	26.0	7.1	10.9	11.2	3.3	13.7	10.6	9.4
59	3.8	12.0	37.1	22.8	10.4	5.1	3.3	2.8	3.3	4.4	8.3	18.8
60	12.7	6.7	12.4	16.0	8.8	3.4	12.1	15.1	0(-0.9)	4.5	37.6	19.4
61	8.6	13.0	6.8	7.8	8.0	7.7	4.7	7.3	6.9	13.5	21.6	10.3
62	15.8	15.9	8.5	34.2	7.6	9.0	8.3	14.4	42.6	9.2	10.0	10.0
63	6.9	7.3	5.8	18.1	17.1	4.8	2.1	5.6	9.9	19.0	22.2	12.2
64	14.4	9.2	8.5	9.0	13.3	5.5	2.7	3.6	3.2	17.5	9.4	15.3
65	14.5	9.4	11.9	15.1	7.4	8.5	8.9	9.7	17.4	15.7	14.2	9.9
66	7.7	8.8	23.2	29.9	32.0	3.4	3.7	5.1	5.4	5.9	10.8	21.7
67	13.6	11.9	39.1	7.8	6.1	3.1	2.9	3.9	6.4	37.7	8.9	2.3
68	5.2	4.0	18.7	4.3	0(-5.6)	3.9	2.8	1.1	1.3	7.6	23.3	3.5
69	3.3	0(-2.0)	0.3	33.3	5.7	8.2	7.0	4.1	6.2	6.1	11.8	5.7
70	0(-2.9)	0(-1.6)	0.9	43.0	26.7	5.9	6.0	5.5	6.1	11.5	31.6	17.0
71	9.5	8.3	8.3	16.2	7.0	5.8	5.0	20.2	7.6	9.9	15.7	6.1
72	6.0	6.5	13.6	19.9	9.0	9.2	9.7	7.3	9.3	8.8	16.1	18.7
73	9.3	16.3	9.6	10.3	9.9	7.7	2.9	5.4	5.0	6.2	10.5	21.6
74	20.6	21.1	8.1	10.4	5.3	4.3	5.0	3.9	4.7	15.2	29.8	8.5
75	12.2	10.0	11.3	15.3	9.8	8.3	4.8	5.4	5.7	6.0	5.7	8.6
76	8.4	6.8	5.3	7.3	5.2	2.9	2.7	3.4	4.5	3.8	3.0	18.9
77	15.1	10.5	32.6	45.3	45.1	6.3	6.5	5.2	5.2	11.0	24.5	7.3

Tabell 6
Avrinningskoefficienten för beräkningsområdet
under perioden 1945-1977 [l/s·km²]
(Negativa värden inom parentes.)

medelvärde $\frac{3675.1}{396} \approx 9.3$ [l/s·km²]

5. BEDÖMNING AV RESULTAT

Värdena på avrinningskoefficienterna torde vara rimliga och i jämförelse med hydrologiska mätningar överhuvudtaget vara av acceptabel noggrannhet.

Vid tillämpning på hela Svartån kan man rekommendera en upp- eller nedskrivning av värdena beroende på om de skall användas för områden i den något regnrikare västra delen eller i den regnfattigare östra delen.

Nödvändigheten av att korrigera avrinningskoefficienter som har ett värde mindre än noll är uppenbar. Avrinningen torde alltid vara positiv eftersom Svartån, mellan Teen och Backa Övre, huvudsakligen rinner genom praktiskt taget täta jordlager av lera och morän och som tidigare nämnts är avdunstningen på motsvarande sträcka obetydlig och kan ej förklara de negativa värdena. Dessa torde i stort sett kunna hänföras till att man vid beräkningen tar skillnaden mellan två relativt stora tal. En del av de negativa värdena förekommer under vintertid, då isdämning kan påverka avbördningsförmågan och alltså även påverka resultatet.

En jämförelse av avrinningskoefficienter för området uppströms Backa Övre respektive det aktuella området visar att fluktuationerna är mycket större för det senare området. Detta är helt naturligt, då området dels är mindre dels har lägre andel sjöar. Rent generellt är de relativa variationerna mindre för ett stort avrinningsområde än för ett litet. Sjöar utgör magasin som naturligtvis utjämnar flödet. Dessutom finns just i området öster om Teen en mycket stor andel torvmossar. Enligt NFR - naturvetenskapliga forskningsrådet - kan följande fakta om torvmarker vara av intresse (NFR 1977).

Torvmarkerna består vanligtvis av en övre tämligen låghumifierad porös del, vilande på en starkare förmultnad del med mycket låg permeabilitet. Grundvattenströmningen är av betydelse endast i det övre lagret. Inom torvlagret sker en avrinning åt sidorna i lutningsriktningen. Då gradienterna vanligen är

små, blir grundvattenavrinningen mycket långsam. Under snösmältningen på våren fylls grundvattenmagasinet i torvmarkerna på så att grundvattenytan står i eller ovan markytan. Därvid erhålls en relativt snabb avrinning, vars begränsning endast ligger i de vanligen mycket låga gradienterna, ytornas råhet och eventuell dämning. Sommaravrinningen är liten, men eventuellt överfylls magasinerna på hösten med hög avrinning som följd.

LITTERATUR

Häggström, Steffen: "Närkes Svartå: Användning av simuleringsmodellen MITSIM vid vattenresursplanering i Svartån". Inst. för vattenbyggnad, CTH. Report Series C:16. Göteborg 1981.

NFR: "Forskning i små avrinningsområden". Seminarium 13-14 januari 1977, International Hydrologic Program Sweden Report 52. NFR-Naturvetenskapliga Forskningsrådet. Stockholm 1977.

Persson, Lars Olof: "Utvecklingen i Svartån; Regional analys som bakgrund till vattenresursplanering". Inst. för ekonomi och statistik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 163. Uppsala 1980.

Pettersson, Jan: "Linjär Algebra", Inst. för matematik. CTH. Göteborg 1977.

Stöllman, Lars-Erik: "Närkes Svartå. Inventering av vattentillgång och vattenanvändning". Inst. för vattenbyggnad, CTH. Report Series B 21. Göteborg 1980.

Wallen, C.C.: "Global solar radiation and potential evapotranspiration in Sweden". SMHI, Meddelande Serie B 24. Uppsala 1966.

Tabell 7 Energiproduktion (kWh) och beräknat (m^3/s) flöde vid Hasselfors Bruk från nov. 1969 till dec, 1977

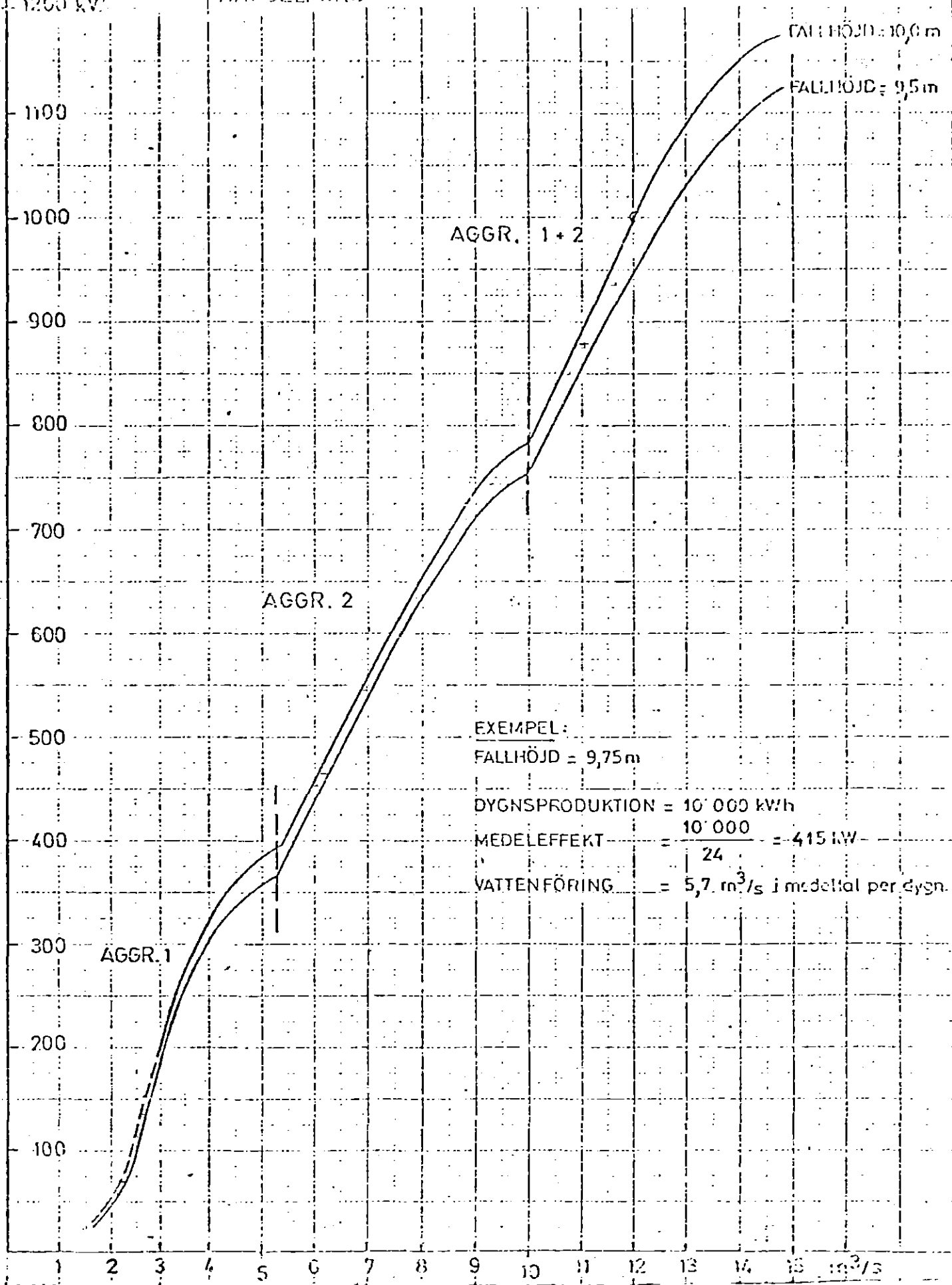
Mån	Gen I	Gen II	Flöde	Mån	Gen I	Gen II	Flöde
1969	66600		2.4				
11	112800	4500	2.7				
1970				1973			
1	106800	33000	3.0	1	201000	168000	6.6
2	97800		2.6	2	99600	192000	5.6
3	104400		2.7	3	154800	12000	3.2
4	153600	51000	3.7	4	97800		2.6
5	255000		4.6	5	81000	60000	3.0
6	138000		3.0	6	24000	154500	3.4
7	112200		2.8	7	9600	25500	2.0
8	73800		2.5	8	11400	54000	2.4
9	73800		2.5	9	38400	675	2.0
10	93000		2.6	10	55800		2.3
11	264000		4.8	11	44400		2.1
12	268200		4.9	12	18000		1.5
1971				1974			
1	207000		3.7	1	72000		1.5
2	235800	91500	6.1	2	68400	281820	6.3
3	202200	130500	6.2	3		271935	5.3
4	180600		3.4	4	56640	125325	3.4
5	104400		2.7	5	5748	34230	2.1
6	58800		2.4	6	3678	28290	2.0
7	66000		2.5	7	44952		2.1
8	114000	178500	5.6	8	34320	3735	2.0
9	127800	81000	3.8	9	30642		1.9
10	132000	58500	3.6	10	74910	42450	2.8
11	198000	414000	10.8	11	55632	337200	7.0
12	120000	358500	8.2	12	180654	451785	11.0
1972				1975			
1	130000		2.9	1	227226	446880	11.7
2	108600		2.7	2	129876	380415	8.8
3	216000		3.9	3	61242	140700	3.7
4	124800	333000	7.9	4	66840	125055	3.5
5	149400	7500	3.1	5	125880	143235	5.1
6	103800	49500	3.1	6	113130	55845	3.2
7	100200	75000	3.3	7	40398		2.0
8	104400	4500	2.7	8	51870		2.3
9	71400	10500	2.6	9	58344		2.3
10	94200		2.6	10	53160		2.3
11	130200		2.9	11	50262		2.3
12	137400	246000	6.9	12	26466		1.8

forts.

Mån	Gen I	Gen. II	Flöde
1976			
1	49128		2.2
2	40992		2.1
3	30342		1.9
4	1062		0
5	2484		0
6	15858		1.5
7	34416		2.0
8	31380		1.9
9	30762		1.9
10	23904		1.7
11	17262		1.5
12	78786	4620	2.6
1977			
1	138702	195330	6.1
2	49206	276670	6.0
3	133656	296550	7.5
4	173718	361230	9.4
5	153930	316335	8.1
6	75516	135915	3.8
7	34452		2.0
8	9292	58095	2.4
9	108078	345	2.7
10	98748	1365	2.7
11	147192	335115	8.3
12	87552	441150	9.2

1000000000
 1000000000
 1200 kW

SKEDANSÖ MELLAN KÖRÖLÖREN OCH
 VATTENLÖSNING VID KRAFTSTATIONEN I
 HASSELFORS



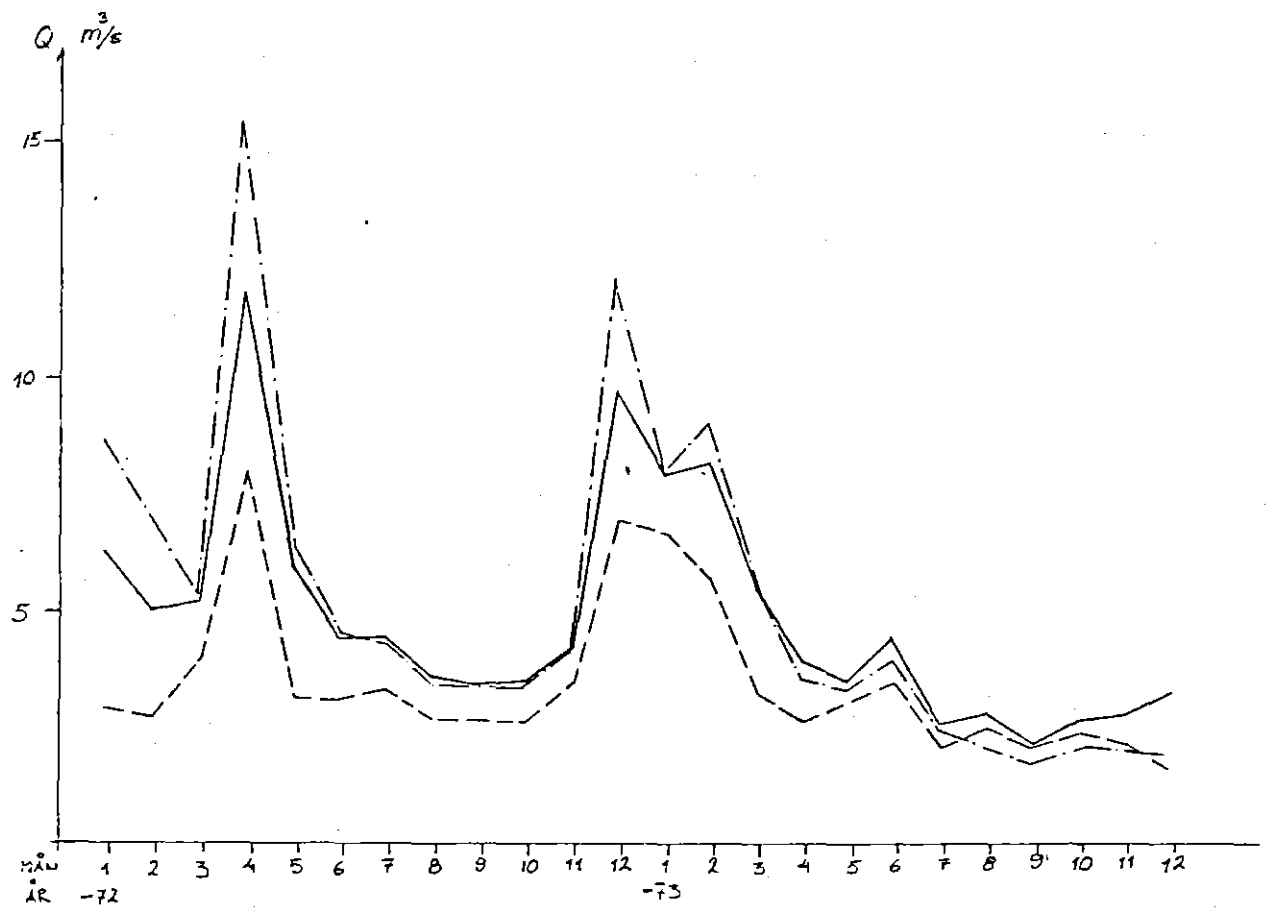
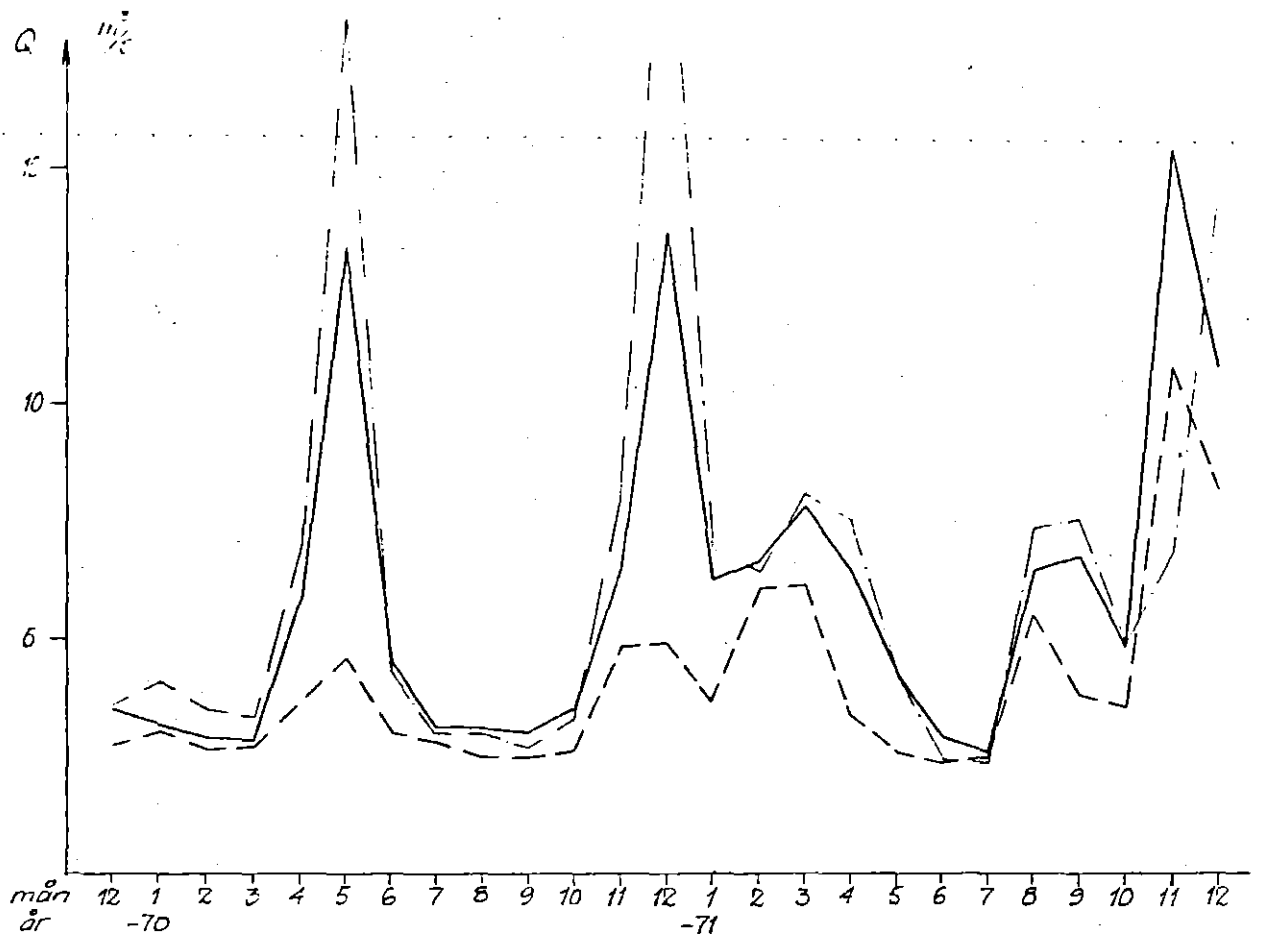


Diagram 3:a ——— vår beräknade avbördningskurva
 - - - SMHI:s avbördningskurva
 - · - flöde vid Hasselfors vkvk

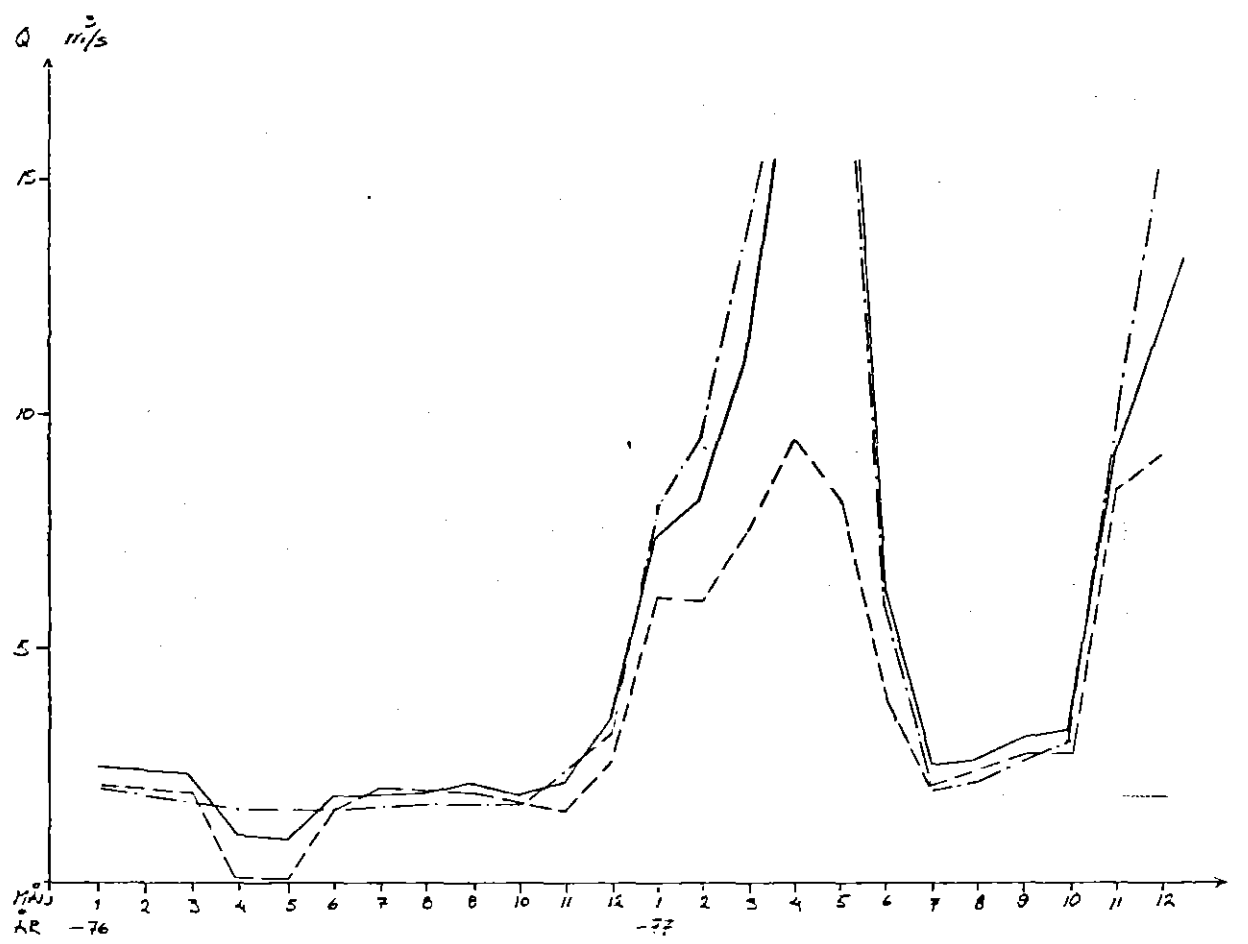
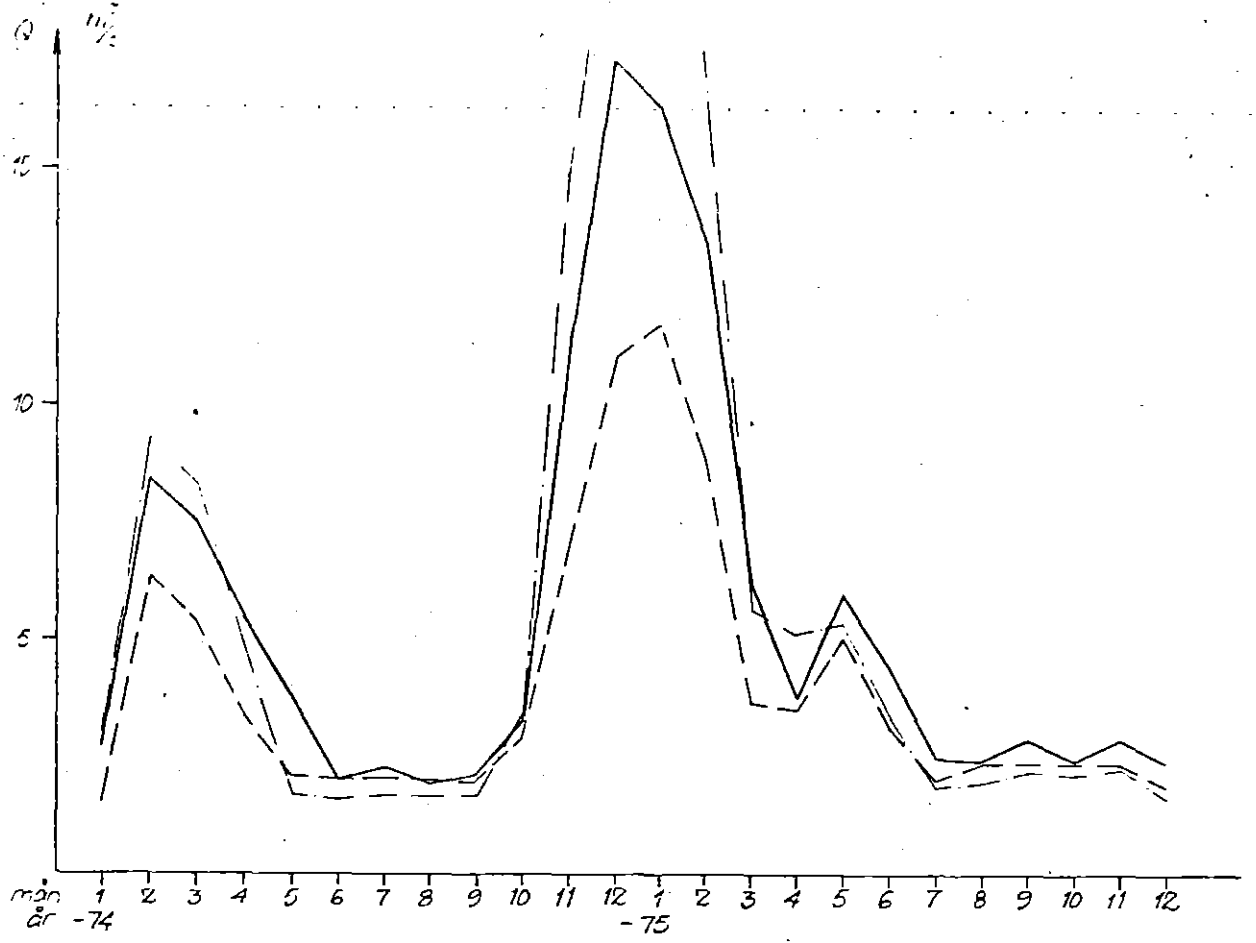


Diagram 3:b

Tabell 8 Avrinningskoefficient för området uppströms
Backa Övre under perioden 1970-77

Avrinningsområde uppströms Backa Övre
828 km² (9.2 % sjöar)

(l/s·km ²)	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
J	4.2	10.7	12.0	11.8	8.1	29.0	4.1	13.3
F	3.7	10.0	9.9	14.6	16.1	22.1	3.6	13.9
M	3.6	12.0	9.4	9.2	12.1	9.4	3.1	23.6
A	18.4	13.0	22.7	6.4	8.2	9.7	3.4	39.9
M	27.5	6.8	10.0	6.0	3.0	8.7	2.9	50.7
J	6.5	4.1	7.5	6.4	2.7	5.7	2.3	8.7
J	4.8	3.9	7.4	3.4	2.9	3.0	2.3	3.6
A	4.7	13.8	5.6	3.5	2.7	3.4	2.7	3.5
S	4.5	11.1	5.9	3.0	2.9	3.7	2.9	4.1
O	6.4	8.0	5.8	3.6	7.5	3.7	2.5	5.8
N	17.1	11.2	8.6	4.5	24.2	3.7	3.1	17.4
D	29.7	18.6	18.6	6.8	30.2	3.6	8.0	23.8

$$k = 9.7$$

Tabell 9:a

VATTENDRAG: NARKES SVARTÅ

PEGEL: 61 1219 HASSELFORS

VEDERBORDSOMRÅDE: 688.00 KM2

SJÖPROCENT: 10.7 OPKT: 63.26

VATTEN- STÅND	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
4	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
5	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38
6	0.40	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67
7	0.70	0.74	0.78	0.82	0.86	0.90	0.94	0.98	1.0	1.1
8	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
9	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9
10	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3
11	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
12	3.0	3.1	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6
13	3.7	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.3	4.4
14	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3
15	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3
16	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.2	7.3	7.4	7.6
17	7.7	7.9	8.0	8.2	8.3	8.5	8.7	8.8	9.0	9.1
18	9.3	9.5	9.7	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7	10.9
19	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.1	12.3	12.5	12.7	12.9
20	13.1	13.3	13.5	13.7	13.9	14.1	14.4	14.6	14.8	15.0

