



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R145:1979

**Vattenomsättningsstudie
i Bensbyområdet
1976-1979 — speciellt
snösmältningsperioden**

Angela Lundberg

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VÄTTFN
BIBLIOTEKET

R145:1979

VATTENOMSÄTTNINGSSSTUDIE I BENSBYOMRÅDET 1976-1979
- SPECIELLT SNÖSMÄLTNINGSPERIODEN

Angela Lundberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750033-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Avd. för vatten-
teknik, Högskolan i Luleå.

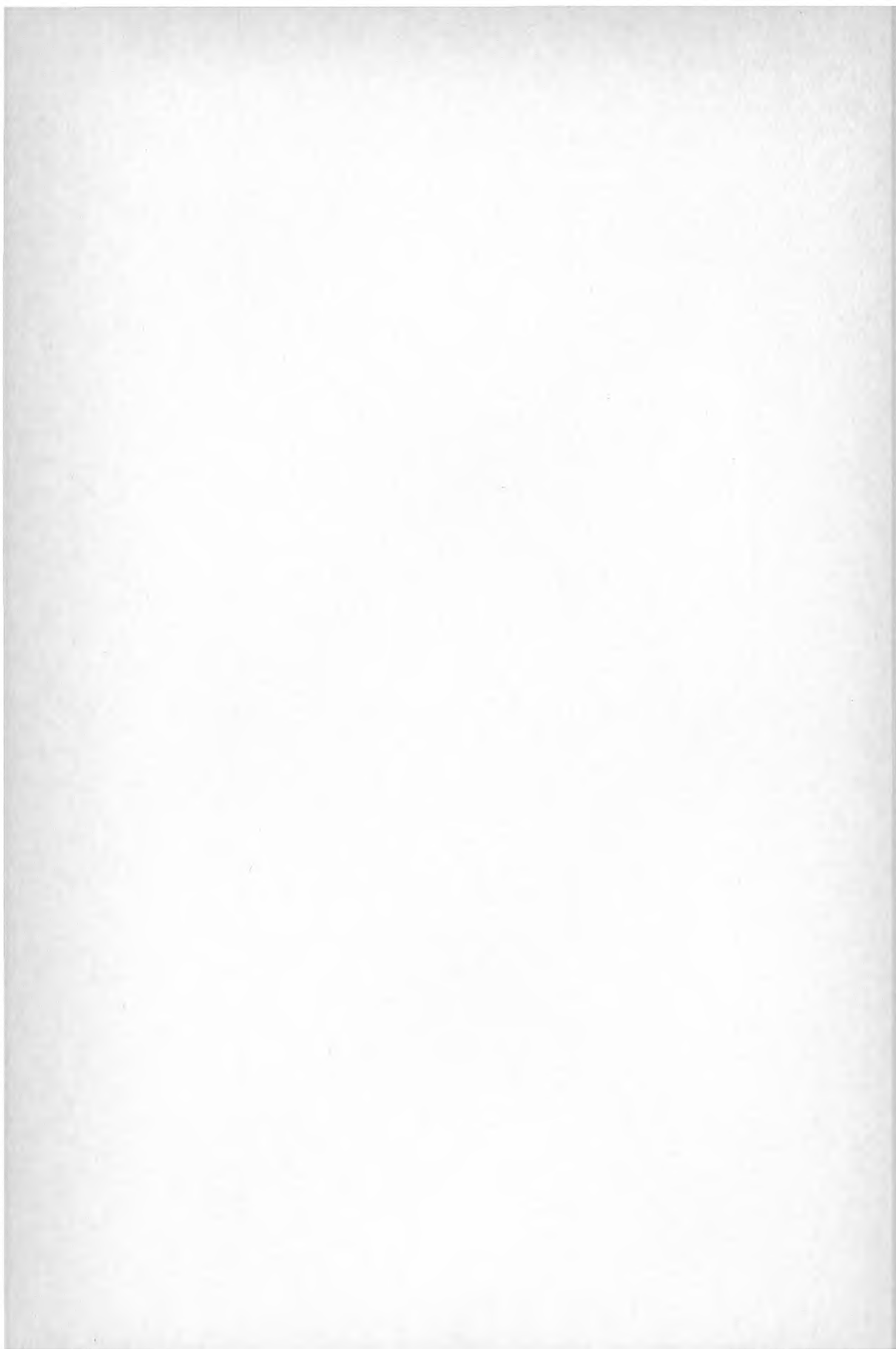
I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R145:1979

ISBN 91-540-3141-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 959445

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sid.
1.	INLEDNING - SYFTE	5
2.	SAMMANFATTNING	5
3.	OMRÅDESBESKRIVNING	6
4.	MÄTPROGRAM	6
4.1	Avrinningsmätningar	6
4.2	Mark- och grundvattenmätningar	7
4.3	Snömagasinsbestämningar	7
4.4	Meteorologiska data	7
4.5	Marktemperatur och tjäldjup	8
5.	SNÖ	8
5.1	Allmänt	8
5.2	Snönederbörd	8
5.3	Snösmältning	10
5.3.1	Snösmältning beräknad med energibalans	10
5.3.2	Snösmältning beräknad med graddagarsmetoden	13
5.3.3	Albedots variation med tiden	16
6.	VATTENOMSÄTTNING	16
6.1	Allmänt	16
6.2	Vattenbalansberäkningar för snösmältningsperioden	17
6.3	Vattenomsättning året	20
7.	AVDUNSTNINGEN	25
8.	SLUTSATSER	27
9.	REFERENSER	28
10.	FIGURBILAGA	29



1. INLEDNING - SYFTE

Under tiden november-75 - maj-79 har vattenbalans- och snösmältningsstudier bedrivits i Bensbyn. Bensbyprojektet som bekostas av Byggforskningsrådet avsåg ursprungligen att studera urbaniseringseffekterna vid bebyggelse av ett ruralt område i norra Sverige. När det ganska snart visade sig osäkert om området skulle komma att bebyggas inom en nära framtid och anslagen drogs ner till en 1/2-tids tjänst kom tonvikten i undersökningarna att ligga på olika snöprocesser. Specialstudium utfördes av snöackumulation, snösmältning och infiltration i samband med avsmältning. Termerna i vattenbalansen mättes en gång per månad.

2. SAMMANFATTNING

Åren 1976-1979 har i Bensbyområdet utförts vattenomsättningsstudier på månadsbasis. Under perioden erhöles ca 30 mm/år större nederbörd än normalt och ca 30 mm/år större avdunstning. Nederbörden var begränsande för avdunstningen. Med rekommenderad korrigerings av nederbörden (4% regn, 10 % snö) erhöles en avdunstning på ytterligare 30 mm/år.

Under snösmältningsperioden har vattenomsättningen beräknats ca 2 ggr/vecka för att närmare kunna följa snösmältnings-, avrinnings- och infiltrationsförloppet vid tjälad mark. I början av snösmältningsperioden sker ingen avrinning utan markvattenmagasinet fylls först och först sedan det fyllts börjar avrinningen. Om större regn faller under smältperioden kan avrinningen börja innan markvattenmagasinet fylls, eftersom tjälän då inte hinner släppa igenom vattnet.

Snöackumulationen har även studerats. För området bör en korrektion på minst 6 % göras av SMHI-mätarens värden.

Snösmältningen har beräknats både med energibalansmetoden och graddagarsmetoden. Energibalansmetoden ger god överensstämmelse med snötaxeringarna. Graddagarskonstanten med en jämviktstemperatur på 0°C går bra att använda för skog ($k = 2.5 \text{ mm/}^{\circ}\text{C, dygn}$), men för fält måste man använda någon metod som tar hänsyn till strålningen, t ex variabel jämviktstemperatur. Graddagarskonstanten är beroende av tidpunkten för smältningen (även i skog).

Åren 1976-78 mättes albedot under smältperioden. Albedot avtog ganska snabbt från ca 80 % första dagen ner till 50 % efter 5 dagar, därefter avtar det långsamt ner till 40 %. I slutet av smältperioden har det vissa år bildats en isskorpa på snötäcket, och det uppmättes så låga albedovärden som 20 %.

3. OMRÅDESBESKRIVNING

Bensbyn är beläget 5 km norr om Luleå. Det geografiska läget är lattitud $65^{\circ}38''$ N och longitud $22^{\circ}15''$ O.

Hela området är ca 4.6 km^2 , men när anslagen minskade kom huvuddelen av undersökningarna att begränsas till ett delområde kallat "Stora Överfallet". I fortsättningen hänför sig beskrivningen till detta delområde om ej annat anges. Området är 1.63 km^2 . Av ytan upptas 70 % av skog och 30 % av öppen mark (Figur 1). Skogen utgöres av barrskog.

De geologiska förhållandena har utretts av Luleå Kommun. Marken inom området utgöres till 61 % av morän och består i övrigt av 17 % silt på morän, 10 % berg i dagen eller tunt jordtäckte, 10 % silt på lera samt 2 % organiskt material (Figur 2). Höjden inom området varierar mellan 4-43 m med en medelhöjd på ca 15 m.

4. MÄTPROGRAM

För vattenomsättningsstudien av området mättes avrinningen kontinuerligt, grund- och markvatten samt snömängd mättes en gång i månaden. För beräkning av avdunstning registrerades kontinuerligt lufttemperatur och luftfuktighet, avdunstningen och vindhastigheten mättes även dagligen. För beräkning av snösmältning uppmättes nettostrålningen på fält och i tät skog. Registrering av inkommande och utgående kortvägig strålning för bestämning av albedo gjordes även på fält. Under snösmältningsperioden intensifierades grund- och markvattenmätningarna samt snötaxeringarna till minst en gång i veckan, tätare vid intensiv snösmältning.

4.1 Avrinningsmätningar

Områdets dräneringssystem framgår av Figur 1, vilken visar vattendelare för försöksområde, områdets vattendrag, mätstation för avrinning samt läge för meteorologiska observationer. Avrinningsstationen består av ett 90° V-formad överfall, s k Thompson-överfall. Vattennivån registreras kontinuerligt. Registreringsanordningen utgöres av mekaniskt skrivande Ott-pegel med en bästa tidsupplösning av 30 min. I början av vårfloden dämmer det nedströms i bäcken varför mätningarna från denna tid är något osäkra. Bäcken är helt frusen under vinterns kallaste period. När det rinner vatten i bäcken hålles överfallet isfritt med hjälp av gasolvärme.

4.2 Mark- och grundvattenmätningar

Mätning av markvatten sker via ett nät av 4 stationer inplacerade i eller i närheten av delområdet.

Markvattenrören består av 1 1/2 tums galvaniserade järnrör som drivits ner genom hejning. Markvattenhalten bestäms med neutrometoden med en dansk mätare av samma typ som användes vid andra nordiska högskolor och universitet. Jordens densitet är bestämd med gammakällan till sonden och med sonden medföljande standardkurvor. Med markvattenvariationer avses här ändringarna i vattenhalt i den översta metern.

Vid markvattenmätningarna bestäms följande:

- 1) Markvattenhalt i varje mätnivå (varje dm ner till 1 m djup)
- 2) Ändring i markvattenmagasin mellan mättillfällen

Grundvattennivån mättes i 6 rör i eller i närheten av delområdet. Enbart grundvattenvariationer under 1 meters djup medtages i vattenomsättningsberäkningarna.

4.3 Snömagasinsbestämningar

Snötäckets ackumulation och avsmältning observerades regelbundet under vintern och våren vid tre olika lokaler i Bensbyn och Porsön (Högskolan ligger på Porsön ca 5 km från Bensbyn). De tre olika typerna av ytor var öppet fält, litet fält och tät skog. Taxeringarna har utförts med snörör. Vid varje mättillfälle mättes snödjupet i 20 punkter längst en 50 m lång linje och densiteten i 3-10 punkter (fler punkter under de senare åren).

4.4 Meteorologiska data

Meteorologiska data för beräkning av snösmältningen och avdunstningen från fältet mättes. För snösmältningsberäkningarna mättes dels på öppet fält och dels i tät skog. Lufttemperatur, vindhastighet, relativ fuktighet och nettostrålning registrerades. På fältet mättes även inkommande och utgående kortvägig strålning för bestämning av albedot. Avdunstningen mättes från ett GGI kärll. Nederbörden mättes i ett SMHI kärll placerat på öppet fält.

4.5 Marktemperatur och tjäldjup

Marktemperaturen mättes på 20, 50 och 100 cm djup 1 gång i veckan.

Tjäldjupet mättes med dubbla rör nedgrävda vid mätstationen. Det inre röret var fyllt med vatten färgat med metylblått. När vätskan fryser ändrar den färg.

5. SNÖ

5.1 Allmänt

Snöackumulation och snösmältning dominerar den hydrologiska cykeln för nordliga områden. Existerande kunskaper om snöackumulation, snösmältningsförlopp och infiltration i samband med smältningen är bristfälliga.

5.2 Snönederbörd

Snönederbörd är svår att mäta i uppsamlingskärl, typ SMHI-mätare, eftersom snöflingorna är så lätta att deras bana lätt rubbas av turbulensen som bildas runt ett uppsamlingskärl. Endast få jämförelser finns utförda mellan uppsamlad snönederbörd i SMHI-kärl och uppmätt snömängd på marken. Magnus Persson (1974) rekommenderar en korrektion av snönederbörden på 10 % efter jämförelser i Lapträskområdet.

En jämförelse mellan snönederbörd uppmätt med SMHI standardkärl och snötaxeringar på öppet fält, litet fält och i tät skog har gjorts i Bensbyn. I Fig 3-5 är sambandet mellan ackumulerad snönederbörd och snötaxeringarna för öppet fält, litet fält respektive tät skog uppritade. I tabell 1 redovisas kvoterna mellan taxeringsvärdena och ackumulerade nederbörden

Tabell 1 Förhållandet mellan snönederbörd enligt taxering och enligt SMHI - mätaren

	Taxering öppet fält	Taxering tät skog	Taxering litet fält
	Ack. nederbörd	Ack. nederbörd	Ack. nederbörd
1976	1.23	0.87	1.43
1977	1.24	1.12	1.47
1978	1.27	1.0	1.24
1979	(0.88) 1.22	(0.73) 0.92	1.30
1976-1979	1.24 ± 0.02	0.98 ± 0.11	1.36 ± 0.11
SMHI- mätaren % av upp- mätt nederbörd enligt taxering	81	102	74

Av tabellen och figurerna framgår att det öppna fältet fått 24 % mer, den täta skogen 2 % mindre och det lilla fältet 36 % mer snö än vad som uppsamlats i nederbörds kärlet. Spridningen mellan de olika åren är ganska liten, för öppna fältet är standardavvikelsen 0.02 för skogen och det lilla fältet är den 0.11.

Snöackumulationsförloppet åren 1976-78 är ganska likartade men 1979 skiljer sig från de övriga åren. På hösten när marken var nästan bar (ca 0.5 cm snötäcke) fick vi en snöstorm med vindstyrkor på uppskattningsvis 12 m/s.

Vid snötaxeringarna efter snöfallet visade det sig att vi hade 54 mm snö på öppna fältet, 25 mm på lilla fältet och 32 mm i den täta skogen mot uppsamlad nederbörd i SMHI-kärlet 15 mm. Under resten av vintern erhöill vi mindre snö på taxeringslokalerna än i nederbörds kärlet. Om man tittar på kvoten Taxering/Ackumulerad nederbörd för hela vintern erhåller man även för 1979 ungefär samma värde som för övriga år.

Då Bensbyområdet består av 70 % skog, ca 25 % öppet fält och ca 5 % litet fält skulle följande kvot mellan taxering och ackumulerad nederbörd erhållas för hela området $70 \times 0.98 + 25 \times 1.24 + 5 \times 1.36 = 106$.

Taxeringarna har gett 6 % mer nederbörd än vad SMHI-mätaren gett. Då en del av skogen ej är lika tät som vid taxeringslokalen och nederbörden där sannolikt är större borde korrigeringen för snö-nederbörden vara minst 6 % för Bensbyområdet.

SLUTSATS:

För snönederbörden i Bensbyområdet bör en korrektion av SMHI-mätaren på minst 6 % göras. Vid snöfall i samband med storm missar SMHI-mätaren betydande nederbördsmängder (50 %).

5.3 Snösmältning

Snösmältningsförloppet för öppet fält, litet fält och tät skog i Bensbyn och Porsön visas i figur 6-8. För alla åren utom 1978 har smältningen varit i stort sett koncentrerad till en intensiv smältperiod. Däremot inföll 1978 först en liten smältperiod vid månads-skiftet mars-april medan den verkliga smältperioden kom först i början av maj.

5.3.1 Snösmältning beräknad med energibalans

TEORI

För ett snötäcke tecknas energibalansen:

$$Q_{RN} + Q_G + Q_P + Q_E + Q_C + Q_{\Delta M} + Q_S = 0 \quad (1)$$

Q_{RN} = Energi från nettostrålning

Q_G = Energi från marken

Q_P = Energi från regnnederbörd

Q_E = Energi för avdunstning eller kondensation

Q_C = Energi från ledning och konvektion

$Q_{\Delta M}$ = Ändring i snötäckets energiinnehåll

Q_S = Energi för smältning

Energien från marken (Q_G) har försumrats eftersom värmeväxlingen från marken är litet och i första hand åtgår till att tina tjälarna, Snow Hydrology (1956), Bengtsson L (1976).

Energien från regnnederbörden (Q_R) har försumrats då 1 mm 1-gradigt regn enbart förmår smält 1/80 mm snö eftersom smältvärmets är 333 J/g medan vattnets specifika värme är 4.19 J. Likaså har variationerna av snötäckets temperatur ($Q_{\Delta M}$) försumrats eftersom snöns specifika värme = 2.1 J/cm^3 , $^{\circ}\text{C}$ är litet i förhållande till dess smältvärme 333 J/cm^3 , $^{\circ}\text{C}$.

Ekvationen reduceras då till

$$Q_{RN} + Q_E + Q_C + Q_S = 0 \quad (2)$$

Utbytet genom avdunstning och kondensation kan för en vattenyta beräknas med Daltons lag

$$Q_E = f(w) \cdot (e_m - e_l) \quad (3)$$

där $f(w)$ är en funktion av vinden

$$f(w) = K_E (1+aw) \quad (4)$$

Q_E = energin för avdunstning och kondensation J/cm^2 dygn

w = vindhastighet m/s

e_m = mättnadsångtryck mb

e_l = luftens ångtryck mb

e_s = snöytans ångtryck mb

a = konstant, för vattenyta brukar 0.72 s/m användas

K_E = konstant, för vattenytan brukar 0.054 J/mb cm^2 dygn användas

R_H = relativa fuktigheten %

Daltons lag kan även användas för en snöyta. Över smältande snö är mättnadsångtrycket 6.11 mb. Med samma konstant för vinden som för över en vattenyta erhålles följande samband för avdunstning och kondensation över en smältande snöyta

$$Q_E^+ = K_E (1 + 0.72w) (6.11 - RH \cdot e_{m1}) \quad (5)$$

När lufttemperaturen är negativ har snöytans temperatur antagits vara lika med lufttemperaturen. Sambandet för avdunstning och kondensation blir då

$$Q_E = K_E (1 + 0.72w) e_{m1} (1-RH) \quad (6)$$

Värmeutbytet genom konvektion kan beräknas enligt

$$Q_C = K_C f(w) (T_1 - T_s) \quad (7)$$

T_1 = lufttemperaturen

T_s = snöytetemperatur

K_C = konstant

Samma konstanter som för vattenyta har använts. Snöytans temperatur har satts = 0°

Bowen-förhållanden $B = \frac{Q_C}{Q_E}$ kan enligt Lind-Falkenmark (1973) tecknas

$$B = \frac{Q_C}{Q_E} = \gamma \frac{P}{1000} \cdot \frac{T_s - T_1}{e_s - e_1} = \frac{K_C(1+aw) \cdot (T_s - T_1)}{L \cdot K_E (1+aw) \cdot (e_s - e_1)} \quad (8)$$

Efter förkortning erhålles

$$B = \gamma \frac{P}{1000} = \frac{K_C}{L \cdot K_E} \quad (9)$$

Sätts lufttrycket till 1000 mb och psykrometerkonstantens värde till 0.61 erhålles

$$K_C = L \cdot \gamma \cdot K_E = L \cdot 0.61 \cdot K_E$$

Följande ekvationer utnyttjas

$$Q_{RN} + Q_E + Q_C + Q_S = 0 \quad (2)$$

$$Q_E^+ = K_E (1+0.72 w) (6.11-RH \cdot e_{m1}) \text{ för } t > 0^{\circ} \quad (5)$$

$$Q_E^- = K_E (1+0.72 q) e_{m1} (1-RH) \text{ för } t \leq 0^{\circ} \quad (6)$$

$$Q_C = 413 K_E (1+0.72 w) t_1 \quad (7)$$

I ett snötäcke kan finnas både hygroskopiskt och kapillärt vatten som ej dräneras och gravitationsvatten som dräneras genom snötäcket.

Snöns vattenhållande förmåga är ett mått på hur mycket kapillärt och hygroskpiskt vatten ett snötäcke kan innehålla. Enligt Snow Hydrology (1956) är ett rimligt värde 2-5 % av snötäckets vattenvärde.

I beräkningsmodellen har antagits att det som smält och ej återfrusit inom dygnet förblir smält. Dygnet är räknat från klockan 8 till 8.

Smältningen (S) beräknas ur ekv (2) som energin för smältning dividerat med smältvärmnet (F)

$$Q_{RN} + Q_E + Q_C + Q_S = 0 \quad (2)$$

$$S = Q_S/F = -(Q_{RN} + Q_E + Q_C)/333 \quad (10)$$

En ändring i snötäckets vattenvärde orskas även av avdunstning eller kondensation E, men denna vattenmängd är helt försumbar.

RESULTAT:

Beräknad ackumulerad smält mängd och uppmätt smält mängd enligt taxeringarna har ritats upp för fält 1977-79 figur 9-11 och för skog 1978-79 figur 12-13. Överensstämmelsen med snötaxeringarna är god fram till de sista dagarna när bara fläckar börjar uppstå på marken.

SLUTSATS:

Beräkning av snösmältningen med energibalansmetoden ger god överensstämmelse med snötaxeringarna.

5.3.2 Snösmältning beräknad med graddagarsmetoden

Eftersom processerna vid snöytan är svåra att uppskatta och kräver mätning av många parametrar används ofta en graddagarsmetod för att beräkna snösmältningen. Mängden smält snö bestäms då som en konstant multiplicerat med temperaturöverskottet över en viss kritisk temperatur.

Snösmältningen beskrivs av

$$S = K (T - T_e) \quad (11)$$

där

S = smält mängd mm/dygn

K = graddagskoefficient mm/ $^{\circ}\text{C}$, dygn

T = dygnsmedeltemperatur $^{\circ}\text{C}$

T_e = jämviktstemperatur

Man kan visa, Bengtsson (1976) att graddagarsmetoden kan härledas ur den fullständiga energibalanskvationen.

Sambandet smält mängd-graddagar ser ofta ut enl nedanstående:

ackumulerad smält mängd
(enl taxeringar)



Om inget regn faller under smältperioden dröjer det några graddagar innan taxeringarna ger utslag i form av lägre vatteninnehåll. Det beror på att det första smältvattnet binds i snötäcket. I slutet av smältperioden får man en minskad smält mängd beroende på att bara fläckar börjar uppträda. Graddagarskonstanten bör bestämmas under den period när smältningen ej påverkas av bara fläckar eller av att smältvattnet binds.

Graddagskoefficienten med jämviktstemperaturen 0°C har bestämts för åren 1976-79 för öppet fält, litet fält och tät skog i Bensbyn respektive Porsön. I figur 14-16 visas ackumulerade snösmältningen som en funktion av ackumulerade graddagar för öppet fält, litet fält och tät skog. I tabell 2 redovisas graddagarskonstanterna.

Tabell 2 Graddagarskonstant ($\text{mm } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{dygn}^{-1}$) med jämvikts-
temperatur 0°C

Lokal	1976	1977	1978	1979	Medelv. 76-79	Standard avvikelse
Ö Fält Bensbyn	3.0	5.9	7.0	8.6	6.1	2.4
Ö Fält Porsön	3.6	6.5	10.3	12.6	8.3	4.0
L Fält Bensbyn	2.3	4.1	6.1	6.0	4.6	1.8
L Fält Porsön	2.7	4.1	11.8	6.0	6.2	4.0
Skog Bensbyn	1.7	2.2	2.5	3.1	2.4	0.6
Skog Porsön	2.0	2.2	3.9	3.4	2.9	0.9

Vi har fått högre värden på graddagarskonstanterna för Porsön än för Bensbyn. Det kan bero på att Porsön ligger närmare Luleå centrum och att snön är smutsigare där, men det kan också vara ett skensamband eftersom vi använt temperaturvärden från Bensbyn när vi räknat ackumulerade graddagar för Porsön och lokalklimatet kan vara något varmare på Porsön. Det är 5 km mellan platserna. Resonemanget i fortsättningen gäller därför Bensbyn. Graddagarskonstanten blir som väntat störst för öppet fält där solstrålningens bidrag är störst, därefter följer litet fält med mindre solstrålning och sist tät skog. Spridningen på konstanten är stor för öppet fält 6.1 ± 2.4 och för litet fält 4.6 ± 1.8 men för tät skog är den 2.4 ± 0.6 . Att graddagarskonstanten är beroende av tidpunkten för snösmältningen framgår av figur 17 a.

När snösmältningen sker tidigt på året är graddagarskonstanten låg. Att så är fallet för öppet fält och litet fält beror på att solstrålningen där spelar stor roll. Även i tät skog beräknades emellertid en lägre graddagarskonstant för 1976 när snösmältningen skedde redan i april.

SLUTSATS:

Metoden att beräkna snösmältningen med hjälp av graddagarskonstant är väl grov när det gäller fält men kan tillämpas för skog ($k=2.5 \text{ mm}/^\circ\text{C} \text{ dygn}$). Graddagarskonstanten är beroende av tidpunkten för

snösmältningen (även i skog). För att man skall kunna använda graddagarskonstanten för fält måste en jämviktstemperatur skild från 0°C införas, Bengtsson (1975).

5.3.3 Albedots variation med tiden

Åren 1976-78 har albedot uppmätts för öppet fält i Bensbyn under smältperioden. I figur 17b har albedots ändring med snötäckets ålder under smältperioden uppritats för åren 76-78. En kurva ur Snow Hydrology har lagts in som jämförelse. De långa albedovärden som tidigare år uppmätts under slutet av smältperioden observerades inte under 1978. Detta torde bero på att det under smältperioden 1978 inte som under de två tidigare åren bildades en isskorpa. Denna isskorpa bildas vid intensiv dagsmeja följt av nattfrost.

Albedots avtagande med snötäckets ålder beskrivs väl av kurvan given i Snow Hydrology för större delen av snösmältningsförloppet. Vid mycket tunt snötäcke kan albedots värde dock variera mycket (0.2-0.45) beroende på om en isskorpa bildas på snötäcket eller ej.

6. VATTENOMSÄTTNING

6.1 Allmänt

Vattenbalansekvationen är

$$P - \Delta M_{\text{SNÖ}} - \Delta M_{\text{MV}} - \Delta M_{\text{GV}} - Q - E = 0 \quad (12)$$

där P betecknar nederbörd

$\Delta M_{\text{SNÖ}}$ ändring av snöns vattenekvivalens

ΔM_{MV} ändring av markvatteninnehåll

ΔM_{GV} ändring av grundvattenmagasin

Q avrinning

E avdunstning

Trots att vi mätte grundvattennivåer och ändringen av dessa kände vi inte direkt varken grundvattenflöde eller ändring av grundvattenmagasin, eftersom vi för att kunna beräkna dessa komponenter i vattenbalansen måste känna markens permeabilitet och magasin-koefficient.

Under vintermånaderna råder ett enklet samband mellan grundvattenavrinning Q_{GV} och magasin-koefficient S då vattenbalansekv vintertid reduceras till —

$$\Delta M_{GV} = - Q_{GV} \quad (13)$$

ty all nederbörd motsvaras av ökning av snömagasinet, markvattenhalten är konstant under vinterperioden om ingen smältning sker och ingen ytavrinning föreligger. Avdunstningen måste vara helt försumbar.

Grundvattenavrinningen bestämdes med Darcys lag

$$Q_{GV} = - k \cdot D \cdot B \frac{dh}{dx} \quad (14)$$

där

Q_{GV} är grundvattenflödet, k permeabiliteten, D vattenförande lagrets tjocklek, B dess bredd och $\frac{dh}{dx}$ grundvattenytans lutning.

Grundvattenytans lutning erhöles genom ett studium av vattennivåerna i de i området befintliga grundvattenrören. Grundvattenförande lagets mäktighet D och permeabilitet k erhöles genom studium av jordartsprofiler för försöksområdet (se figur 18). Samtliga skikt utom ett 10 cm tjockt sandskikt är impermeabla. Permeabiliteten för detta sandskikt uppskattades till $k = 5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Beräkning enligt ovanstående resonemang visade att grundvattenflödet under vintern var $Q_{GV} = 0.1$ mm/dygn.

Detta grundvattenflöde är så litet att någon ytterligare bestämning av permeabiliteten ej ansågs erforderlig och grundvattenflödet försumrades i vattenomsättningsberäkningarna. Magasinskoefficienten S för akvifären bestämdes ur sambandet $S = \frac{Q_{GV}}{-\Delta h}$ till 3 %. I uttrycket ovan är Q_{GV} för vintern ackumulerad grundvattenavrinning beräknad med Darcy's lag och Δh under vintern observerad grundvattenytensänkning.

6.2 Vattenbalansberäkningar för snösmältningsperioden

För att utreda sambandet snösmältning, avrinning och infiltration under snösmältningsperioden utfördes i forskningsområdet Bensbyn intensiva studier av de fysikaliska faktorer som styr snösmältningsprocessen.

Det är naturligt att tänka sig att smältvattnet inte kan tränga ner genom den tjälade marken utan rinner bort i snön på marken som om denna vore impermeabel. Våra första observationer tydde emellertid på att stora mängder smältvatten infiltrerade genom tjälad mark. För att

klargöra om så var fallet och hur samspelet infiltration-avrinning fungerar ägnade vi dessa processer speciellt intresse i Bensbyn.

För bestämning av sambandet snösmältning-infiltration-avrinning utnyttjades vattenbalansekvationen. I denna ingående parametrarna bestämdes med oberoende metoder åren 1977-79.

RESULTAT:

Figur 19-21 visar de ackumulerade värden på termerna i vattenbalansekvationen åren 1977-79. Avdunstningen är beräknad som restterm utom för 1978 då även markvattenhaltens variation ingår i resttermen (markvattenmätaren trasig). Mark- och grundvattenmagasinen började fyllas på långt innan avrinningen börjar. Markvattenmagasinet börjar fyllas först, och först långt senare började avrinningen. Detta gäller om det främst är snösmältningen som svarar för tillskottet till mark- och grundvattenmagasinen samt avrinningen. Om det emellertid kommer ett kraftigt regn i samband med snösmältningen hinner inte tjälen släppa igenom detta utan avrinningen kommer igång innan markvattenmagasinet fyllts, se år 1979 figur 21. Studium av resttermens utseende (den varierar mellan -20 och +20 mm), visar att vi inte har den noggrannheten i bestämningen av de övriga termerna att vi kan bestämma avdunstningen som restterm ur vattenbalansekvationen för kortare tid än cirka en månad.

En noggrannare redovisning görs för 1977 eftersom det var det år vi hade största infiltrationen till mark- och grundvattenmagasinen.

Termerna i vattenbalansekvationen 1977, beräknade dag för dag och deras ackumulerade värden från den 9 mars redovisas i figurerna 22-24. Ändring i markvattenhalt, ändring i grundvattenmagasin och regnnederbörd visas i figur 22, smält snö i figur 23 samt avrinningen i figur 24. Ur figur 23 kan man utläsa att det förelåg en kort snösmältningsperiod den 9-14 mars. Därefter skedde ingen smältning förrän den 19 april och först den 27 april startade den egentliga snösmältningen för att på fälten vara avslutad den 10 maj och i skogen den 26 maj.

Under april-maj observerades 3 regnperioder på ca 20 mm vardera (figur 22).

Markvattenmagasinet ökade från mitten av mars fram till april månads slut, vilket framgår av Figur 22. Därefter stabiliserades markvattenhalten på en nivå motsvarande en ökning av markvattenmagasinet av 60 mm räknat från periodens början. I mitten av maj avtog markvattenmagasinet för att i slutet av maj månad ha reducerats till ett vatteninnehåll överstigande begynnelsevärdet med 30 mm. Ändringen i markvattenhalt på olika nivåer vid manuell stationen från ett antal mätningar under snösmältningsperioden visas i Figur 25. Av figuren framgår att ökningen av markvattenhalten skedde under tjälskiktet vilket innebär att smältvatten måste ha trängt igenom den tjälade marken.

Grundvattenmagasinet ökade långsamt från periodens början (9 mars) fram till mitten av maj varefter grundvattennivån sjönk långsamt (Figur 23).

Avrinningen började den 27 april, men var mycket liten fram till början av maj. Först den 5 maj uppmättes maximalt vattenflöde. Detta flöde motsvarade 18 mm/dygn. Därefter var avrinningen konstant ungefär 10 mm/dygn fram till den 16 maj då en ny avrinningstopp på 16 mm/dygn erhöles. Avrinningen avtog sedan för att i slutet av maj motsvara 2 mm/dygn (figur 24).

Av figur 19 framgår att under perioden 9 mars-25 april infiltrerade allt smältvatten och all nederbörd, 22 mm resp 28 mm, ner i marken och byggde upp mark- och grundvattenmagasinen, vilka under perioden ökade med 55 mm resp 15 mm. Trots att marken var tjälad under perioden skedde alltså en påfyllning av både mark- och grundvattenmagasin. Först när markvattenmagasinet fyllts började avrinningen. Grundvattenmagasinet fortsatte att öka långsamt ännu 12 dagar efter det att markvattenhalten nått sitt maximum, men sedan minskade också grundvattenmagasinet mycket långsamt.

SLUTSATS:

När snö börjar smälta sker ingen omedelbar avrinning utan smältvatten infiltrerar genom tjälad mark och först när markvattenmagasinet är fyllt sker avrinning. Vid regn under smältperioden kan avrinningen komma igång innan markmagasinet fyllts eftersom tjälaren då inte hinner släppa igenom vattnet. Grundvattenmagasinet fortsätter att öka efter markmagasinet nått maximum.

6.3 Vattenomsättning året

Ett försök att beräkna vattenomsättningen för åren 1976-78 har gjorts. Vissa luckor finnes dock i materialet. Värdena för 1976 bör läsas med försiktighet eftersom vi hade en hel del startsvårigheter med grundvattenrör som torkade ut och markvattenmätare som ej fungerade. Saknade markvattenhalter har vi försökt att rekonstruera med hjälp av grundvattenrör där grundvattenytan går upp i den översta metern. Markvattenmätare var ur funktion även våren 1978. Egentliga avrinningsvärden saknas för dec-77 och jan-78 då överfallet frusit, endast grova skattningar av flödet har gjorts för dessa månader. Ingen feluppskattning har gjorts. För Lapträskområdet har ett försök till feluppskattning gjorts (Tabell 3) Persson, M (1975). Felen i Bensbyområdet torde vara av samma storleksordning.

Vattenomsättningen på årsbasis har sammanställts i tabell 4 och ritats upp i figur 26. Beräkningarna är utförda utan nederbörds-korrekationer.

Tabell 3
Årliga variationen i mm för felen i Lapträskområdet
(Variation in mm during the year for some errors in the Lapträsket basin)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nederbörd (Precipitation)												
punktvärde (point measurement)	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3
arealvärde (areal mean value)	10	10	10	10	10	4	4	4	4	10	10	10
Avrinning (Run-off)	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Sjömagasin (Lakes)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Markvatten (Soil moisture)				6	16	22	10	6	8			
Grundvatten (Groundwater)												
punktvärde (point measurement)	2	1	1	3	11	2	4	3	2	0	2	2
arealvärde (areal mean value)	2	2	2	6	18	6	6	4	6	4	2	4
Verklig avdunstning (actual evapotranspiration)	(16)	(16)	(16)	17	30	23	13	9	11	(16)	(16)	(16)

(Beräknad ur vattenomsättningen; markvattenfelet har antagits vara samma under vintern som under april. Okända fel har försumrats)

Tabell 4

VATTENOMSÄTTNING MM
BENSBYRN

1976

	Okt	Nov	Dec	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Ar
P			40	38	18	11	13	11	19	75	5	29	259
Q			0	-	-	-	80	28	2	0	0	0	110
ΔM_{AG}			+35	+40	+12	+8	-72	-56	-50	-25	-22	+38	-92
P-Q- ΔM			+5	-2	+6	+3	+5	+39	+67	+100	+27	-9	Juni-Aug 194 241
E-PENMAN									117	92	84		Juni-Aug 293
GGI									74	70	54		Juni-Aug 198
\bar{x}			-8.2	-16.9	-18.5	-8.6	+0.8	+8.7	+11.7	+13.7	+13.7	+5.5	
Δ Snö			+42	+48	+9	+3	-104	-8					-10
Δ Mark			-5	-6	+2	+4	+25	-37	-44	-5	-21	+30	-57
Δ Grund			-2	-2	+1	+1	+7	-11	-6	-20	-1	+8	-25

Tabell 4 VATTENOMSÄTTNING MM
BENSBYN 1977

	Okt	Nov	Dec	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Ar
P	31	54	41	54	28	35	87	29	63	120	37	52	630
Q	2	2	-	-	-	-	5	218	20	54	5	4	310
ΔM	36	47	33	54	26	38	+64	-196	-39	+17	-31	+19	+68
P-Q-ΔM	-7	+5	+8	0	+2	-3	+18	+7	+82	+49	+63	+29	<u>Juni-Aug</u> 194 252
F-PENMAN									102	97	72		<u>Juni-Aug</u> 271
GGI									72	39	39		<u>Juni-Aug</u> 150
\bar{x}	+0.0	-4.4	-9.1	-10.7	-14.1	-4.2	-2.1	+5.1	+10.5	+12.2	+12.2	+5.9	
ΔSnö		+10	+42	+68	+37	+19	-1	-175					0
ΔMark	+33	+28	-5	-9	-7	+11	+51	-33	-32	+9	-22	+19	+43
ΔGrund	+3	+9	-4	-5	-4	+8	+14	+12	-7	+8	-9	0	+25

Tabell 4 VATTENOMSÄTTNING MM
BENSBYN

1978

	Okt	Nov	Dec	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	År
P	29	64	17	49	8	28	19	4	55	77	138	90	578
Q	17	28	25	15	-	-	5	99	16	13	22	53	293
ΔM	+21	+25	+3	+24	+24	+28	+14	-141	-17	-12	+55	-13	+11
P-Q-ΔM	-9	+11	-11	+10	-16	0	0	+46	+56	+76	+61	+50	Jun1-Aug 193 274
E-PENMAN								66	102	88	49		Jun1-Aug 239
GGI									73	70	-		
\bar{t}	+2.2	-4.2	-7.0	-10.7	-13.7	-5.5	-1.0	+6.6	+11.6	+14.1	+10.8	+6.1	
ΔSnö	-	+20	+13	+36	+29	+25	-3	-120	-	-	-	-	0
ΔMark	+17	+5	-1	-7	0	+4	+1	-21	-16	-6	+45	-13	+8
ΔGrund	+4	0	-9	-5	-5	-1	+16	0	-1	-6	+10	0	+3

Tabell 4 VATTENOMSÄTTNING MM
BENSBYRN

1979

	Okt	Nov	Dec	Jan	Febr	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	År
P	41	35	5	28	25	29	31	29					223
Q	28	4	-	-	-	-	14	149					195
ΔM	-2	+48	+7	+23	+17	+34	+9	-127					+9
P-Q- ΔM	+15	-17	-2	+5	+8	-5	+8	+7					+19
EPENMAN													
GGI													
\bar{x}	+0.2	-6.2	-20.2	-19.7	-14.5	-5.6	-1.8	+5.3					
$\Delta Snö$		+45	+5	+27	+19	+30	-38	-88					0
$\Delta Mark$	+3	+4	+7	+1	+3	+9	+33	-50					+10
$\Delta Grund$	-5	-1	-5	-5	-5	-5	+14	+11					-1

7. AVDUNSTNINGEN

Avdunstningen har bestämts som restterm ur vattenbalanskvationen $E = P - \Delta M$ för de tre kalenderåren 1976-78. Bestämningen har gjorts dels utan korrektion av nederbörden dels med korrektion. Snönederbörden har korrigerats med 10 % och regnnederbörden med 4 %, Persson (1975). Avdunstningsvärdena och nederbördsvärdena redovisas i tabell 5. Som jämförelse har medelnederbörden 1921-50 och avdunstningen beräknad som skillnad mellan P_{medel} 1921-50 och Q_{medel} 1921-50 medtagits. Bergsten (1954), Bergsten (1949).

Tabell 5. Nederbörd, avrinning och avdunstning mm v.p.

År	$P_{okorr.}$	$P_{korr.}$	Q	$E_{okorr.}$	$E_{korr.}$
1976	345	366	114	241	262
1977	615	649	376	239	273
1978	549	577	255	279	307
1976-78	503	531	248	253	281
1921-50	475		250	225	

Medelnederbörden (21-50) var 475 mm/år och åren 76-78 föll 503 mm/år. Medelavdunstningen (21-50) var 225 mm/år och åren 76-78 beräknades den till 253 mm/år. Vi har haft 28 mm/år större nederbörd och 28 mm/år större avdunstning än medelvärdet 1921-50 för vår mätperiod (utan nederbörds-korrigerering).

Med rekommenderad nederbörds-korrigerering erhålles ytterligare 28 mm's avdunstning per år.

Potentiella avdunstningen har även bestämts med Penmans formel och mätts med GGI-mätare för juni-aug. Avdunstningensvärdena bestämda ur vattenbalansekvationen, Penmans ekvation och med GGI-mätare redovisas i tabell 6.

Tabell 6 Avdunstningen bestämd med Penmans formel ur vattenbalansekvationen och enligt GGI mm v.p.

	1976				1977				1978				1976-78	
	Maj	Juni	Juli	Maj-Juli	Maj	Juni	Juli	Maj-Juli	Maj	Juni	Juli	Maj-Juli	Maj	Juli
E_{POT}	117	92	84	293	102	97	72	271	102	88	49	239	268	
$E = P - Q - \Delta M$	67	100	27	241	82	49	63	252	56	76	61	193	229	
E_{GGI}	74	70	54	198	72	>39	>39	>150	73	70	-			

Potentiella avdunstningen beräknad med Penmans formel (268 mm) är större än avdunstningen bestämd enligt vattenbalansekvationen (229 mm). Detta innebär att vattentillgången är begränsande för avdunstningen. Det överensstämmer väl med att vi erhållit ca 30 mm större nederbörd (okorrigerad) än medelvärdet 1921-50 och även ca 30 mm större avdunstning än medelvärdet 1921-50.

SLUTSATS:

För perioden erhöill vi ca 30 mm/år mer nederbörd än normalt och ca 30 mm/år högre avdunstning. Nederbörden var begränsande för avdunstningen eftersom potentiella avdunstningen var ännu större än beräknad avdunstning. Med rekommenderad korrigerering av nederbörden (regn 4 %, snö 10 %) erhöill vi en avdunstning på ytterligare 30 mm/år.

8. SLUTSATSER

SNÖACKUMULATION: För Bensbyområdet bör en korrektion på minst 6 % göras av SMHI-mätarens värden. Vid snöfall i samband med storm missar nederbördsmatären betydande mängder (ca 50 %).

SNÖSMALTNING: Snösmältningen beräknad med energiblansmetoden ger god överensstämmelse med snötaxeringarna. Graddagarskonstanten med 0°C jämviktstemperatur går bra att använda för skog ($k=2.5 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ dygn) men för fält måste man använda någon metod som tar hänsyn till strålningen t ex variabel jämviktstemperatur. Graddagarskonstanten är beroende av tidpunkten för smältningen (även i skog).

ALBEDOT Under snösmältningsperioden avtar albedot snabbt från ca 80 % första dan ner till ca 50 % efter 5 dagar, därefter avtar det långsamt ner till 40 %. När en isskorpabildats på snötäcket i slutet av smältperioden uppmättes så låga albedovärden som 20 %.

VATTENOMSÄTTNING SNÖSMALTNINGSPERIODEN: När snön börjar smälta sker ingen omedelbar avrinning utan smältvattnet infiltrerar genom tjälad mark och först när markvattenmagasinet fyllts sker avrinning. Vid regn under smältperioden kan avrinningen komma igång innan markvattenmagasinet fyllts, eftersom tjälen då inte hinner släppa igenom vattnet. Grundvattenmagasinet fortsätter att öka sedan markvattenmagasinet nått maximum.

VATTENOMSÄTTNING ÅRET: För perioden erhöll vi ca 30 mm/år mer nederbörd än normalt och ca 30 mm/år större avdunstning. Nederbörden var begränsande för avdunstningen eftersom potentiella avdunstningen var ännu större än beräknad avdunstning. Med rekommenderad korrigering av nederbörden (4 % regn, 10 % snö) erhöll vi en avdunstning på ytterligare 30 mm/år.

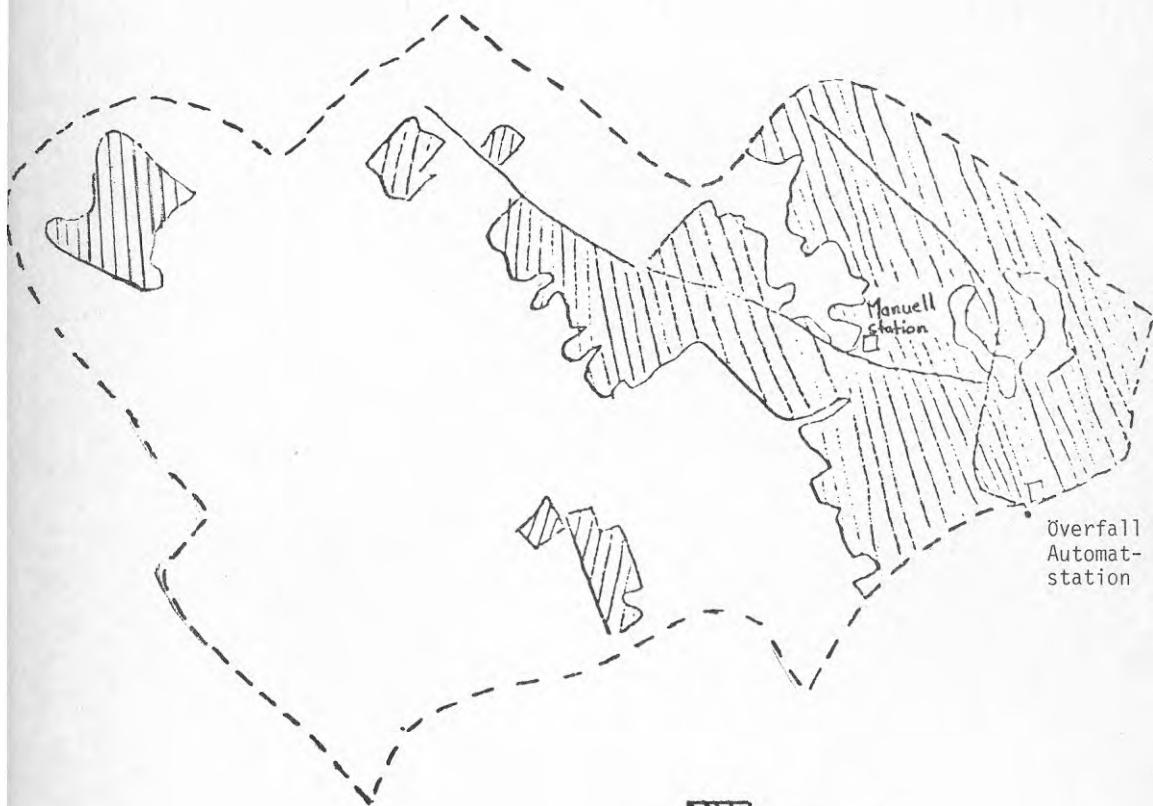
9. REFERENSER

- Bengtsson, L (1976) Snowmelt estimated from energy budget studies. Särtryck Nordic Hydrology.no 1 1976. Avdelning för Vattenteknik, Högskolan i Luleå, Serie A nr 3.
- Bengtsson, L (1975) Snösmältning uppskattad från värmebudgetstudier Avdelning för Vattenteknik, Högskolan i Luleå, Serie A nr 2.
- Bergsten, F (1949) Nya undersökningar rörande avdunstningen i Sverige, Sv. Vkr.-för Publ nr 406.
- Bergsten, F (1954) Nederbörden i Sverige, Meddelande från SMHI, Serie C nr 5, Stockholm.
- Lundberg, A (1979) Avrinnings- och vattenbalansstudier under snösmältningen i Bensbyn 1978. Högskolan i Luleå, Avd för Vattenteknik, Serie A nr 22.
- Lundberg, A (1979) Snösmältning i en punkt, rapport från mätningarna Bensbyn, Avd för Vattenteknik, Högskolan i Luleå, Serie A nr 21.
- Lind G och M Falkenmark (1973) Hydrologi. En inledning till vattenresursläran, Studentlitteratur, Lund.
- Persson, M (1975) Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område. Meddelande nr VI Vattenomsättningen 1968-73 med feluppskattning. SMHI Hydrologiska byrån, HB Rapporter Stockholm.
- Persson, M (1974) Hydrologiska undersökningar i Lappträskets repr. område. Meddelande nr IV. Nederbörd och vattenomsättning. SMHI Hydrologiska byrån, HB Rapporter, Stockholm.
- Snow Hydrology (1956) North Pacific Division Corps of Engineers, US Army Portland Oregon.

FIGURBILAGA

Figur 1 - 26


	Vegetation Bensbyområdet	Figur 1



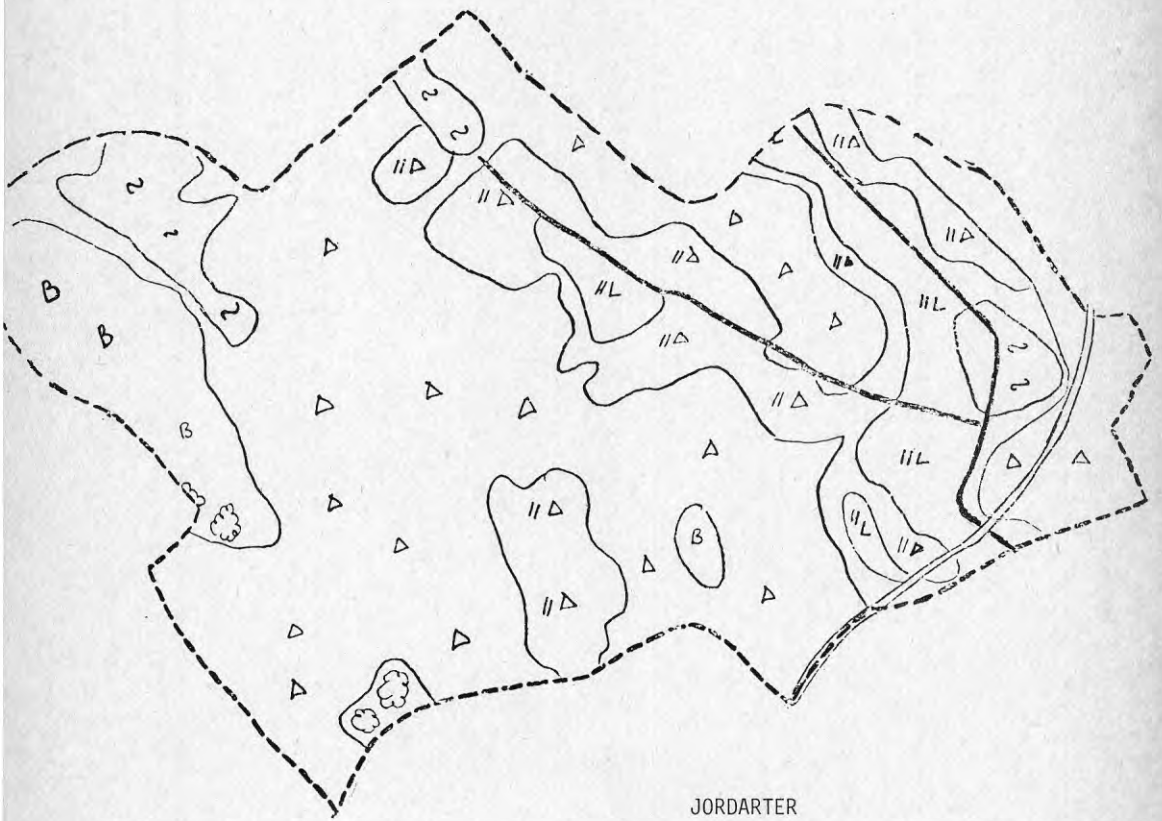
 ÖPPEN MARK

 SKOG

0 100 200 300



Jordarter Bensbyområdet	Figur 2



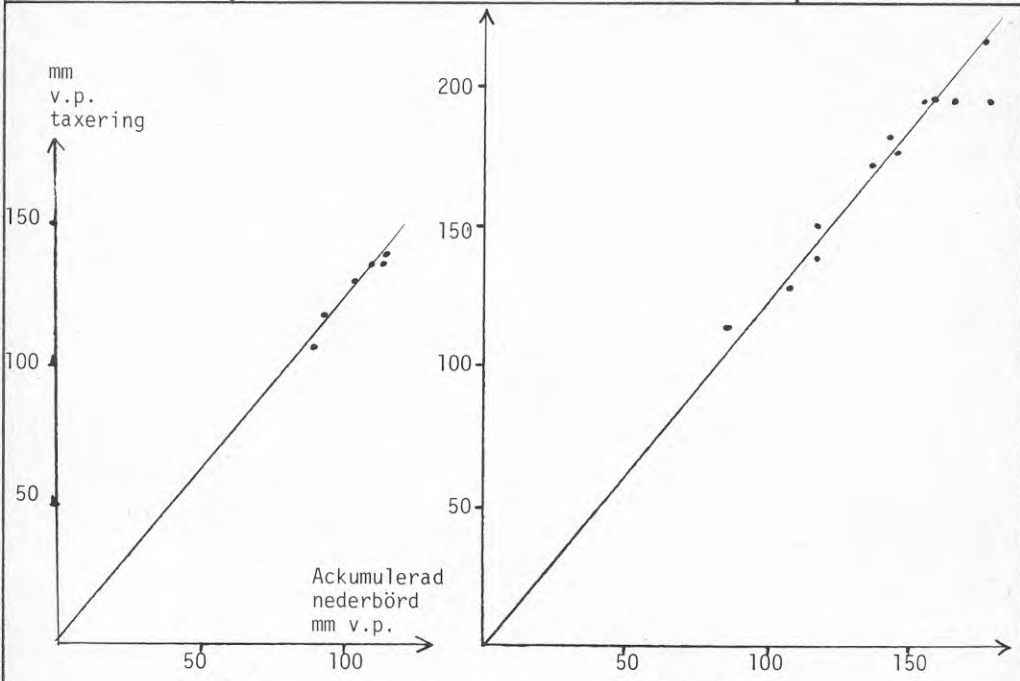
JORDARTER

- // L Silt på lera. Silt, mo, mjäla.
- // Δ Silt på morän
- Δ Morän
- ~ Organisk jord: torv, gyttja, dy.
- ☁ Berg i dagen eller med tunt jordtäckte

Jämförelse taxering öppet fält -
- Ackumulerad snönederbörd

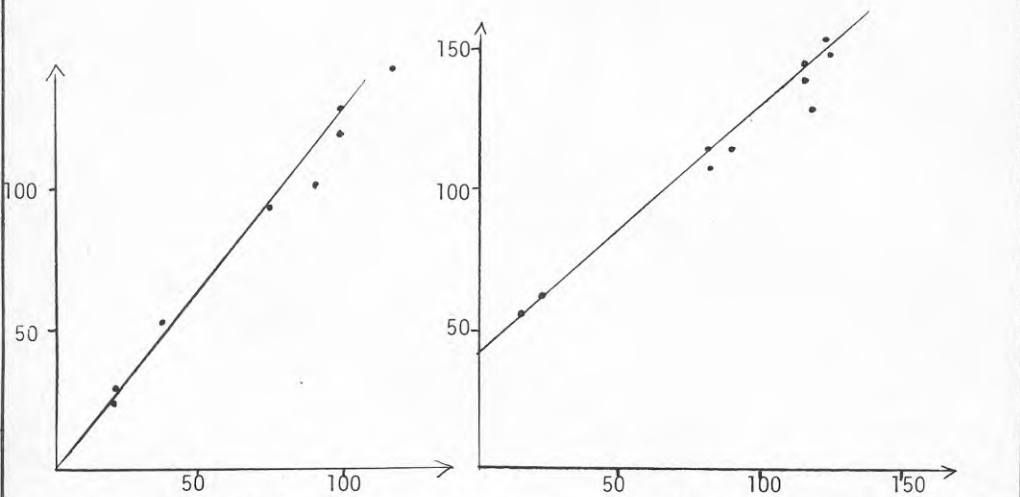
Figur 3

Bensbyn



1976 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.23$

1977 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.24$



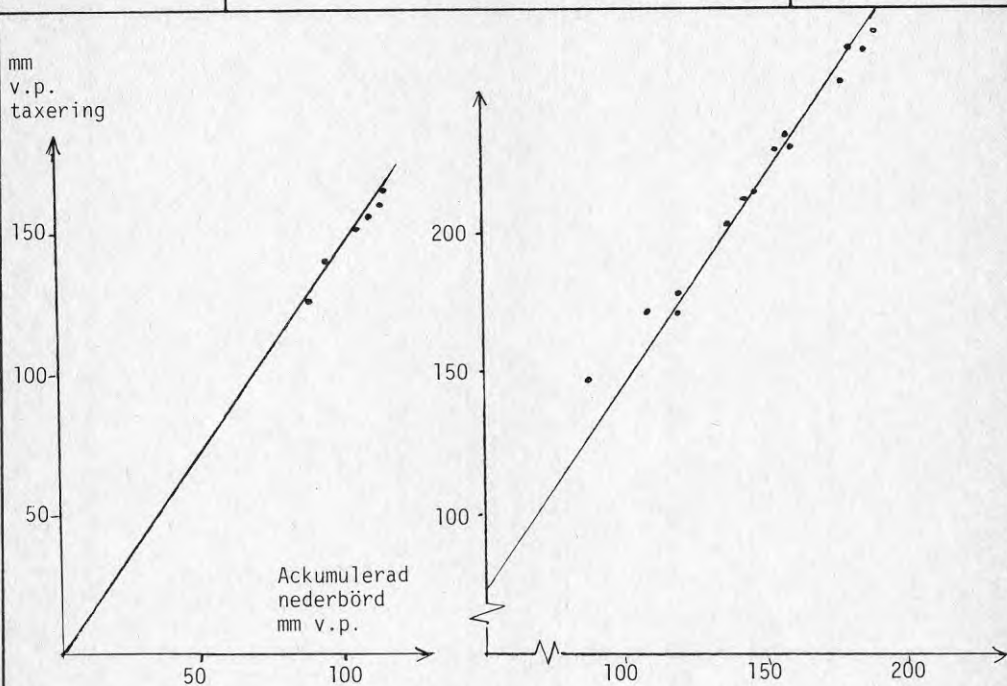
1978 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.27$

1979 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 0.88(1.22)$

Jämförelse taxering
Litet fält - ackumulerad snönederbörd

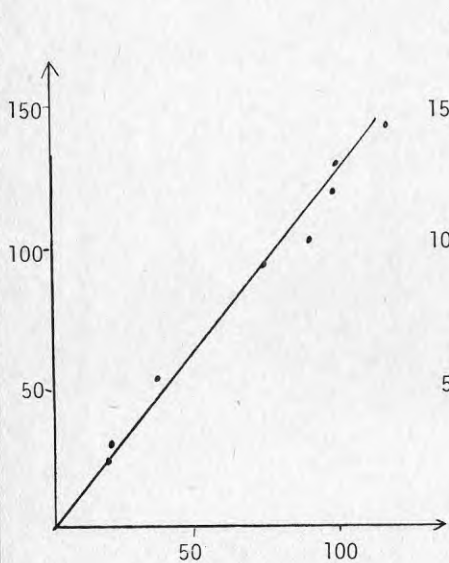
Figur 4

Bensbyn

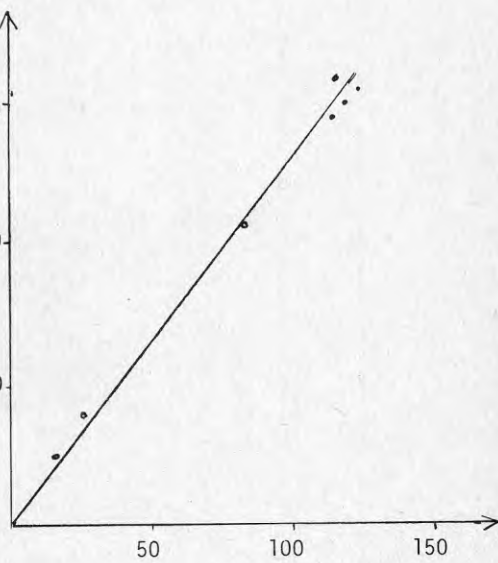


1976 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.43$

1977 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.47$



1978 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.24$

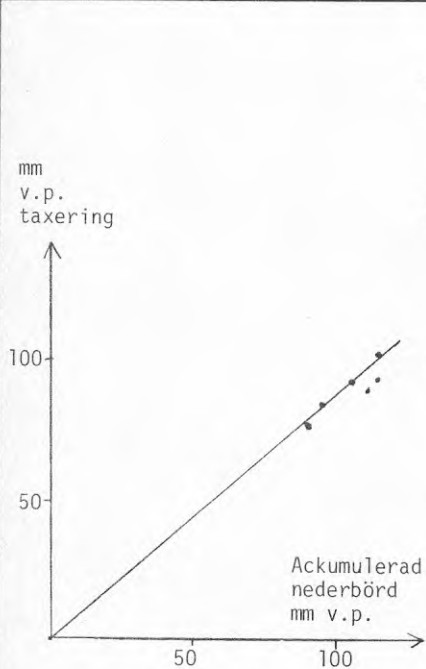


1979 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad snönederbörd}} = 1.30$

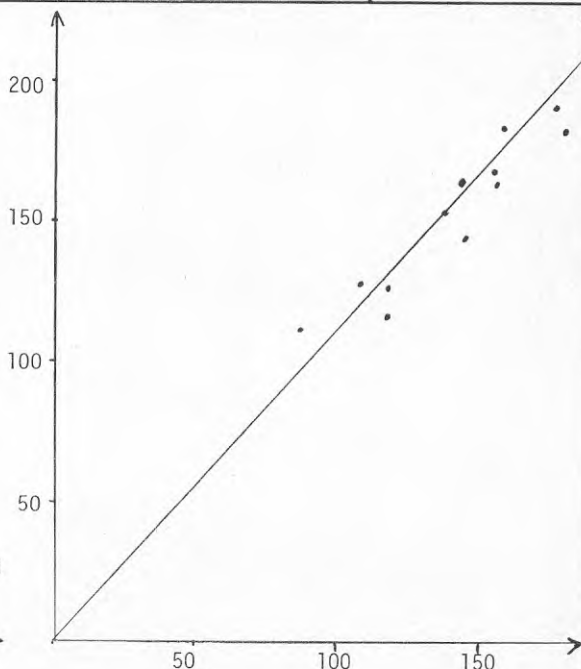
Jämförelse taxering tät
skog - ackumulerad nederbörd

Figur 5

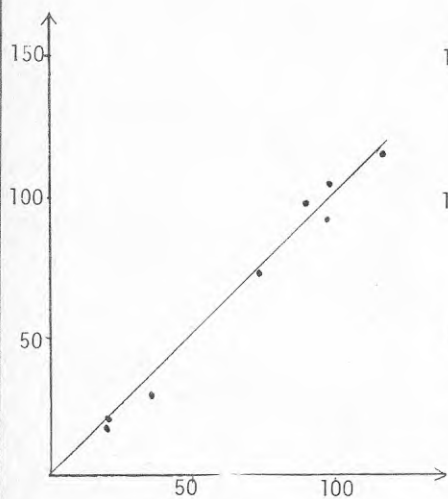
Bensbyn



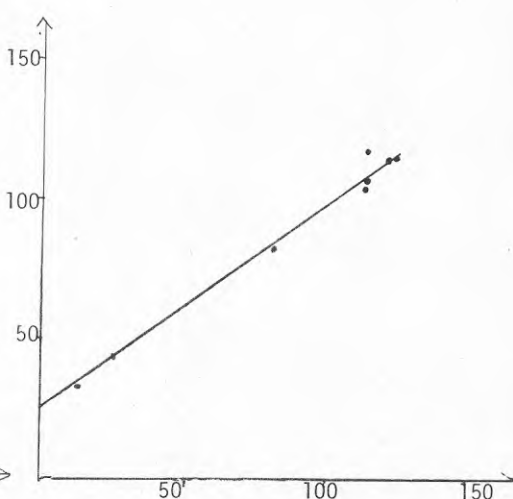
1976 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad nederbörd}} = 0.87$



1977 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad nederbörd}} = 1.12$



1978 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad nederbörd}} = 1.0$

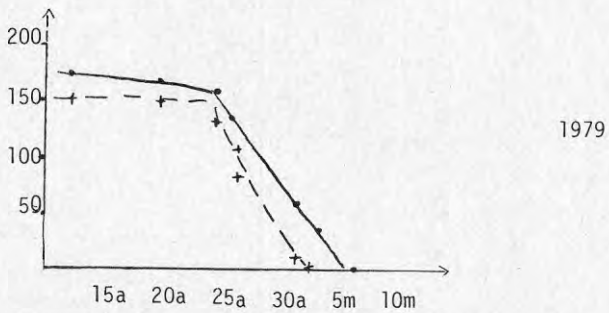
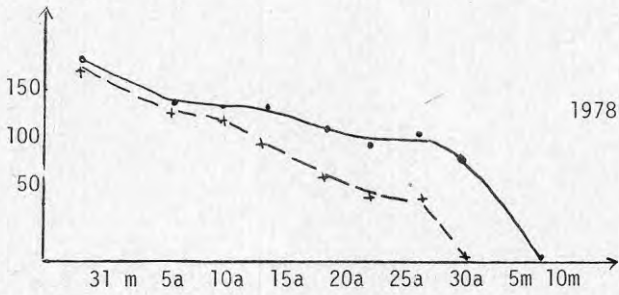
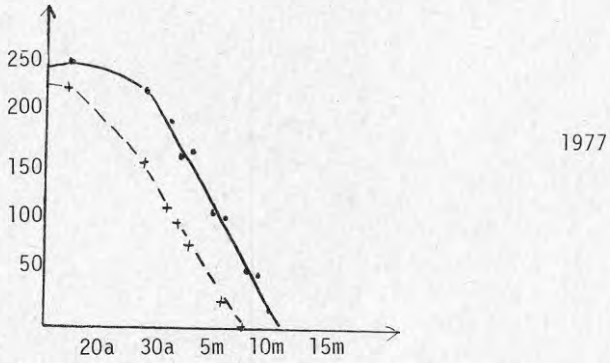
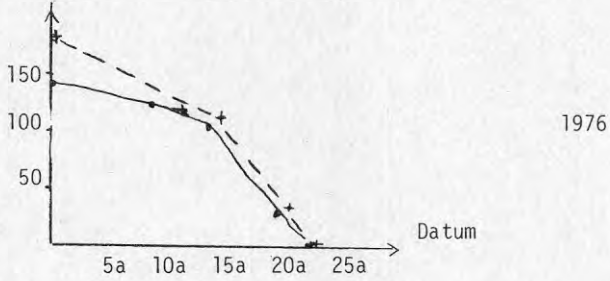


1979 $\frac{\text{Taxering}}{\text{Ackumulerad nederbörd}} = 0.73(0.92)$

Snösmältningsförloppet för öppet fält
 1976-79 —•— Bensbyn ---+ Porsön

Figur 6

Snötäcke mm v.p.

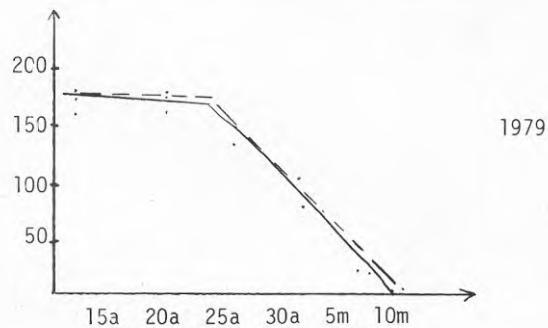
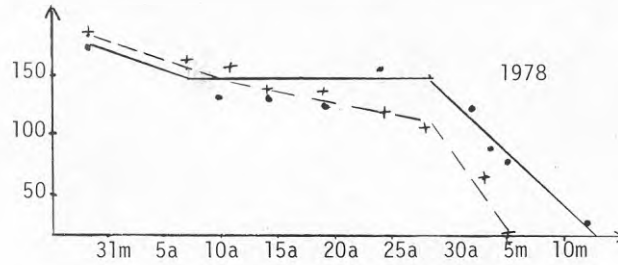
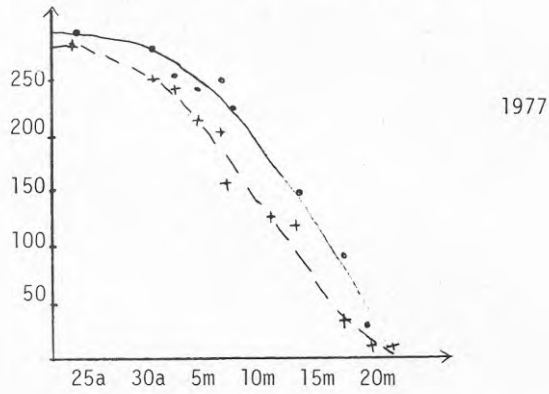
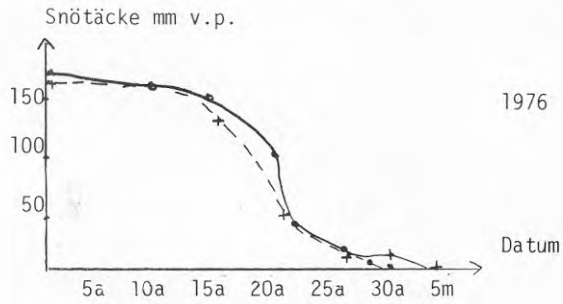


Snösmältningsförloppet litet fält 1976-79

Figur 7

—•—•— Bensbyn

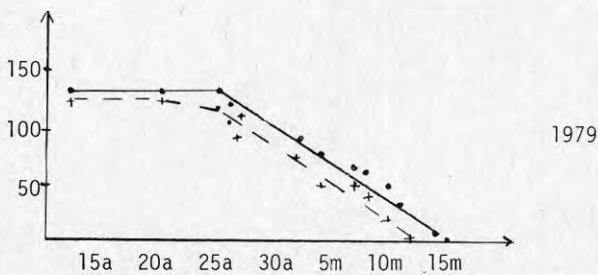
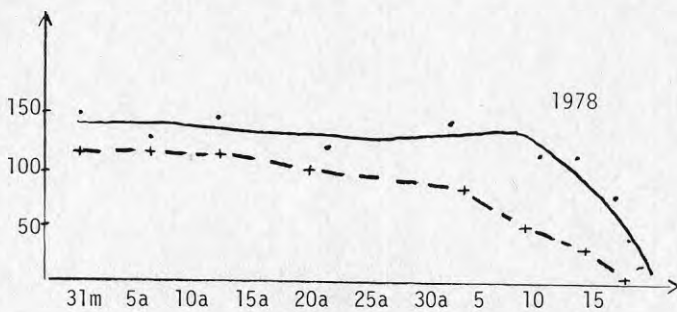
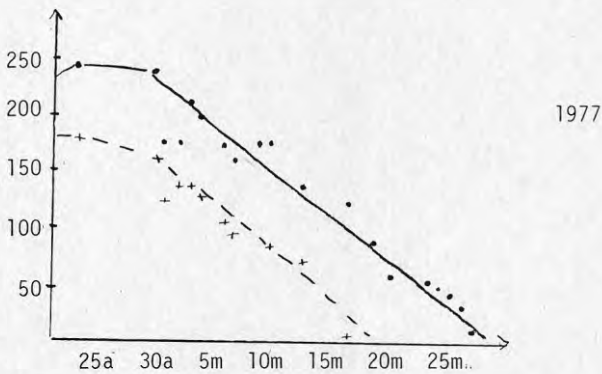
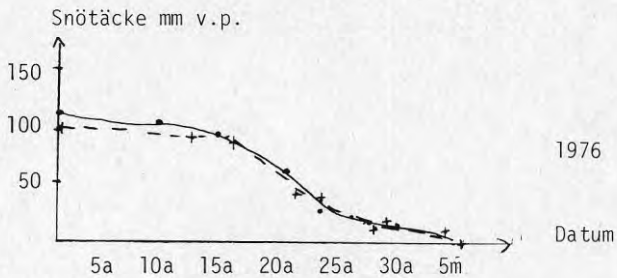
- - - - + Porsön



Snösmältningsförloppet för skog 1976-79

—•— Bensbyn
 - - - + Porsön

Figur 8



Beräknad och observerad snösmältning
Fält 1977

Figur 9

Akkumulerad
Snösmältning
(mm)

200

150

100

50

--- Beräknad
— Uppmätt
x Taxering

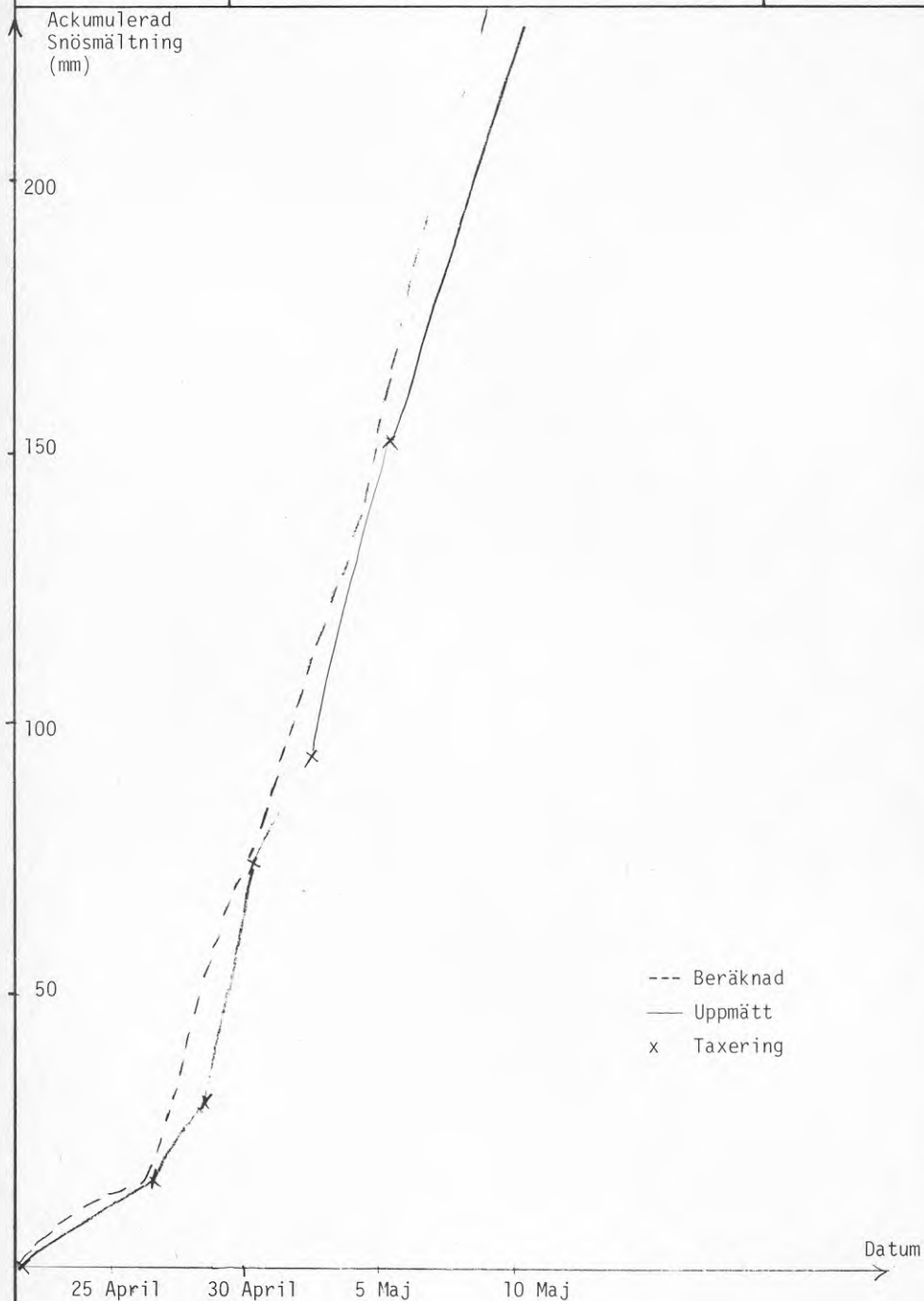
Datum

25 April

30 April

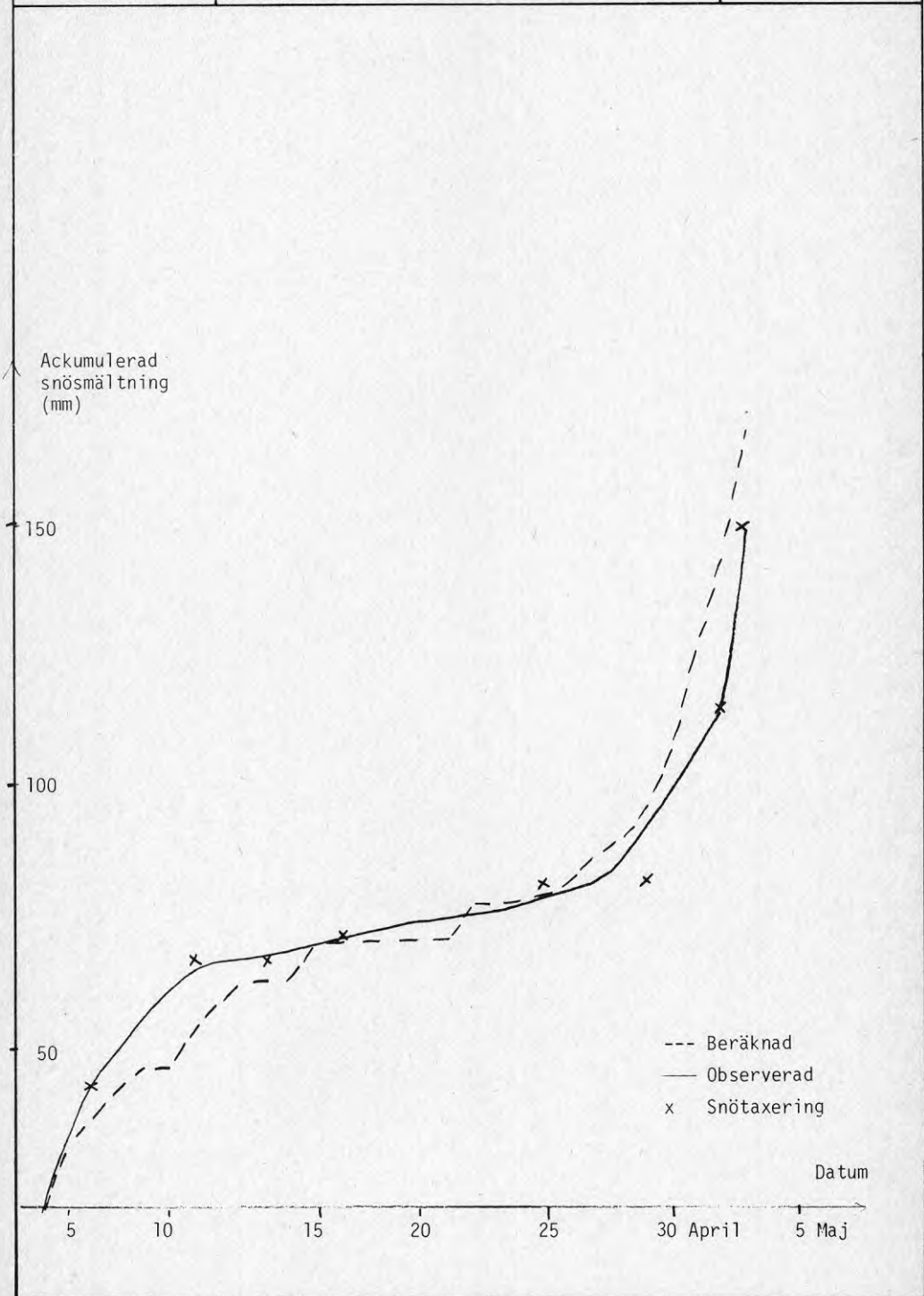
5 Maj

10 Maj



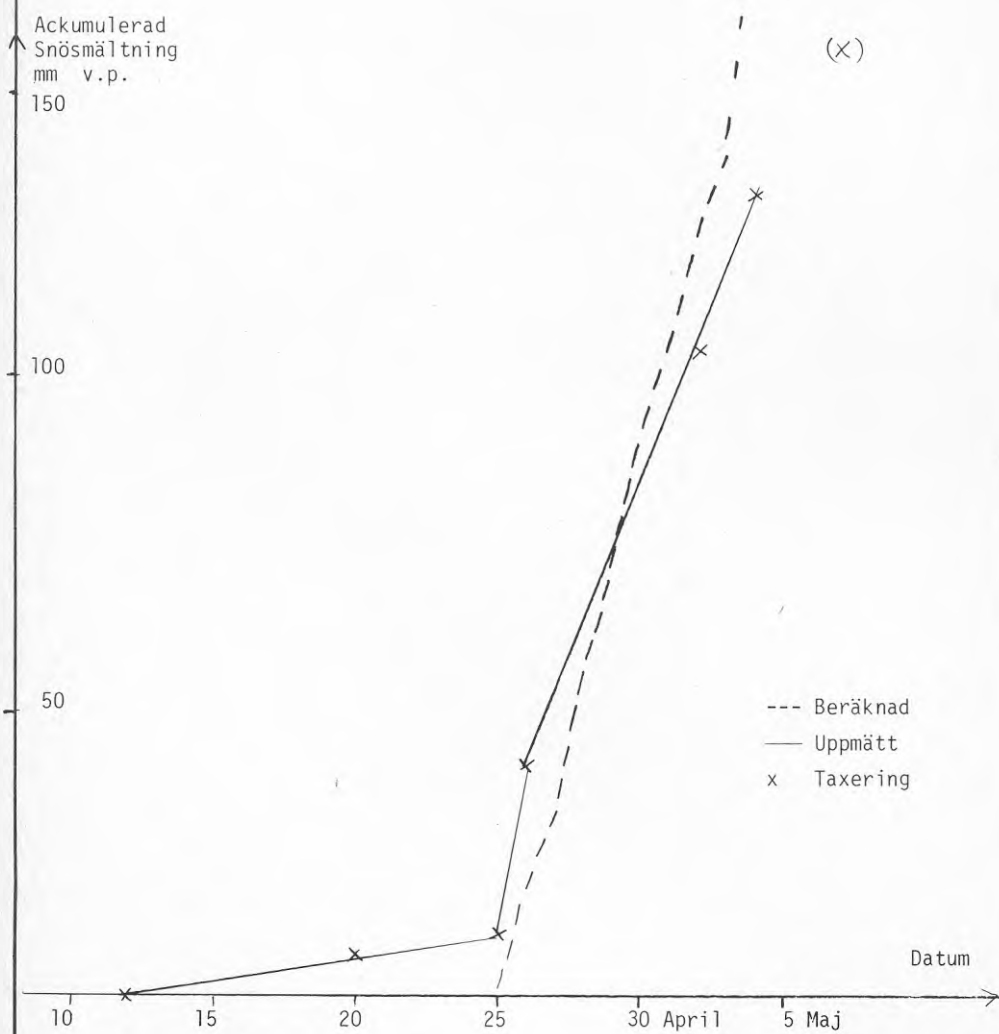
Beräknad och observerad snösmältning
Fält 1978

Figur 10



Beräknad och observerad snösmältning
Fält 1979

Figur 11



Beräknad och observerad snösmältning
Skog 1979

Figur 12

↑ Ackumulerad
Snösmältning
mm v.p.

150

100

50

--- Beräknad

— Uppmätt

x Taxerign

Datum

15 April

20 April

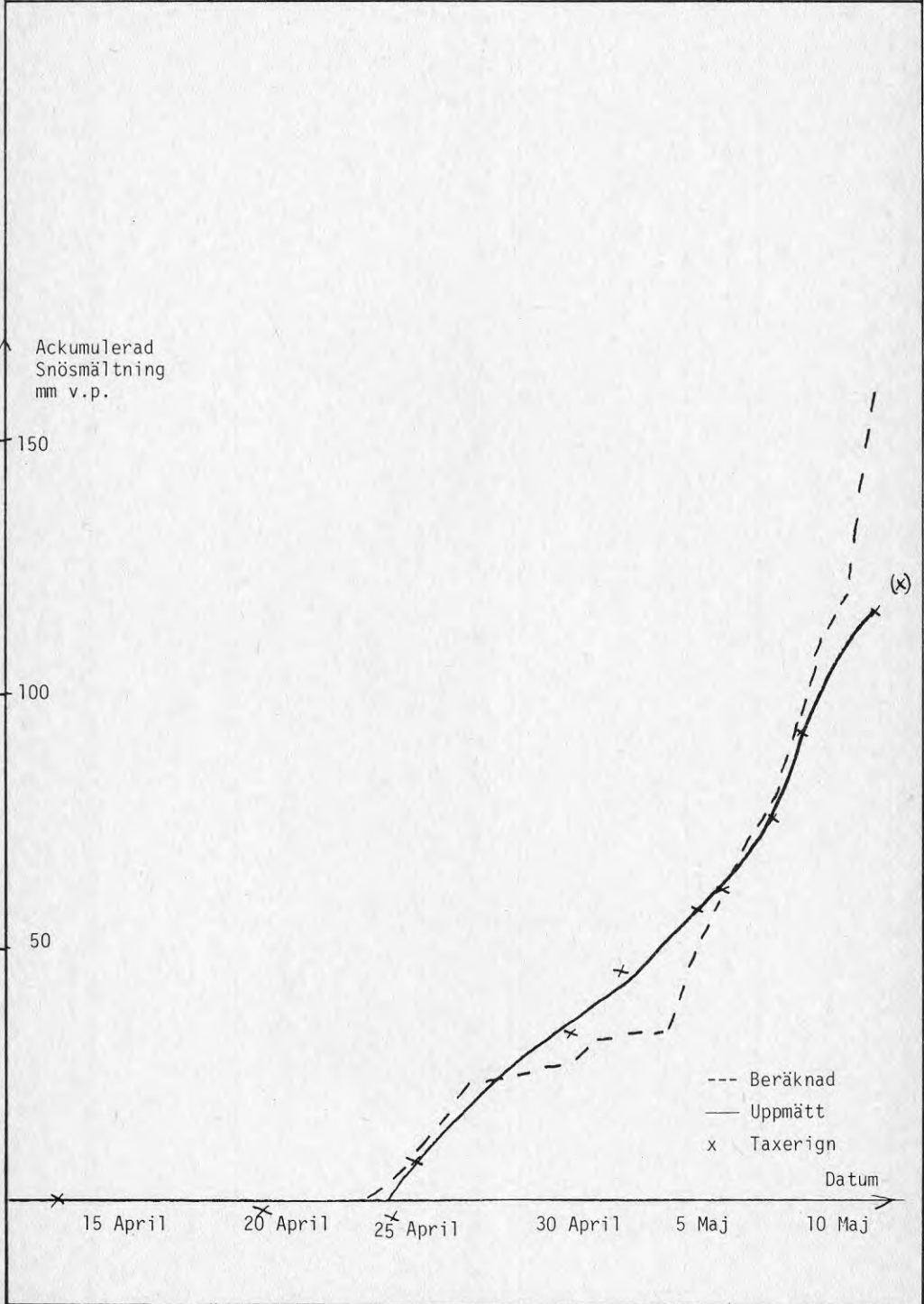
25 April

30 April

5 Maj

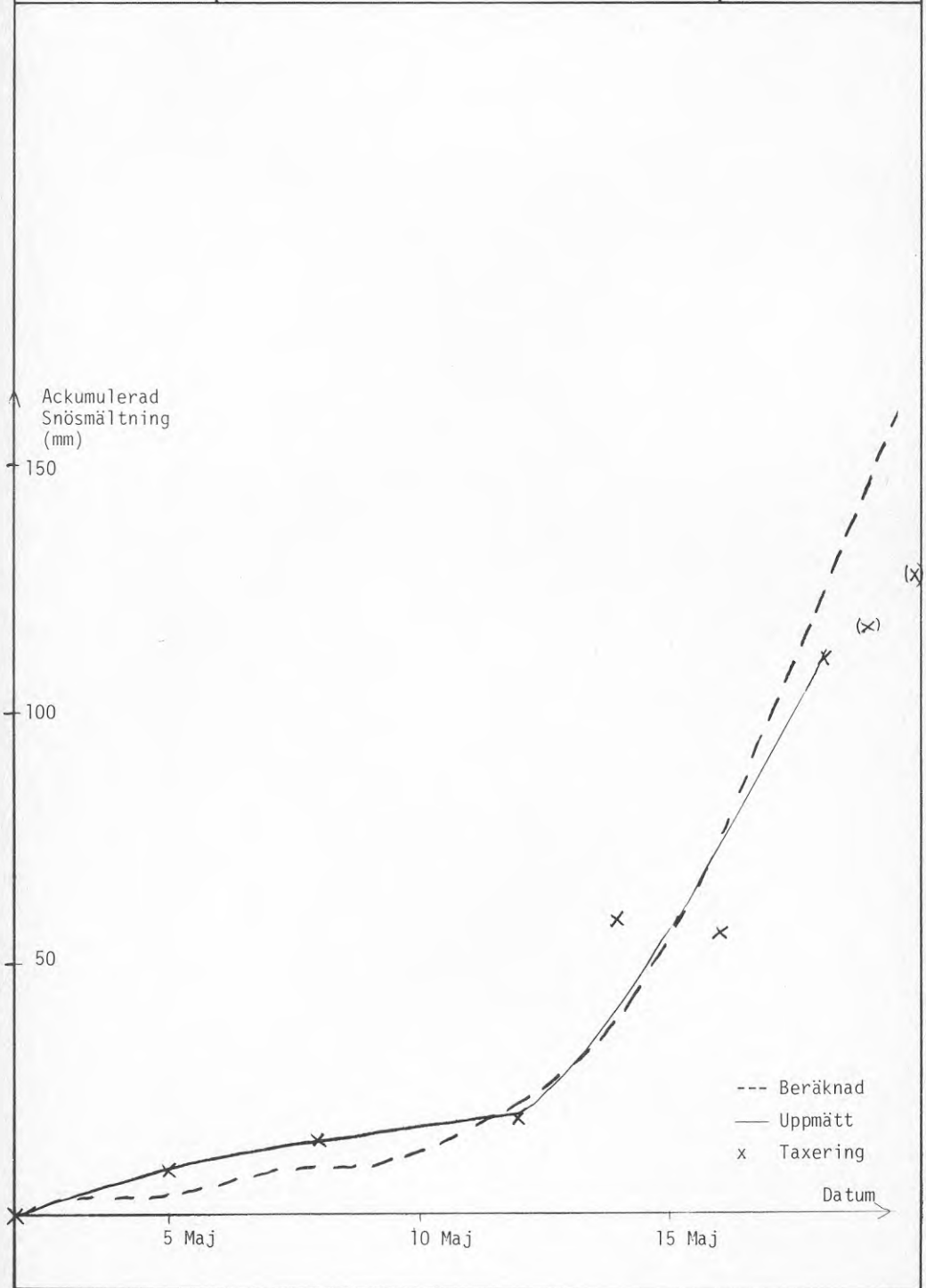
10 Maj

(x)



Beräknad och observerad snösmältning
Skog 1978

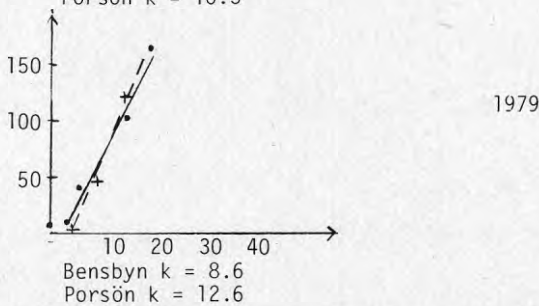
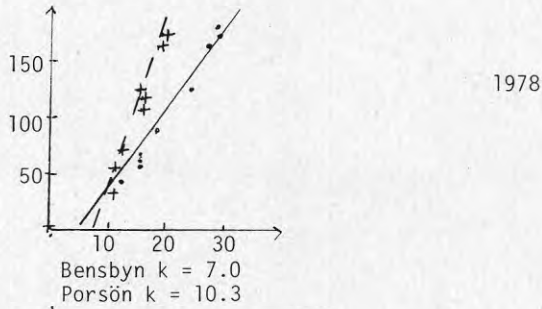
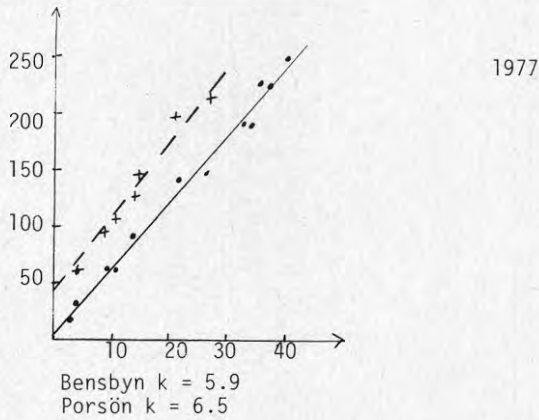
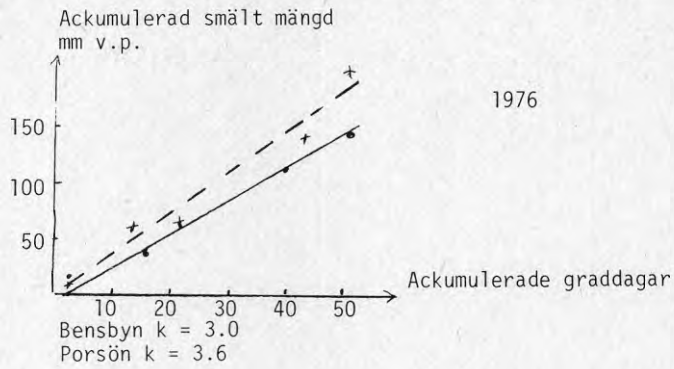
Figur 13



Graddagarskonstant för öppet fält 1976-79

— . Bensbyn
---+ Porsön

Figur 14

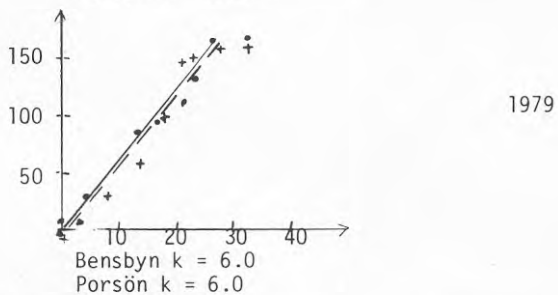
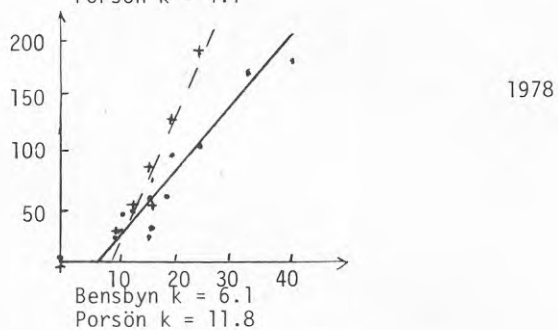
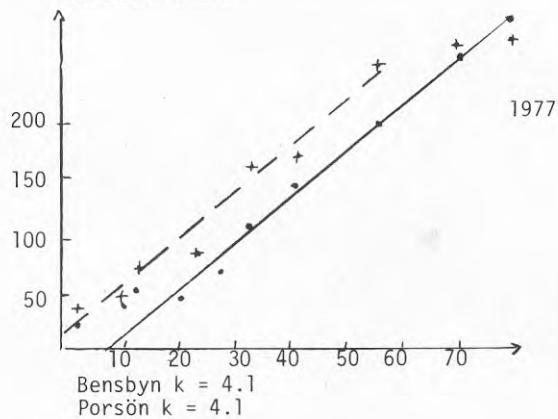
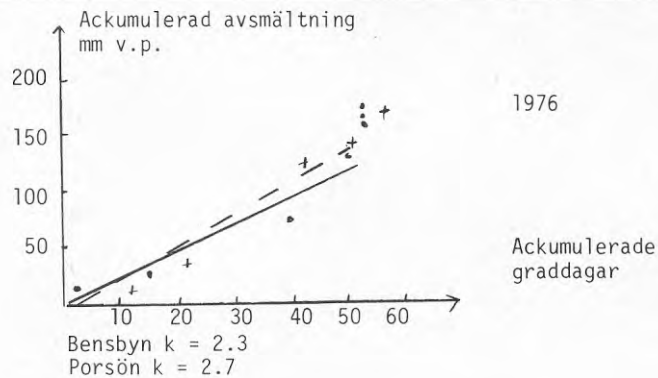


Graddagarskonstant för litet fält 1976-79

Figur 15

—•— Bensbyn

---+ Porsön

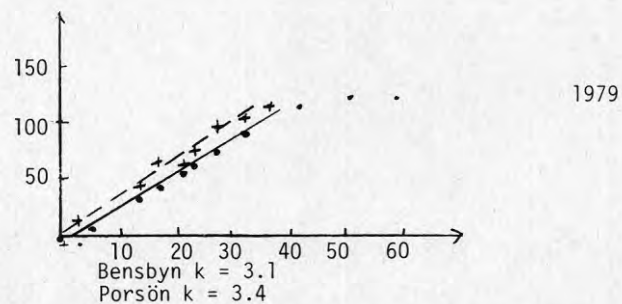
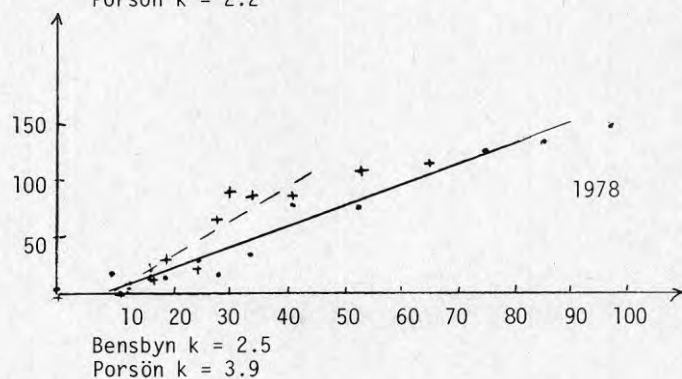
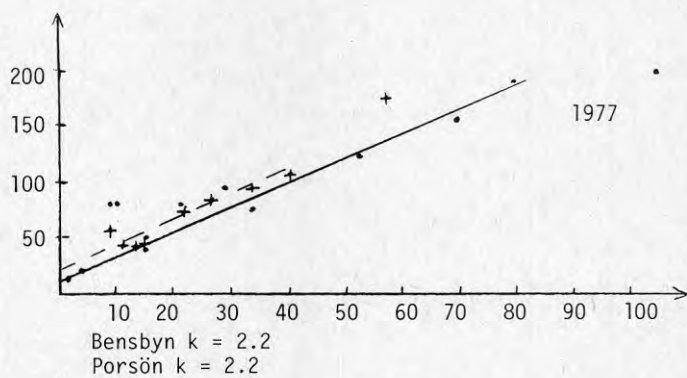
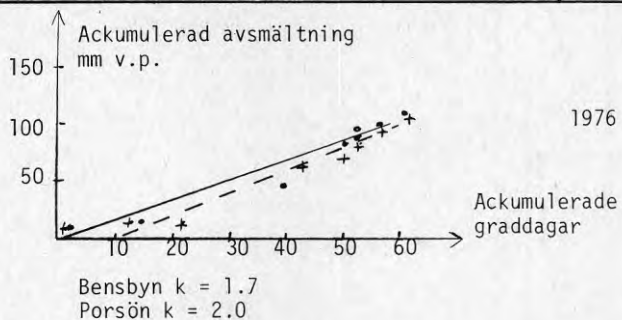


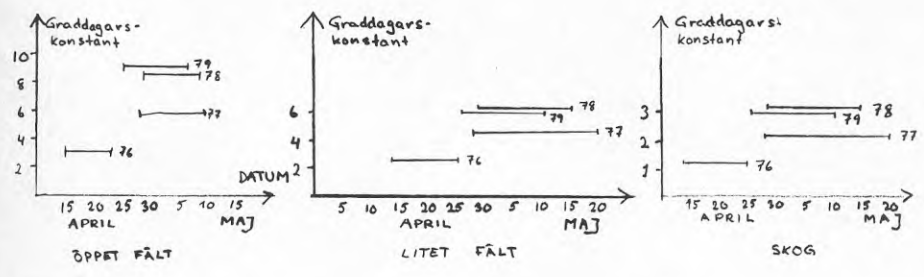
Graddagarskonstant för skog 1976-79

Figur 16

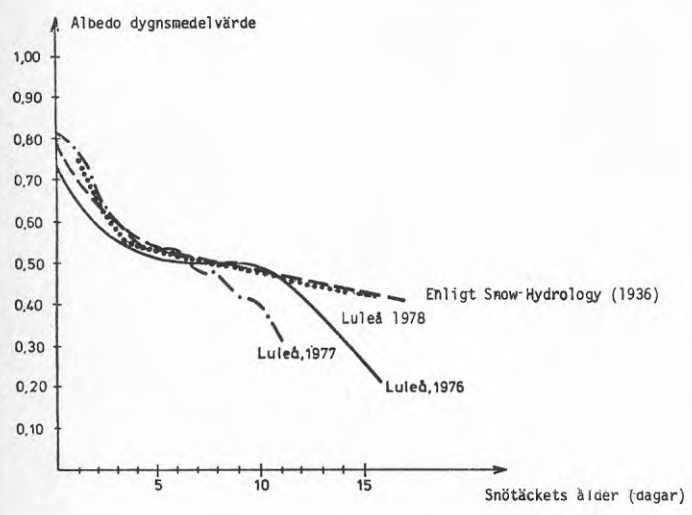
—• Bensbyn

---+ Porsön



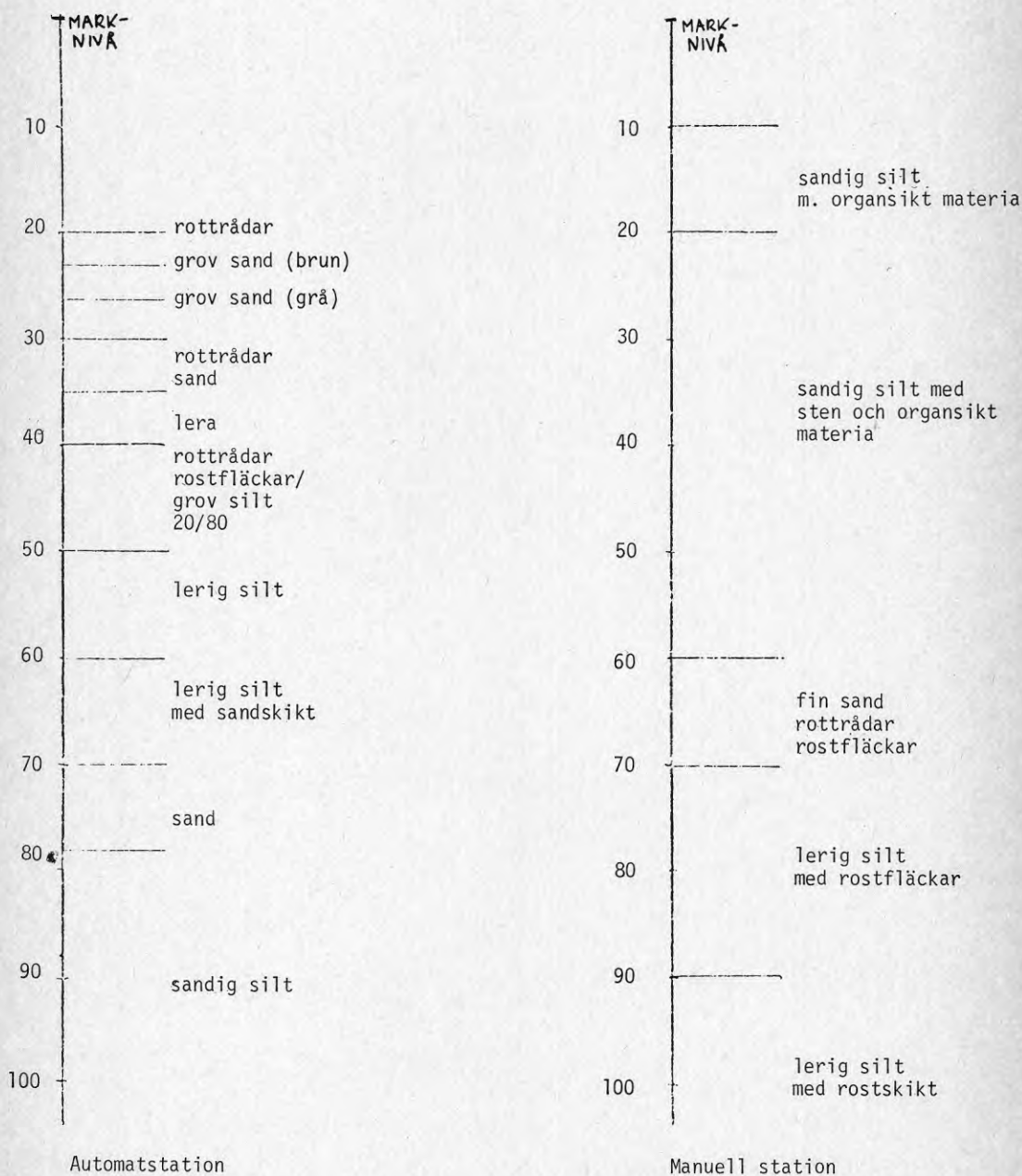


Figur 17a Graddagarskonstantens beroende av tiden för snösmältningen. Bensbyn 1976-79.



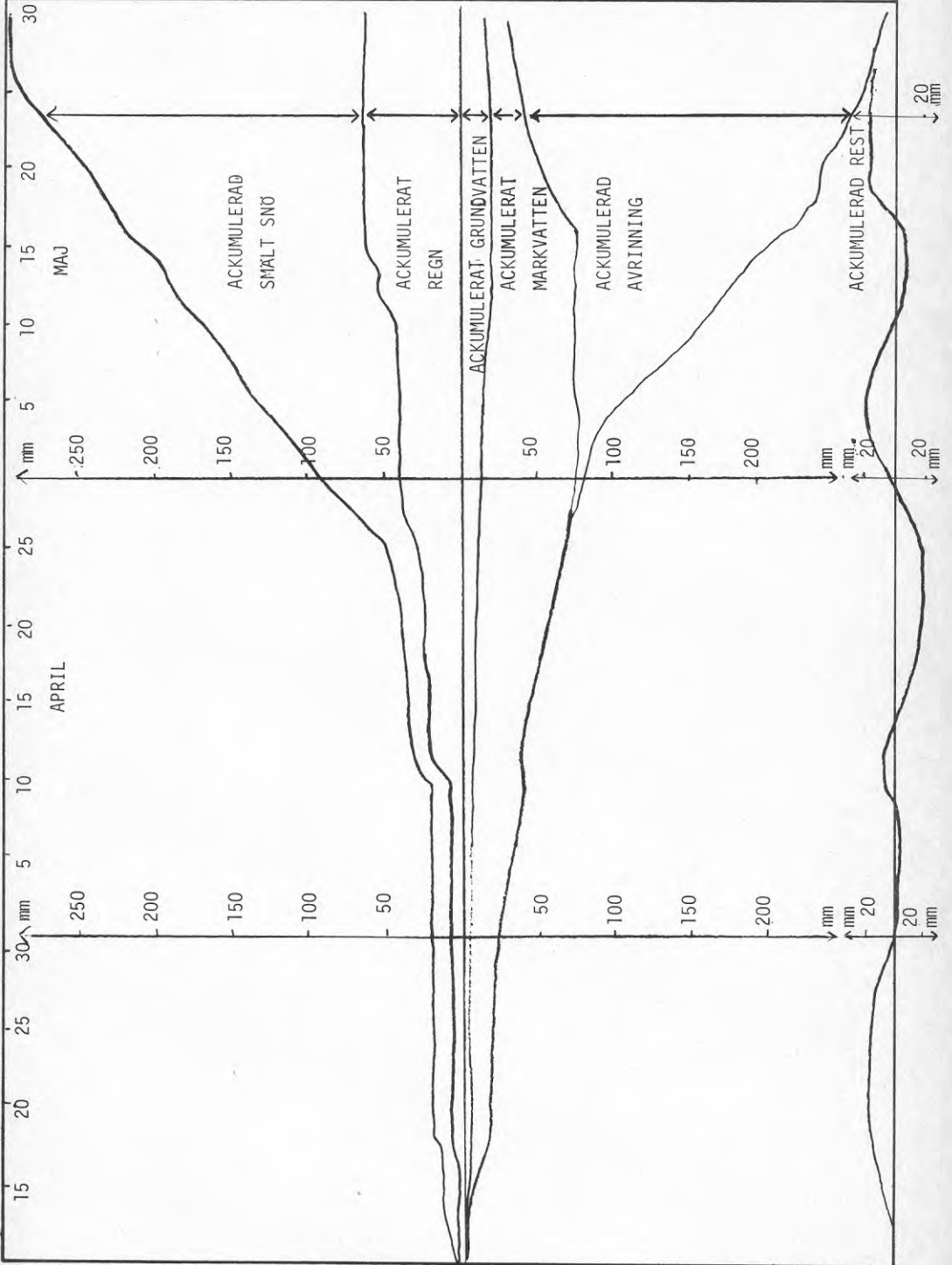
Figur 17b Albedots avtagande med snötäckets ålder under smältperioden.

	Jordartsprofil vid Manuella och Automatiska stationer	Figur 18



Vattenomsättningstermerna för våren 1977.
 Ackumulerade värden mm v.p.

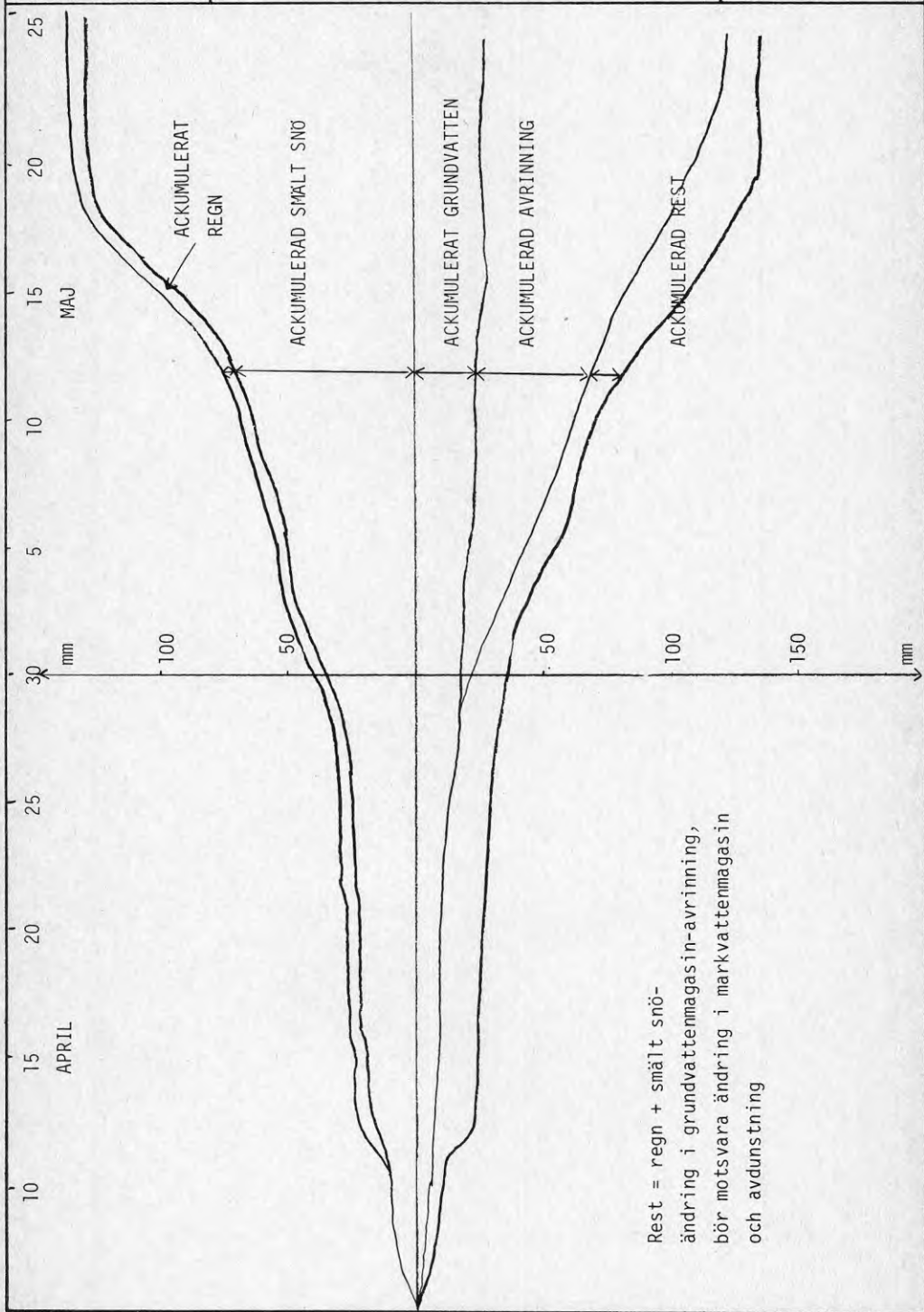
Figur 19



Vattenomsättningstermer för våren 1978.

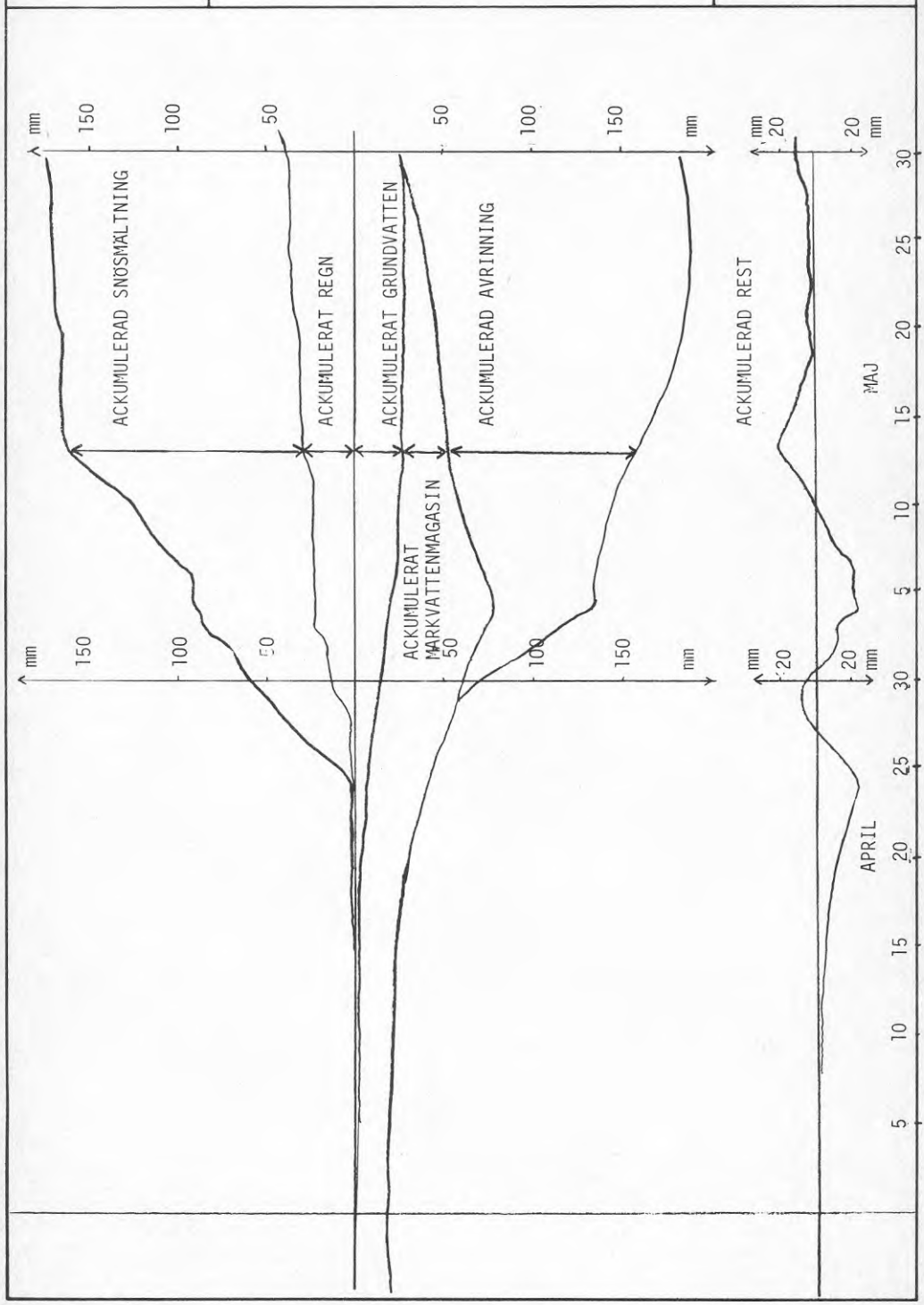
Akkumulerade värden mm v.p.

Figur 20



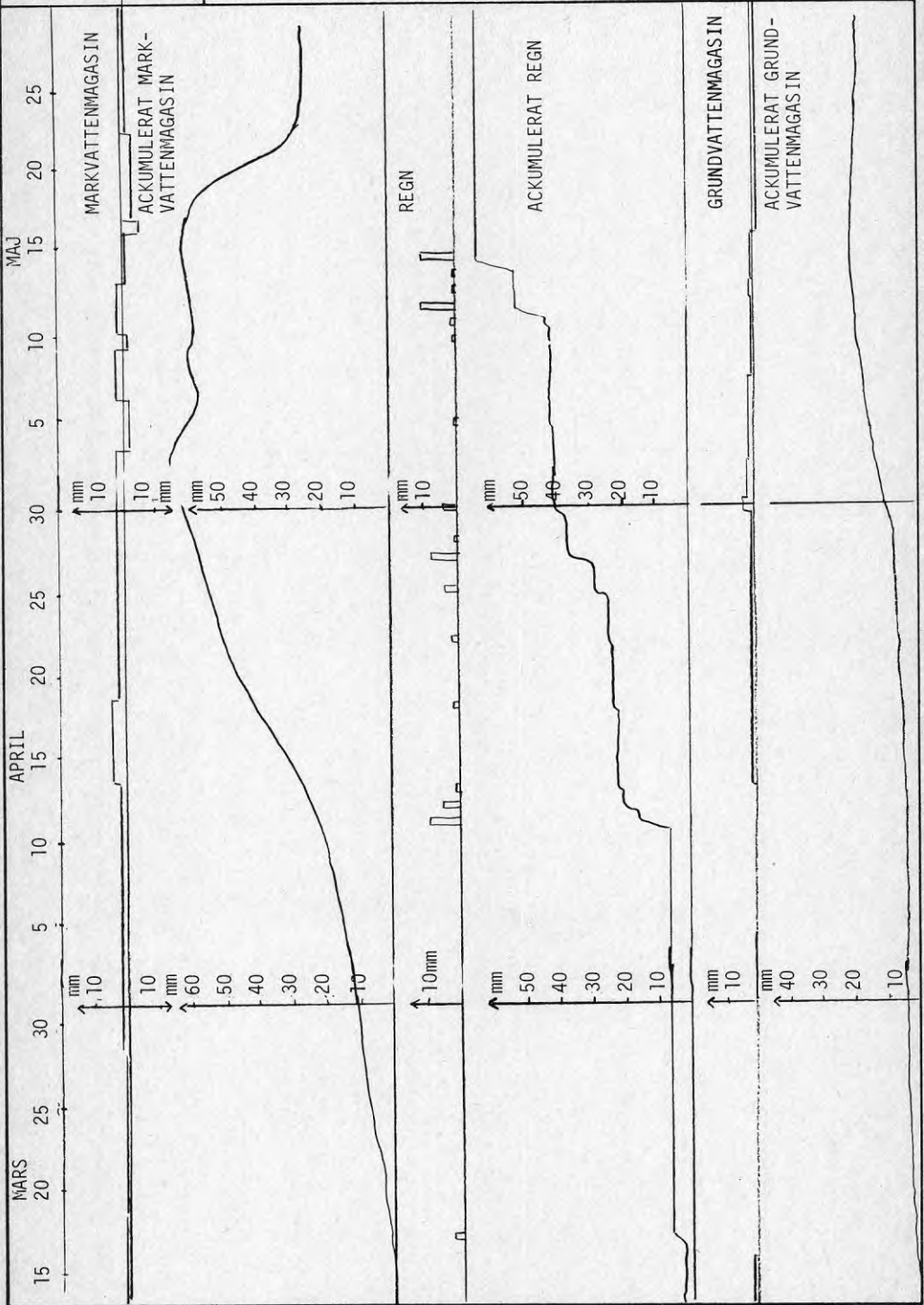
Vattenomsättningstermerna för våren 1979.
 Ackumulerade värden mm v.p.

Figur 21



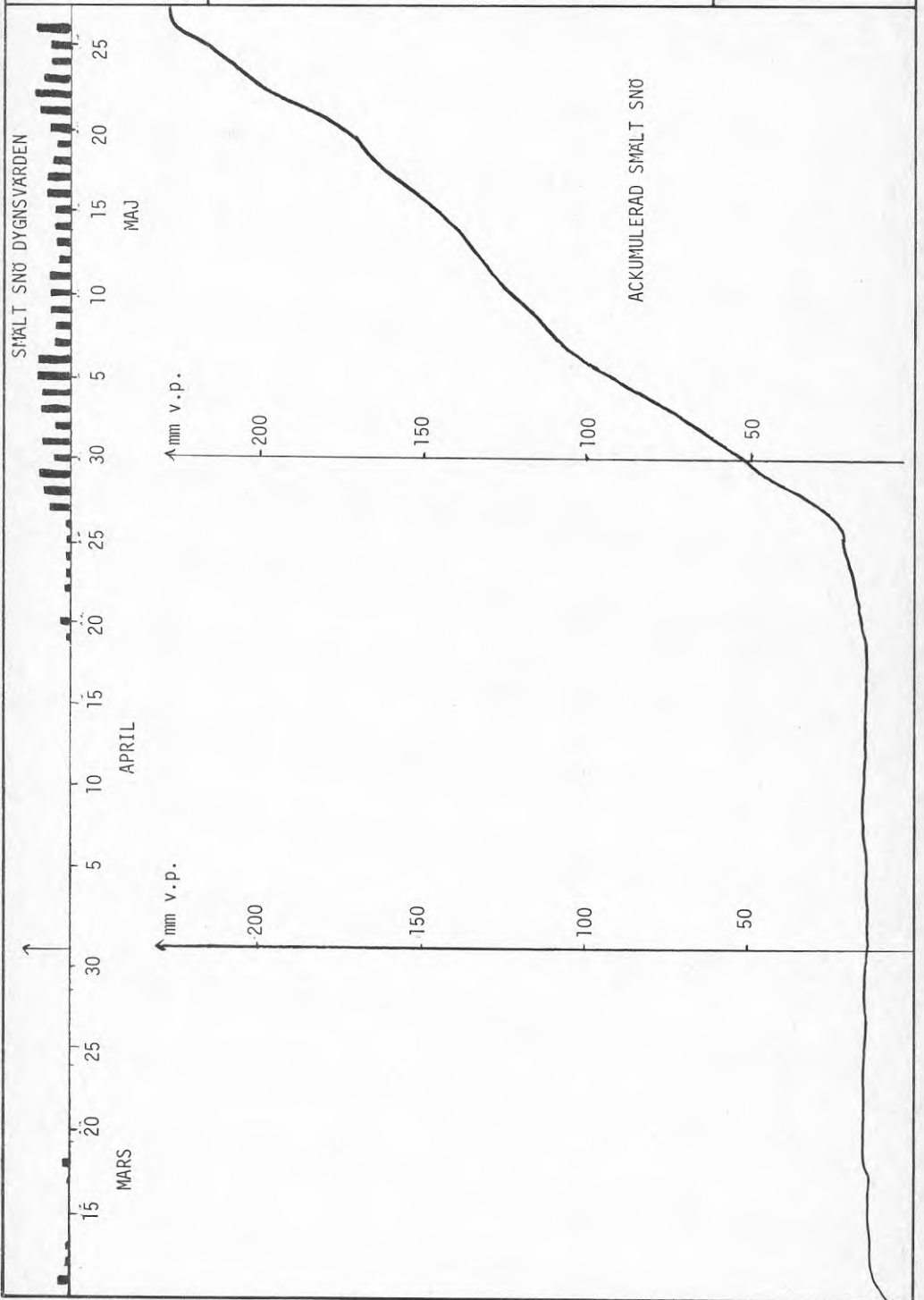
Figur 22

Markvattenmagasin, Regn, Grundvattenmagasin,
Dygnsvärden och ackumulerade värden Bensbyn
1977.



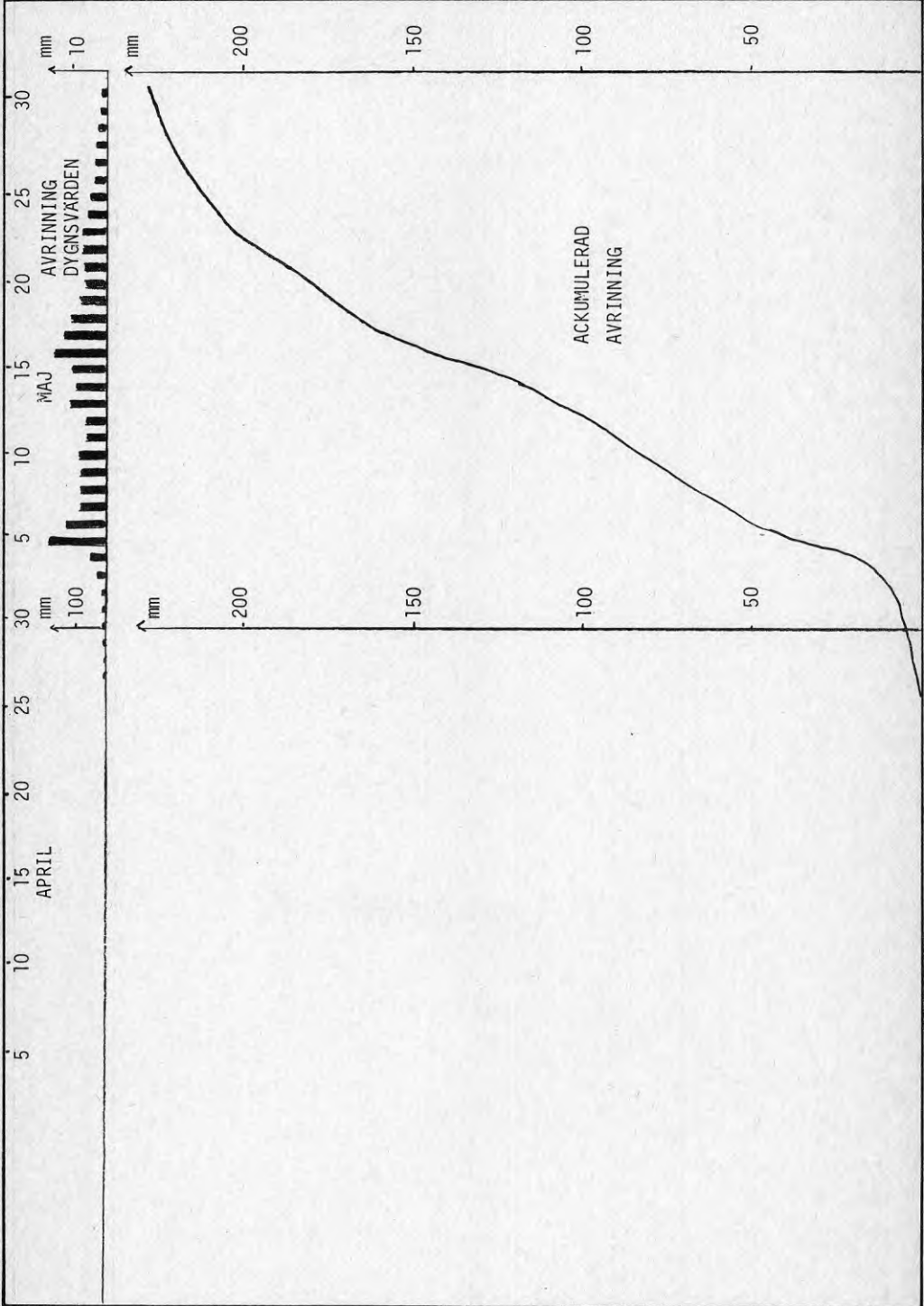
Figur 23

Smält snö dygnsvärden och ackumulerade värden
Bensbyn 1977.



Avrinning dygnsvärden och ackumulerade värden.
Våren 1977 Bensbyn.

Figur 24

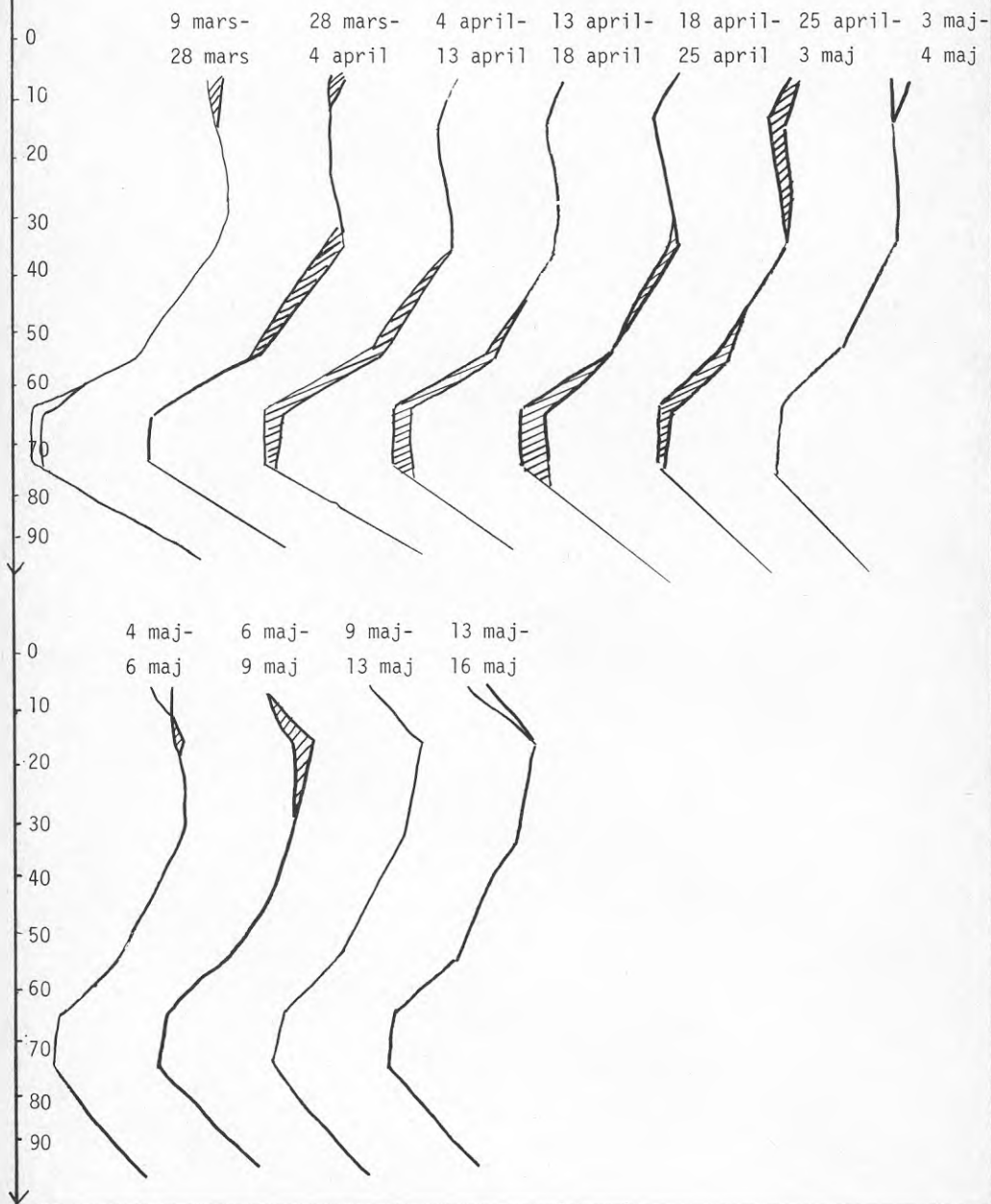


Ändring i markvattenhalten på olika nivåer
vid manuelle stationen.

Figur 25

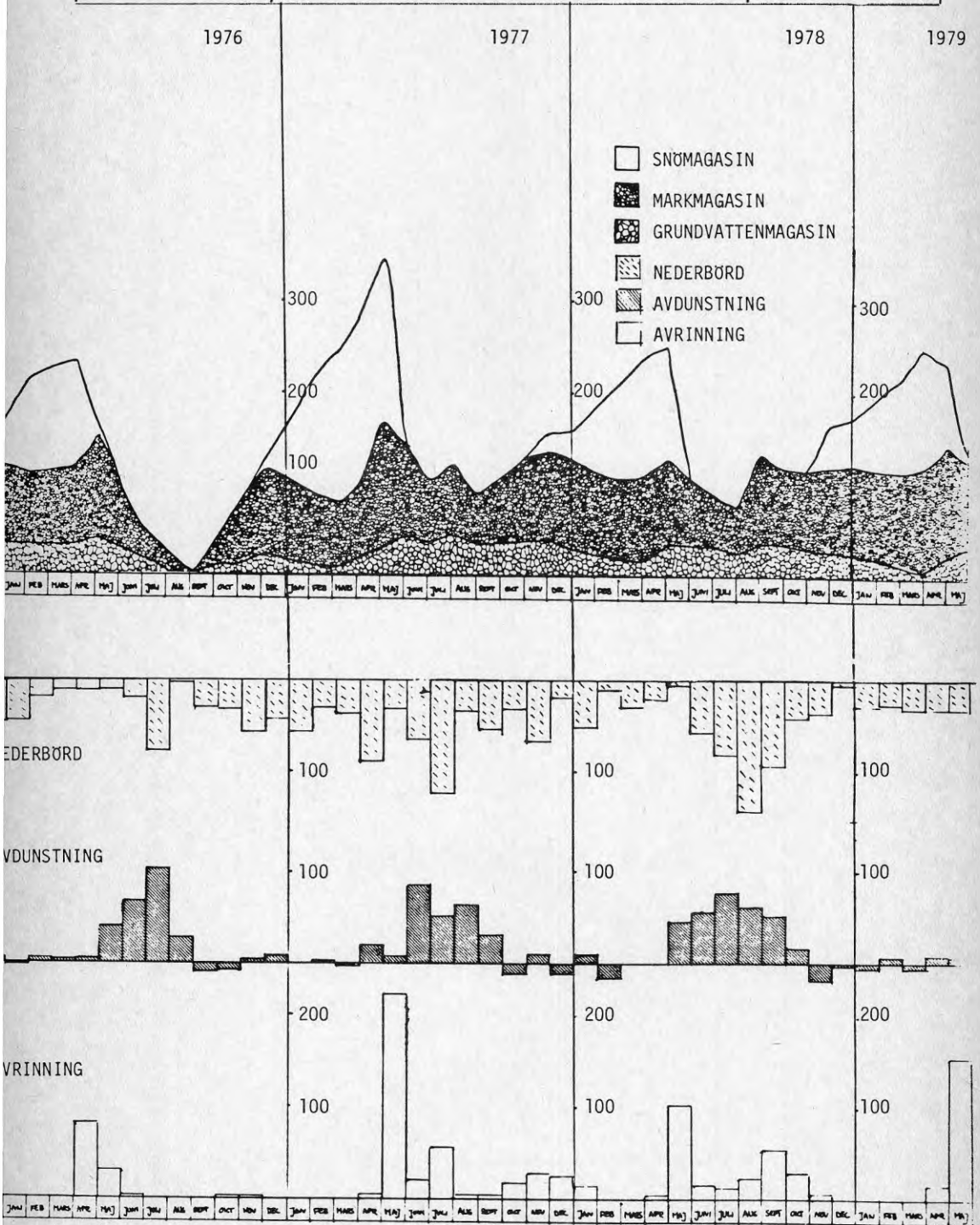
▨ ökning

□ minskning



Vattenomsättningen i Bensbyområdet mm
vattenpelare

Figur 26





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750033-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Avd. för vattenteknik,
Högskolan i Luleå**

R145: 1979

ISBN 91-540-3141-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700045

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm
Cirkapris: 20 kr exkl moms**