



ALKALINITETS- OCH pH-FÖRÄNDRINGAR I UMEÄLVEN ORSAKADE AV MINIMITAPPNING

Bengt Carlsson

**ALKALINITETS- OCH pH-FÖRÄNDRINGAR I UMEÄLVEN
ORSAKADE AV MINIMITAPPNING**

Bengt Carlsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sida</u>
Sammanfattning, Abstract	1
1. Introduktion	1
2. Nuvarande reglering	2
3. Kemiska analyser	2
4. Modellen	3
5. Indata	6
6. Modelleringsstrategi	6
7. Resultat	8
8. Diskussion	16
9. Referenser	17

ALKALINITETS- OCH pH-FÖRÄNDRINGAR I UMEÄLVEN ORSAKADE AV MINIMITAPPNING

Abstract

Influence of regulated minimum discharge on alkalinity and pH in river Umeälven

At present the Swedish State Power Board is building a hydropower plant at Klippen in river Umeälven south of lake Överuman. The plant is intended to be in operation during 1994. In connection with the start the discharge will be minimized at an about 10 km long river section between the outlet from Överuman and Klippen. This interference will lead to a decrease of the alkalinity and pH values at the river section in question. In order to reduce the consequences as far as possible, minimum releases of 2.0 m³/s from 1 June to 15 September and 0.5 m³/s during the rest of the year have been suggested. Model simulations of pH and alkalinity have been made for the period 1984-91. The results show that the alkalinity decreases from the lowest annual values of 0.05 - 0.06 mekv/l to 0.02 - 0.03 mekv/l, which corresponds to a reduction of the pH values from 6.6 - 6.7 to 6.2 - 6.3.

Sammanfattning

Med beräknat idrifttagande 1994 bygger Vattenfall f n en kraftstation vid Klippen i Umeälven söder om Överuman. I samband med idrifttagandet kommer vattenföringen på en knappt 10 km lång älvsträcka mellan Umeälvens utlopp ur Överuman och Klippen att minskas. Ingreppet kommer att medföra en minskning av alkalinitet och pH-värdena på älvsträckan ifråga. För att i möjligaste mån lindra konsekvenserna har en minimi-tappning på 2,0 m³/s från 1 juni till 15 september och 0,5 m³/s under resten av året föreslagits. Modellsimuleringar av pH och alkalinitet har skett för tiden 1984-91. Resultaten visar att alkaliniteten minskar från årslägsta värden på 0,05 - 0,06 mekv/l till 0,02 - 0,03 mekv/l, vilket motsvarar en sänkning av pH från 6,6 - 6,7 till 6,2 - 6,3.

1. Introduktion

Inom Vattenfall bedrivs ett forskningsprojekt "Dimensionering av minimitappningar från miljö- och fiskesynpunkt" med målsättningen att upprätta samband mellan vattenföring inklusive därtill kopplade faktorer och påverkan på organismsamhällena. Ett flertal projekt med huvudsakligen biologisk inriktning pågår f n.

Med beräknat idrifttagande 1994 bygger Vattenfall f n en kraftstation vid Klippen i Umeälven söder om Överuman. I samband med idrifttagandet kommer vattenföringen på en knappt 10 km lång älvsträcka mellan Umeälvens utlopp ur Överuman och Klippen att minimeras. SMHI har på uppdrag av Vattenfall HydroPower AB utrett i vilken grad Klippens kraftverk och ändrade minimitappningar påverkar vattenkemin (pH och alkalinitet) på den sträcka av Umeälven, som berörs av den minskade vattenföringen. Hydrologisk modellteknik har använts för att besvara frågeställningen.

För att minska konsekvenserna av ingreppet har minimitappning på 2,0 m³/s från 1 juni till 15 september och 0,5 m³/s under resten av året föreslagits.

2. Nuvarande reglering

Hittills har reglering av Överuman skett med syfte att proportionera vatten till nedströms liggande kraftverk. Det nya kraftverksbygget innebär, att vatten leds via en tunnel från Överumans utlopp ned till kraftverket vid Klippen ca 10 km nedströms älven.

Vattenföringen från Överuman regleras f n genom 1964 års dom, enligt vilken en minimitappning ner till 5 m³/s är tillåten. Någon övre gräns finns inte. Sedan 1910 har endast 5 tillfällen med vattenföringar lägre än 2 m³/s uppmätts: 2 oktober 1984 1 m³/s, 2 september 1986 1,4 m³/s, 18 augusti 1992 1,4 m³/s, 4 november 1992 1,5 m³/s och 5 november 1992 0,9 m³/s. Dagar med vattenföring under 3 m³/s sedan 1910 är 112 st och dagar under 3,5 m³/s 320 st. Vattenföringar under 5 m³/s har förekommit uppemot 3000 dagar. Man kan således konstatera, att den föreslagna minimitappningen innebär en mycket kraftig minskning av vattenföringen.

3. Kemiska analyser

Vattenfall har utfört provtagningar i området mellan Överuman och Västansjö i samband med vårflödena 1987 och 1989. I övrigt saknas kemiska analyser. Provtagningarna omfattar 14 punkter med vardera 12 analyserade variabler i varje. 4 punkter ligger uppströms Överumans utlopp, 6 på sträckan ned till Klippen samt i där befintliga tillflöden och 4 st nedströms Klippen (se figur 1).

Mätserien är i kortaste laget, men tack vare att analyserna gjorts vid den mest kritiska tiden under året torde de dock räcka för att ge underlag för pH- och alkalinitets-simuleringar.

Ett års efteranalyser kommer att göras av Vattenfall (1994), varefter slutlig uppföljning kan ske.



Figur 1. Umeälvens avrinningsområde mellan Överuman och Klippen. Från markerade platser finns kemianalyser.

- 5. Överumans utlopp.
- 6. Kvarnbäcken.
- 8. Brakkojukke.
- 15. Stintbäcken.
- 9. Klippen.
- 12. Stabbfors.

4. Modellen

Med hjälp av en matematisk-hydrokemisk modell är det möjligt att simulera de förändringar i alkalinitet och pH, som kan uppkomma i Umeälven på sträckan Överuman - Klippen p g a minimitappningen.

Den modell, som används här är den s k PULS-modellen, som utvecklades på SMHI under 1980-talet [1], [2]. Den har använts i liknande sammanhang vid tidigare tillfällen [3], [4] och [5]. Modellen (figur 2) fungerar i princip så, att nederbörd (regn, snö, snösmältning) dygnsvis portioneras ner i markens omättade zon. Härifrån återgår en del till atmosfären genom avdunstning och via växternas transpiration. Resten transporteras vidare ned till den mättade zonen, till grundvattnet och vidare mot vattendraget. Regleringsstrategier och sjöar kan läggas in i modellen.

Som geografiska indata behövs för varje delområde procent skog, öppen mark och sjö. Modellen innehåller ingen explicit biologisk eller kemisk processbeskrivning, utan beräknad alkalinitet och pH beror av modellens grundvattennivå. Denna senare är i sin tur beroende av temperatur, nederbörd, avdunstning och avrinningsförhållanden, vilka tillåts variera inom modellområdet.

Modellen kalibreras för systemet, och effekten av de ändrade blandningsförhållandena mellan lokalt tillrinnande bäckar och vattenföringen i huvudfåran beräknas över en så lång tidsperiod, att en rimlig täckning av förhållanden över alla årstider och mellan olika år erhålls.

Beräkning sker för ett huvudavrinningsområde, som i sin tur kan omfatta ett eller flera delområden med eventuella utloppssjöar eller magasin. Utflödet från sjön kan bestämmas med avbördningskurva eller regleringstabell. Delområdenas flöden slås samman till den totala avrinningen.

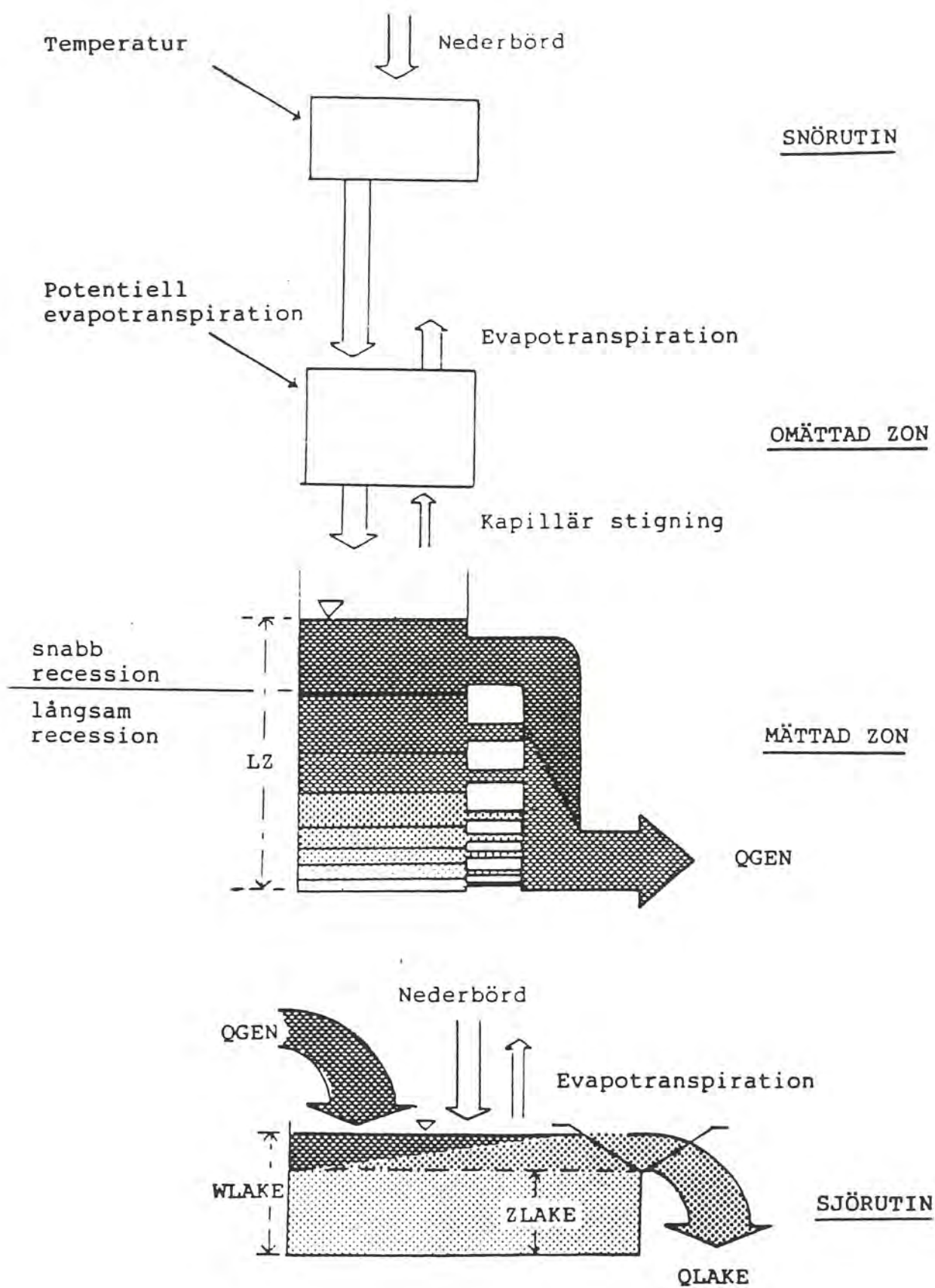
Snörutinen, med temperatur och nederbörd som indata, avgör bl a om nederbörden skall behandlas som snö eller regn. Snösmältning sker enligt graddagmetoden, d v s att en temperaturförändring med ett visst antal grader ger en viss avsmältning. Snörutinen avger dygnsvis en viss vattenmängd till markrutinen.

Markrutinen är den del av modellen, som behandlar zonen mellan mark- och grundvattenytan. En del vatten återgår via avdunstning till atmosfären. Beräkningen sker med hjälp av avdunstningens månadsvärden och vattenhalten i marken. En parameter i markrutinen reglerar det uppåtriktade kapillära flöde, vilket gör att vatten kan transporteras från grundvattnet till markzonen.

Responsfunktionen reglerar flödet från den mättade zonen. Storleken på flödet bestäms av recessionskoefficienter. Dessa koefficienter hör till de parametrar, som kalibreras.

Om en slutsjö finns, mynnar flödet från responsfunktionen i denna.

För varje delområde beräknas en alkalinitet utgående från modellens grundvattennivå och blandning i sjö eller magasin. Alkaliniteten kalibreras in. I slutsteget görs till sist en omräkning till pH via ett pH-alkalinitetssamband, som bl a är beroende av partiella CO_2 -trycket.



Figur 2. Vattenbalansen i PULS-modellen. Olika gråtoner anger olika alkalinitet.

Modellen bygger således på för det aktuella området och för kalibreringstiden gällande samband mellan vattenföring, alkalinitet och pH. Eventuella förändringar i biologi eller markkemi kommer därmed ej till uttryck i modelleringsresultatet. Förfarandet innebär också att tillgången på data blir avgörande för resultatet. I föreliggande fall är tillgången begränsad till endast två år men torde räcka för att ge en alkalinitetskalibrering. Förfarandet ger en bra uppfattning om alkalinitetsnivån, men några helt exakta värden är svåra att få, speciellt inte på pH.

Förutom en uppfattning om nivån är den viktigaste informationen den man kan få genom att studera storleksordningen på förändringarna i alkalinitet som ett samspel mellan olika minimitappningar och inverkan av de olika delområdena.

5. Indata

Klippen är beläget vid Umeälvens nordligaste del ca 100 km nedströms Överuman och ca 250 km från norska gränsen. Översiktskartan (figur 1) visar det modellerade området och indelningen i delområden. Hela området utom längs älvdalen domineras av kalfjäll och öppna områden.

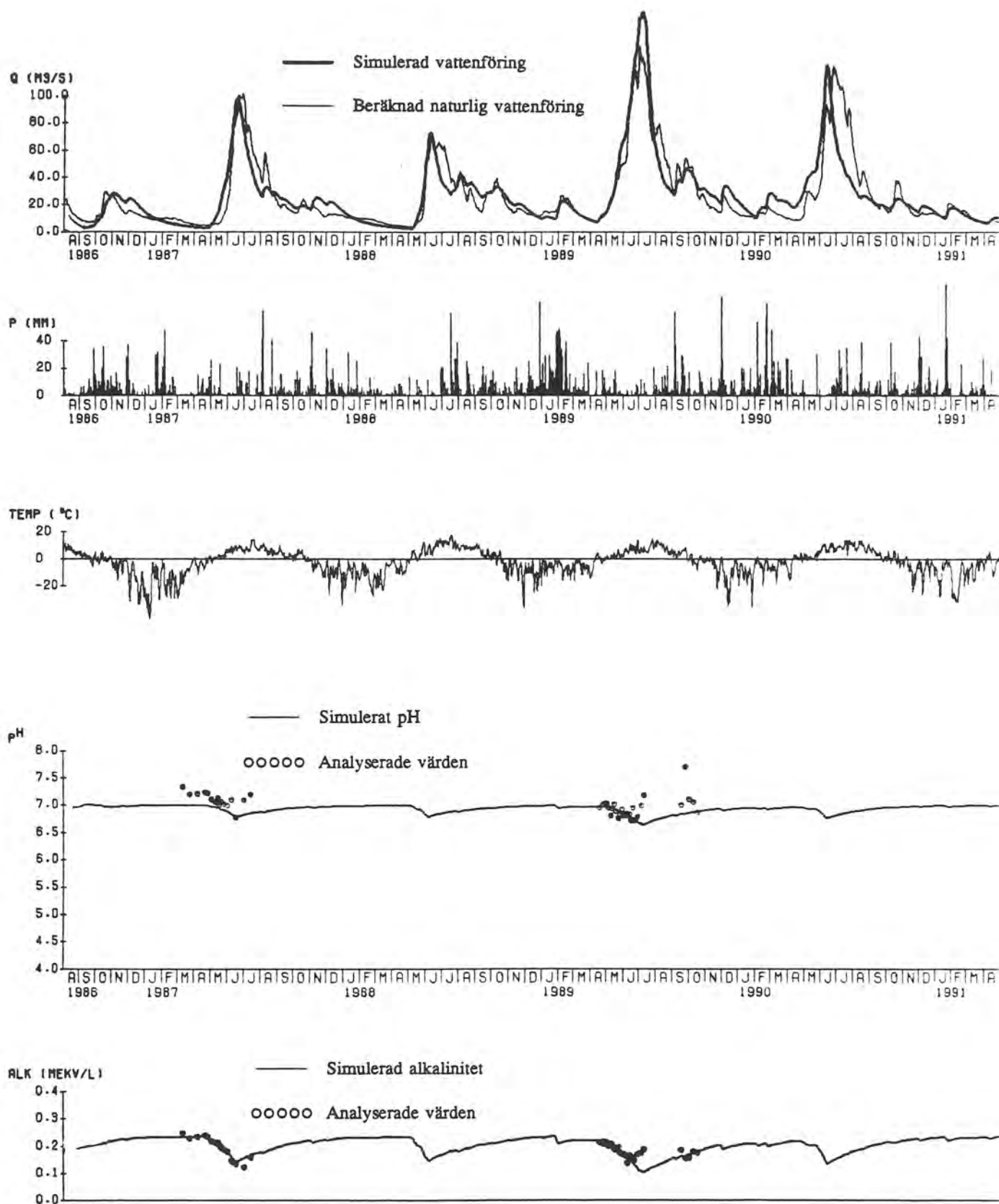
Indelningen i delområden har bestämts av biflöden och kemiprovtagningsplatser. Stabbfors vid Tängvattnet (nr 12), Överumans utflöde (nr 5), Kvarnbäckens inflöde (nr 6), Brakkojukkes inflöde (nr 8), Stintbäck i Umeälven (nr 15) samt Klippen i Umeälven (nr 9) har utnyttjats (figur 1). Nedströms Klippen torde alkalinitet och pH i stort sett komma att bli oförändrade.

Nederbörd har tagits från Hemavan ca 100 km söder om Klippen, Umsfors strax söder om utloppet från Överuman, Mjölbacken nordväst om Överuman och Joesjö ca 200 km sydväst om Klippen. Temperatur har tagits från Hemavan. Vattenföring finns att tillgå från regleringen av Överuman samt från tillflödet från Tängvattnet. Dessutom har den beräknade naturliga vattenföringen från Överuman utnyttjats.

6. Modelleringsstrategi

Som indata i minimitappningsmodellen används, förutom nederbörd och temperatur, den dagliga alkaliniteten vid utflödet ur Överuman. Denna alkalinitet kan antas vara lika med den som nu uppmäts i det reglerade utflödet vid de två analysomgångarna våren 1987 och våren 1989. Genom att utnyttja den naturliga avrinningen från Överuman och nämnda alkalinitetsanalyser kan alkalinitetsserien simuleras. Resultatet visas i figur 3. En områdesindelning har gjorts så som visas i figur 1.

För kalibrering av modellen har uppmätt vattenföring och kemi vid Tängvattnet samt kemi från Brakkojukkes och Kvarnbäckens inflöden i Umeälven och från Stintbäcken och Klippen i Umeälven använts. Simuleringar har sedan gjorts dels med den nuvarande regleringen och dels med tre olika minimitappningar.



Figur 3. Simulering av i systemet inkommande daglig alkalinitet med hjälp av beräknad naturlig avrinning från Överuman och uppmätt alkalinitet vid Överumans utlopp.

7. Resultat

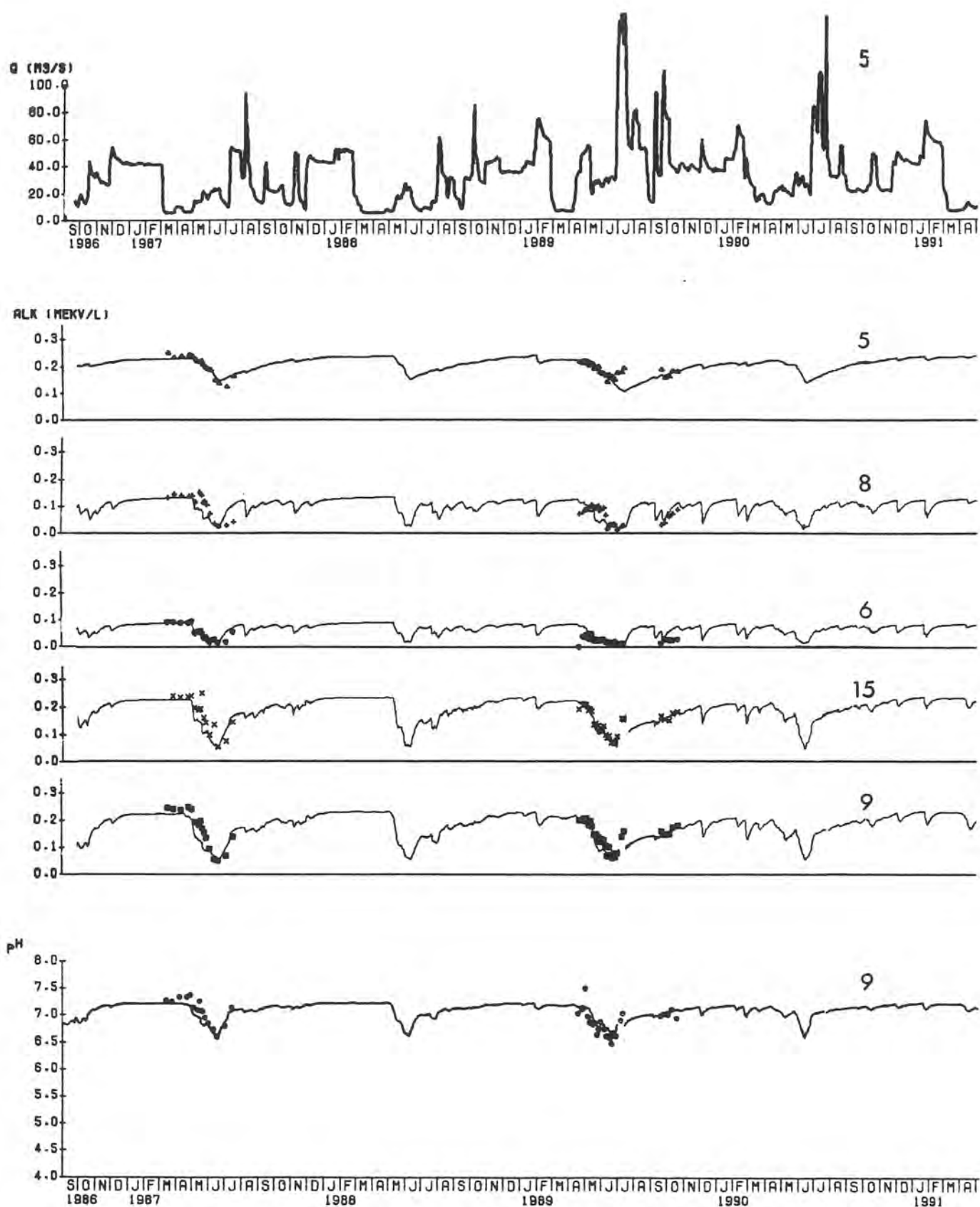
Resultaten har samlats dels som simulerade tidsserier (figurena 4 - 7) och dels som utdrag ur dessa (figurena 8 - 13). Totalt har åren 1984 t o m 1991 simulerats.

Figur 3 visar utdrag ur den simulering, som gjordes för att skapa en daglig alkalinitetsserie som indata till regleringssimuleringarna. En första simulering för att grovinställa både de hydrologiska och de kemiska parametrarna hade först gjorts mot uppmätt vattenföring och alkalinitet vid Stabbfors (12), Tängvattnets utflöde. Simuleringen i figur 3, som totalt omfattar tiden 1984 till och med 1991, visar god anpassning både vad gäller vattenföring och alkalinitet. För att inte underskatta effekten av den minskade tappningen har pH-simuleringen kalibrerats in något i underkant av uppmätta värden.

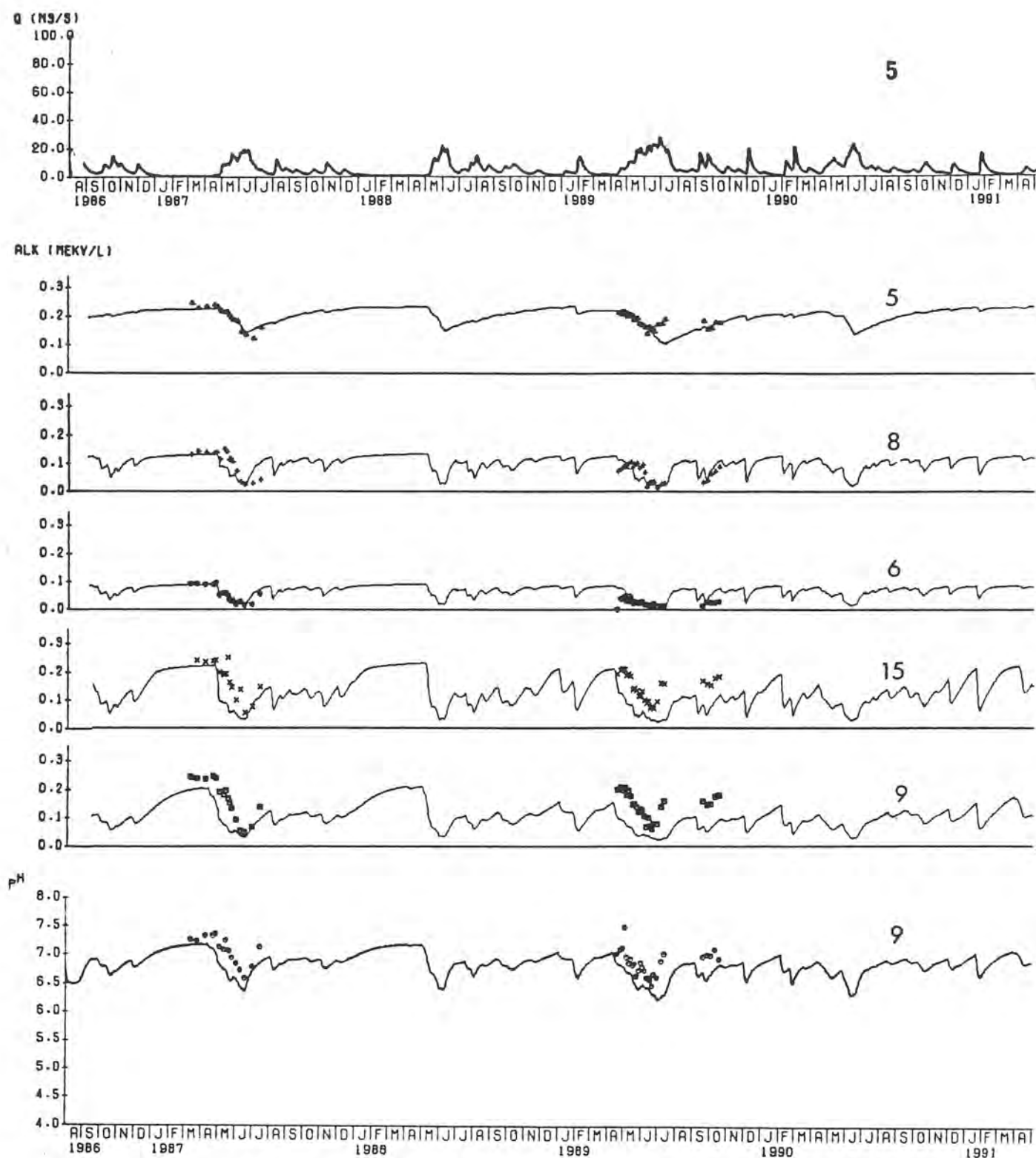
Då man som här har att göra med reglerad vattenföring, fungerar en modell som är konstruerad för att simulera naturligt orsakade variationer ej alltid fullt ut. I t ex juli 1989 förekommer, till skillnad mot 1987, höga uppmätta alkaliniteter och pH, samtidigt som simuleringen visar på låga värden, figur 4: (5), (15), (9). Normalt medför höga flöden låg alkalinitet. Mellan ett högt flöde orsakat av tappning och alkalinitet finns dock inget naturligt samband i modellen. Den stora tappningen i juli 1989 bestod således till stor del av magasinerat vatten med en alkalinitet högre än den naturligt genererade. Låga alkalinitetsvärden från tillflöden (se t ex kurvorna 8 och 6 vid detta tillfälle) kan inte göra sig gällande i huvudfåran, utan den höga magasinerade alkaliniteten slår helt igenom. Under givna förutsättningar klarar inte modellen att simulera dessa situationer, utan i figurena 4 och 12 har situationen markerats med en lucka i simulering (områdena 15 och 9). En liten lucka finns även vid motsvarande situation 1990.

Den föreslagna minimitappningen är 2 m³/s 1 juni - 15 september och 0.5 m³/s resten av året. För att åskådliggöra spridningen kring den föreslagna tappningen har i figurena 5, 6 och 7 simuleringar gjorts för 1, 2 och 5 m³/s 1 juni - 15 september samt 0.5 m³/s resten av året. De månadsvisa vattenföringarna vid Klippen kommer då att bli som framgår av figur 8.

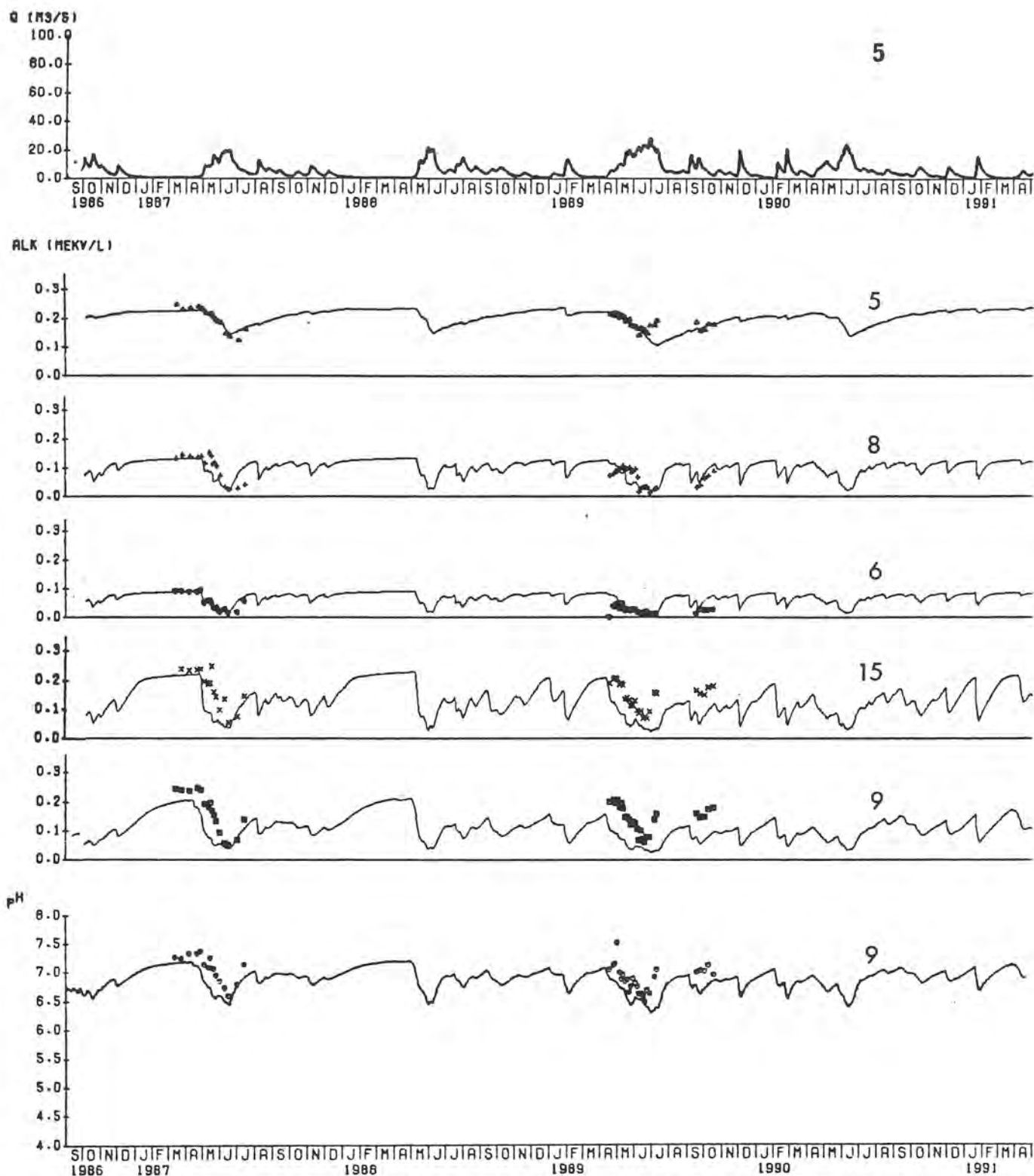
Minimitappning medför en minskning av vattenföringen till ca en tredjedel av nuvarande flöde under sommaren och ca en åttondedel under resten av året. Helt naturligt kommer därmed området mellan Överuman och Klippen att få ett stort inflytande på älvsträckans vattenkemi. Viktigast är den genomslagskraft, som vårflödet får, därför att lägsta värden uppträder då. Vårflöde förekommer regelbundet i juni - juli. I figurena 5 - 7 kan man se hur under dessa månader alkalinitet och pH sjunker med minskande vattenföring. Största minskningen kvantitativt sett äger dock rum under övriga delen av året. Jfr t ex alkalinitetskurvan för områdena 15 och 9 i figur 4 med motsvarande kurvor i figurena 5 - 7. Den uttalat låga alkaliniteten sommaren 1989 och framåt beror på den relativt sett högre vattenföringen under denna period.



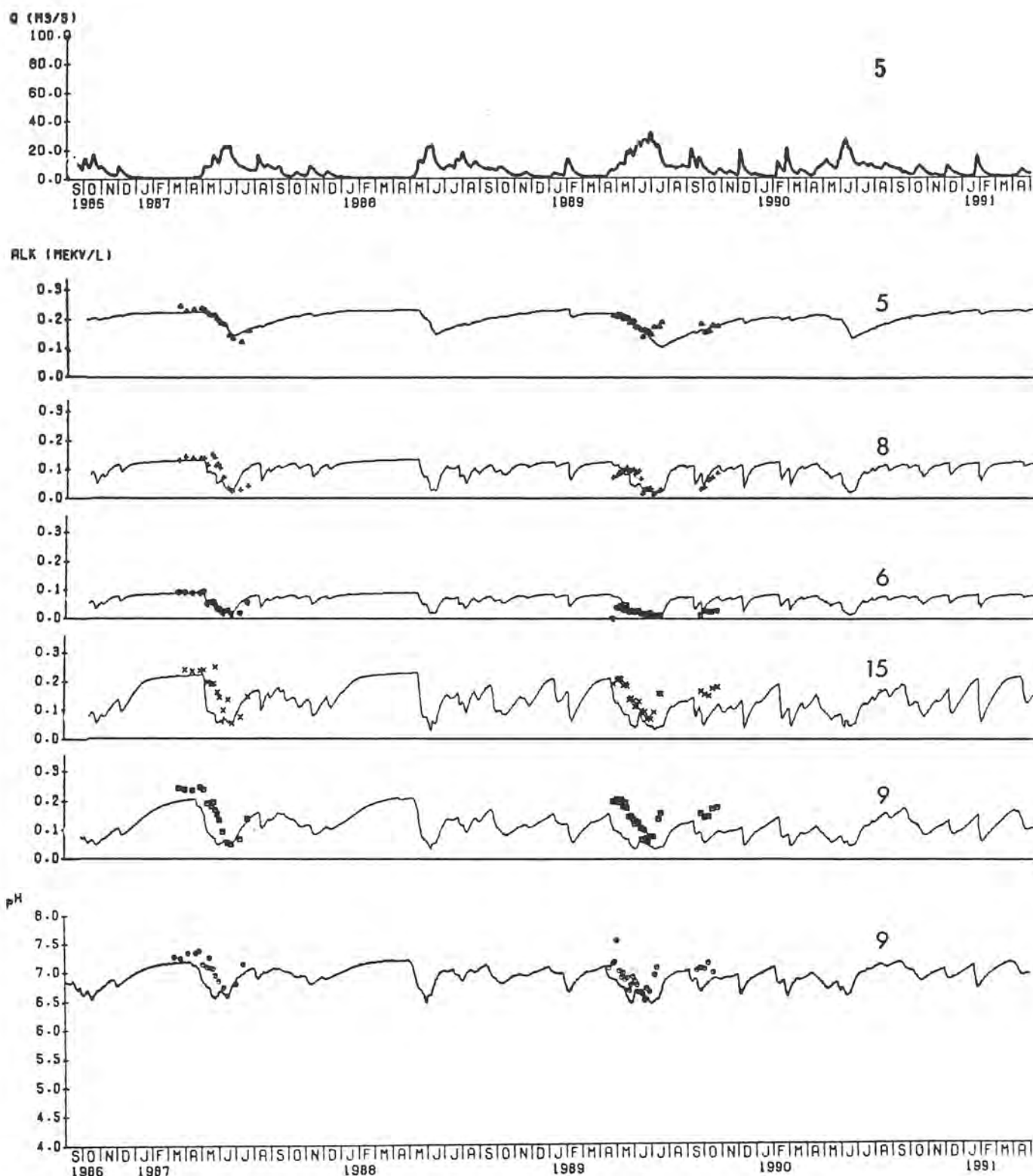
Figur 4. Nuvarande reglerat vattenflöde från Överuman samt simulerad och uppmätt alkalinitet vid provtagningsplatserna 5, 8, 6, 15 och 9 (9 = Klippen).



Figur 5. Minimitappning från Överuman. $1 \text{ m}^3/\text{s}$ 1 juni - 15 september och $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ under resten av året samt simulerad och uppmätt alkalinitet vid provtagningsplatserna 5, 8, 6, 15 och 9 (9 = Klippen). Simuleringar markeras med heldragen linje och utförda mätningar med punkter. Mätningarna avser den reella situationen och finns med som referens till vilka förändringar som simulerade minimivattenföringar i områdena 15 och 9 medfört.



Figur 6. Minimitappning från Överuman. 2 m³/s 1 juni - 15 september och 0.5 m³/s under resten av året samt simulerad och uppmätt alkalinitet vid provtagningsplatserna 5, 8, 6, 15 och 9 (9 = Klippen). Simuleringar markeras med heldragen linje och utförda mätningar med punkter. Mätningarna avser den reella situationen och finns med som referens till vilka förändringar som simulerade minimivattenföringar i områdena 15 och 9 medfört.



Figur 7. Minimitappning från Överuman. $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 1 juni - 15 september och $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ under resten av året samt simulerad och uppmätt alkalinitet vid provtagningsplatserna 5, 8, 6, 15 och 9 (9 = Klippen). Simuleringar markeras med heldragen linje och utförda mätningar med punkter. Mätningarna avser den reella situationen och finns med som referens till vilka förändringar som simulerade minimivattenföringar i områdena 15 och 9 medfört.

I tabell 1 har en sammanställning av simulerade medelvärden 1984 - 1991 uppdelade på juni - juli och resten av året gjorts. För augusti till maj kan konstateras att med minimi-tappningar kommer vattenföringen att minska från nuvarande ca 30 m³/s till mellan 4 och 5 m³/s, vilket medför en minskning av alkalinitet från ca 0,19 till ca 0,12 mekv/l och av pH från ca 7,2 till 6,9 vid Klippen. Således en måttlig minskning särskilt vad beträffar pH, men man måste då komma ihåg, att värdena är utjämnade genom medel-värdesbildningen. För juni - juli är den genomsnittliga minskningen ännu mindre, 0,02 - 0,03 mekv/l för alkalinitet och ca 0,1 pH-enhet. En månadsvis sammanställning av resultaten - vattenföring, alkalinitet och pH - har gjorts i figurerna 8 - 10.

Tabell 1. Simulerade medelvärden av vattenföring, alkalinitet och pH åren 1984-91 vid Klippen, uppdelade på 1 juni - 31 juli och resten av året.

Period	Nuv. regl.	1 ¹⁾	0,5 ²⁾	2 ¹⁾	0,5 ²⁾	5 ¹⁾	0,5 ²⁾
Q juni - juli	35	10		11		14	
Q augusti - maj	30		4,2		4,3		4,8
Alk juni - juli	0,10	0,06		0,08		0,10	
Alk augusti - maj	0,19		0,12		0,12		0,13
pH juni - juli	6,8	6,7		6,7		6,8	
pH augusti - maj	7,2		6,9		6,9		7,0

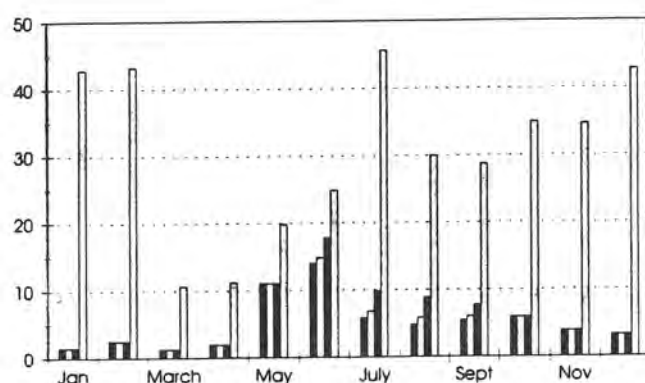
¹⁾ Gäller tiden 1 juni - 31 juli.

²⁾ Gäller resten av året.

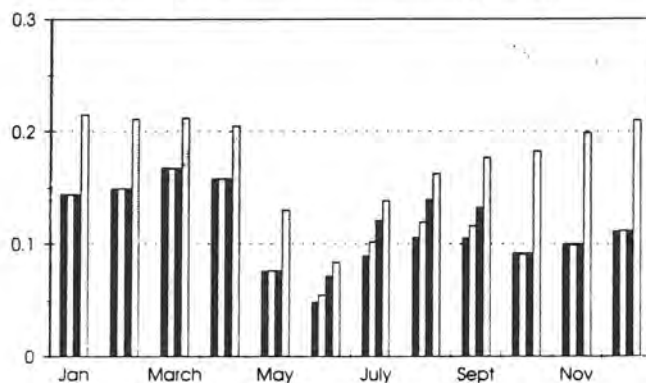
Viktigast är, som nämnts, att studera förändringarna i minimivärden i samband med vår-floden. I figurerna 11 - 13 har utdrag för juni - juli ur hela den simulerade perioden gjorts. Resultaten visar, att alkaliniteten minskar från årslägsta nuvarande värden på 0,05 - 0,06 mekv/l till 0,02 - 0,03 mekv/l, vilket motsvarar pH från 6,6 - 6,7 till 6,2 - 6,3.

Figur 13 visar att såväl med nuvarande reglering som med föreslagna tappningar hamnar man ofta i registret under pH 6,5. Skillnaden i minimivärden mellan olika tappningsalternativ är av storleksordningen 0,05 pH för mellan 1 och 2 m³/s och av storleksordningen 0,15 pH för mellan 2 och 5 m/s. Att öka till nuvarande reglering skulle ge ytterligare ca 0,15 enheter högre pH som lägsta värde.

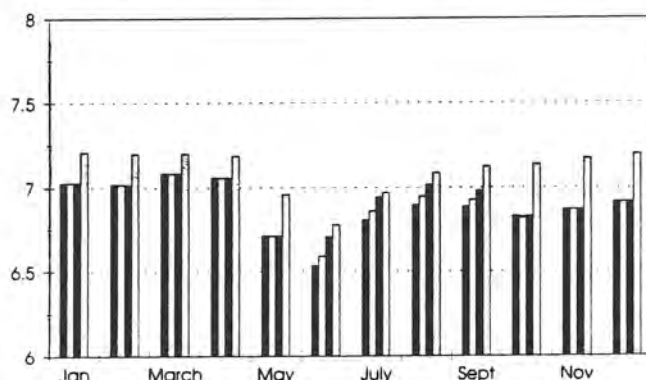
Av figurerna 11 - 13 kan också utläsas, att lägsta pH vissa år uppträder i gränsen mellan maj och juni. Sommartappningarna bör därför börja under maj månad, t ex den 15e maj.



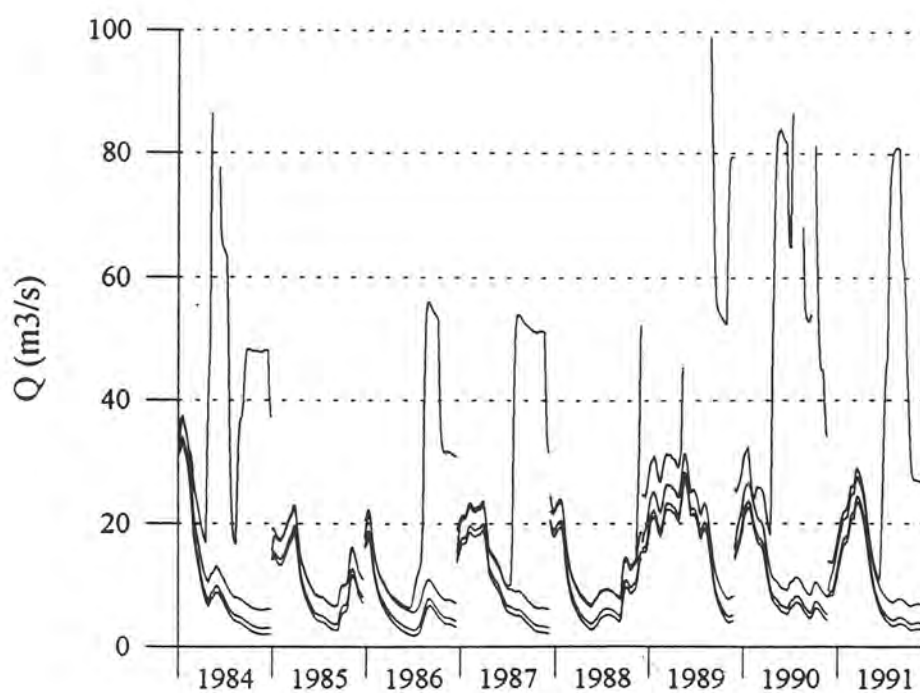
Figur 8. Vattenförling (m^3/s) vid Klippen, månadsmedel 1984-91. De tre första staplarna visar vattenförlingen med beräknade minimitappningar. 16 september - 31 maj är vattenförlingen från Överuman konstant $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. 1 juni - 15 september är den i ordningen 1, 2 och $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Den fjärde stapeln visar vattenförlingen med nuvarande reglering.



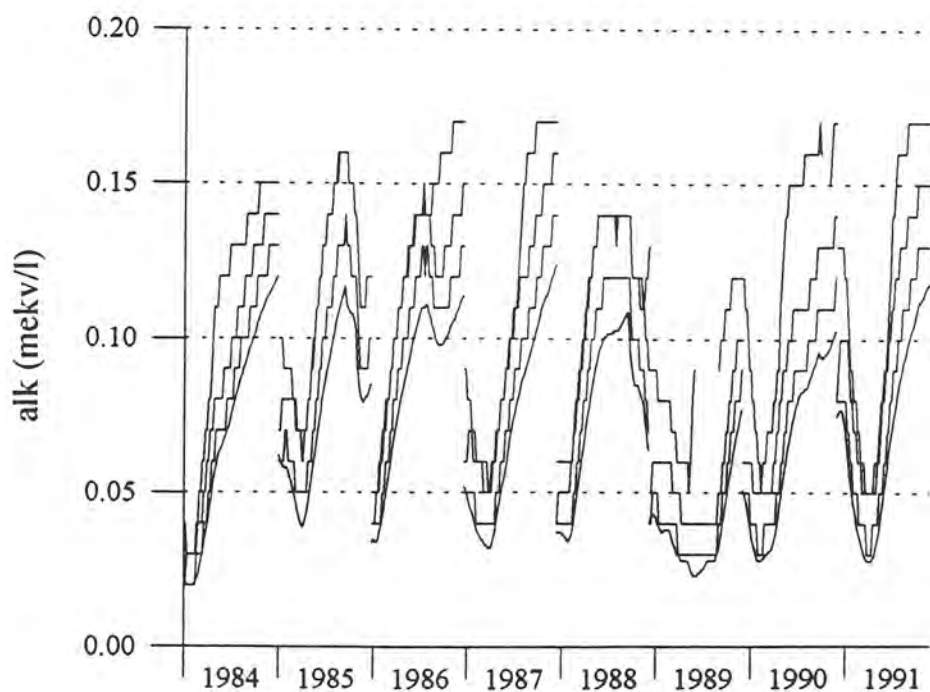
Figur 9. Alkalinitet (mekv/l) vid Klippen, månadsmedel 1984-91. De tre första staplarna visar alkaliniteten med beräknade minimitappningar. 16 september - 31 maj är vattenförlingen från Överuman konstant $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. 1 juni - 15 september är den i ordningen 1, 2 och $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Den fjärde stapeln visar alkaliniteten med nuvarande reglering.



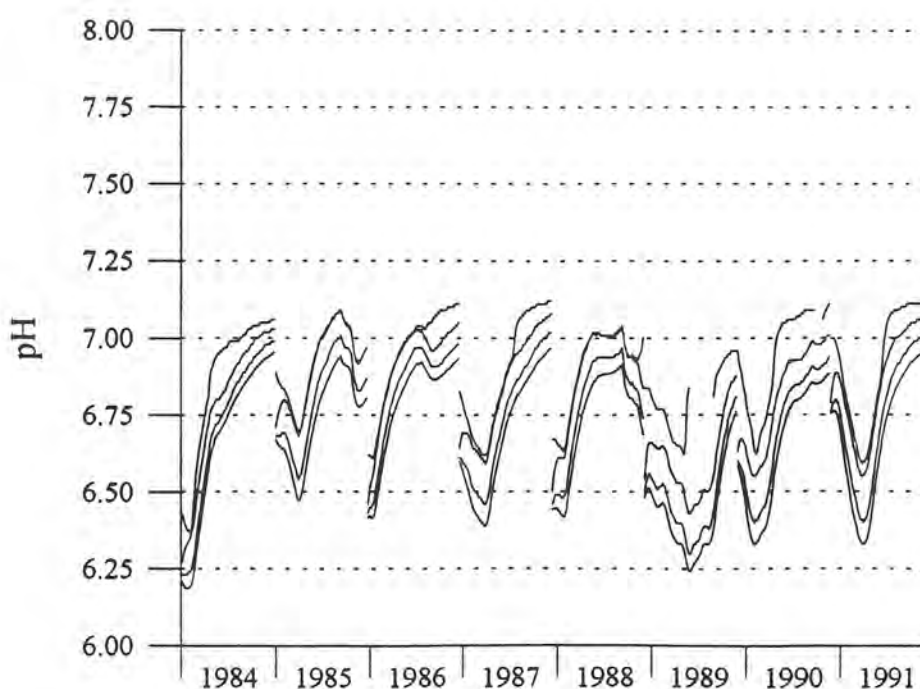
Figur 10. pH vid Klippen, månadsmedel 1984-91. De tre första staplarna visar pH med beräknade minimitappningar. 16 september - 31 maj är vattenförlingen från Överuman konstant $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. 1 juni - 15 september är den i ordningen 1, 2 och $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Den fjärde stapeln visar pH med nuvarande reglering.



Figur 11. Vattenförling vid Klippen, juni - juli 1984-91. Vid befintlig reglering och 5, 2 och 1 m³/s i ordning uppfifrån och ned.



Figur 12. Alkalinitet vid Klippen, juni - juli 1984-91. Vid befintlig reglering och 5, 2 och 1 m³/s i ordning uppfifrån och ned.



Figur 13. pH vid Klippen, juni - juli 1984-91. Vid befintlig reglering och 5, 2 och 1 m³/s i ordning uppifrån och ned.

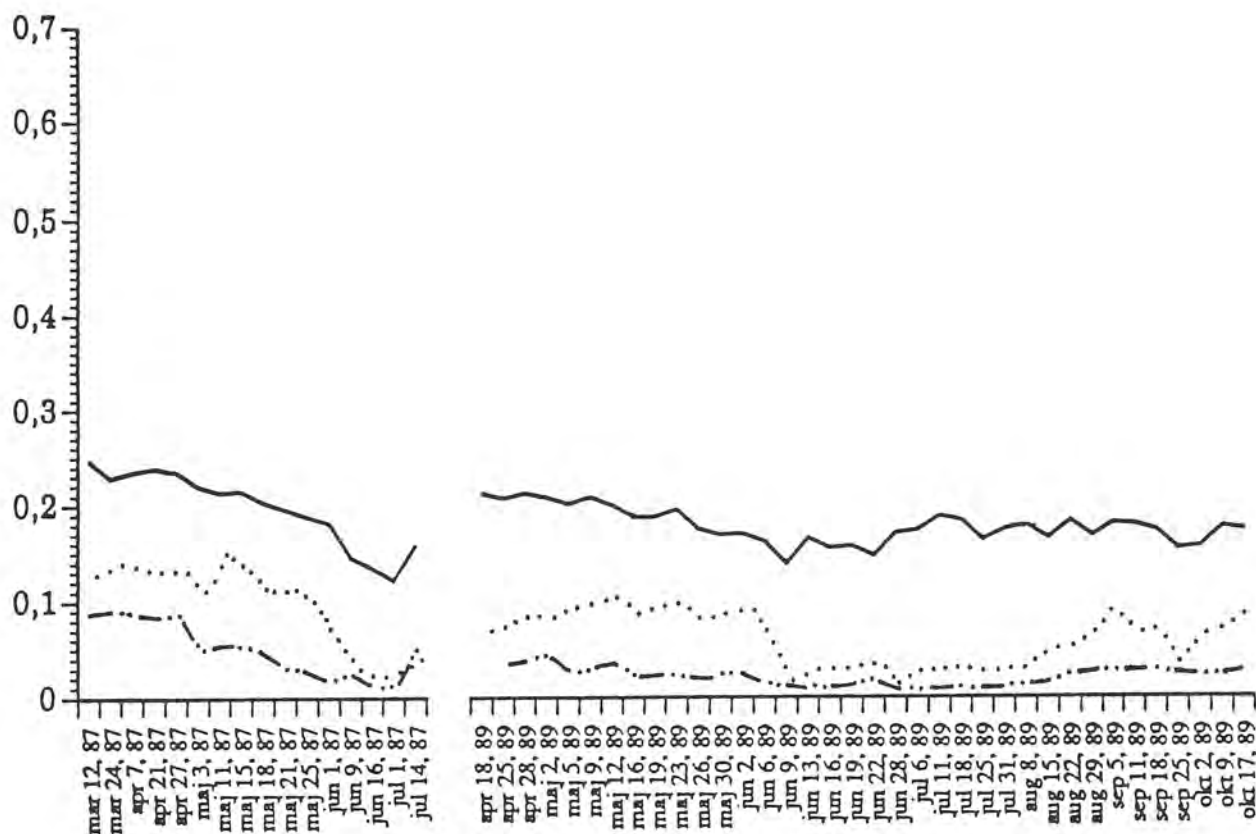
8. Diskussion

Utbyggnaden av Klippens kraftverk med åtföljande minimitappning kommer att medföra en minskning av alkalinitet och pH-värdena på älvsträckan Överuman-Klippen. Minimitappning på 2,0 m³/s från 1 juni till 15 september och 0,5 m³/s under resten av året har föreslagits. Modellsimuleringar av pH och alkalinitet har skett för tiden 1984-91 med 1, 2 och 5 m³/s under sommarmånaderna och 0,5 m³/s resten av året. Resultaten visar att alkaliniteten minskar från årslägst värden 0,05 - 0,06 mekv/l till 0,02 - 0,03 mekv/l, vilket motsvarar pH från 6,6 - 6,7 till 6,2 - 6,3. Lägsta värden förekommer emellertid vissa år redan i månadsskiftet maj - juni, varför sommartappningen bör börja redan i maj månad förslagsvis den 15e.

För reproduktion av laxartade fiskar är ett lägsta pH på runt 6,2 önskvärt [3]. Detta gränsvärde har tangerats vid åtminstone två tillfällen under den tämligen korta period, som simulerats, nämligen 1984 och 1990. Sett i ett längre tidsperspektiv är dessa år på intet sätt extrema, utan vattenföringar av denna storleksordning förekommer tämligen ofta. Jämförelse med närmaste ej reglerade mätstation vid Tängvattnet tyder på att så bör ha varit fallet minst 10 - 15 gånger sedan 1960. Högsta vattenföringen under simulerad period inträffade 1984. Sedan 1960 har lika högt flöde som 1984 inträffat fyra gånger tidigare. Högsta flöde 1984 vid Tängvattnet var 64 m³/s. Samtidigt simulerades alkaliniteten 0,02 och pH-värdet ca 6,2 vid Klippen. Högsta flöde 1960-92 i Tängvattnet inträffade 1980 och var 67 m³/s.

Överumans magasin innehåller vatten med en alkalinitetsnivå över nedanför liggande biflöden och kan därför betraktas som en stor alkalinitetsdepå (figur 14). Om man vill gardera sig mot en pH-sänkning under en viss nivå, kan man utnyttja alkaliniteten i denna depå. Enklast är att öka vattenföringen över en säker nivå, men man kan också reglera tappningen utgående från den naturliga vattenföringen i ett närliggande tillflöde, t ex Kvarnbäcken. Vid ett flöde i Kvarnbäcken över en viss nivå, som normalt inträffar i maj - juli, kan man således öka tappningen från Överuman till ett flöde, som man på förhand vet ger ett minsta pH vid Klippen. Flödesgränserna går att beräkna med hjälp av simuleringar.

Riktlinjer för tappningen från Överuman går att beräkna med hjälp av alkalinitetssimuleringar och som ett resultat av blandningen mellan vatten från Överuman och tillflöden på sträckan ned till Klippen.



Figur 14. Alkalinitet (mekv/l) vid Överuman (—),
Brakkojukke (— · — · — ·),
Kvarnbäcken (·····).

Slutord

Detta arbete har finansierats av Vattenfall HydroPower och SMHI gemensamt och utförts inom ramen för Vattenfalls projekt "Dimensionering av minimitappningar från miljö- och fiskesynpunkt".

9. Referenser

[1] Bergström m fl (1985)

Integrated modelling of runoff, alkalinity and pH on a daily basis.

Nordic Hydrology, Vol. 16, No.2.

[2] Carlsson m fl (1987)

PULS-Modellen. Struktur och tillämpningar.

SMHI Hydrologi nr 8.

[3] Sanner m fl (1993)

Kalkningsplanering i vattendragssystem med PULS-modellen.

Vatten, 49, 1, 17 - 23.

[4] Carlsson och Holmström (1991)

Kalkningsplanering av Ljustorpsåns avrinningsområde med hjälp av PULS-modellen. En utredning för Länsstyrelsen i Västernorrlands län.

SMHI, Norrköping.

[5] Carlsson och Bergström (1989)

Skinnmuddselets regleringsmagasin — påverkan på alkalinitet och pH i Gideälven. En utredning för Umeå Tingsrätt, Vattendomstolen.

SMHI, Norrköping.

SMHI HYDROLOGI

Nr	Titel
1	Bengt Carlsson Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena. Norrköping 1985.
2	Martin Häggström och Magnus Persson Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser. Norrköping 1986.
3	Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985. Norrköping 1986.
4	Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vatten- planering - Ett pilotprojekt. Norrköping 1986.
5	Martin Häggström Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985. Norrköping 1986.
6	Barbro Johansson Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt. Norrköping 1986.
7	Maja Brandt Areella snöstudier. Norrköping 1986.
8	Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström PULS-modellen: Struktur och tillämpningar. Norrköping 1987.
9	Lennart Funkquist Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar. Norrköping 1987.
10	Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet Application of the HBV model to Bolivian basins. Norrköping 1987.

- | Nr | Titel |
|----|---|
| 11 | Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet
Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.
Norrköping 1987. |
| 12 | Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov
De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.
Norrköping 1987. |
| 13 | Göran Lindström
Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.
Norrköping 1987. |
| 14 | Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.
Norrköping 1987. |
| 15 | Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.
Norrköping 1987. |
| 16 | Martin Häggström och Magnus Persson
Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser.
Norrköping 1987. |
| 17 | Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin
Skogsskador - klimat.
Norrköping 1987. |
| 18 | Maja Brandt
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser.
Norrköping 1987. |
| 19 | Martin Häggström och Magnus Persson
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser.
Norrköping 1988. |
| 20 | Todor Milanov
Frysförluster av vatten.
Norrköping 1988. |

Nr	Titel
21	Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin. Norrköping 1988.
22	Mats Moberg och Maja Brandt Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde. Norrköping 1988.
23	Martin Gotthardsson och Sten Lindell Hydrologiskt stationsnät. Svenskt Vattenarkiv Norrköping 1989.
24	Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca. Norrköping 1989.
25	Gun Zachrisson Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder. Norrköping 1989.
26	Martin Häggström Anpassning av HBV-modellen till Torneälven. Norrköping 1989.
27	Martin Häggström and Göran Lindström Application of the HBV model to six Centralamerican rivers. Norrköping 1990.
28	Sten Bergström Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989. Norrköping 1990.
29	Urban Svensson och Ingemar Holmström Spridningsstudier i Glan. Norrköping 1990.
30	Torbjörn Jutman Analys av avrinningens trender i Sverige. Norrköping 1991.

Nr	Titel
31	Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba. Norrköping 1991.
32	Erik Arnér Simulering av vårflöden med HBV-modellen. Norrköping 1991.
33	Maja Brandt Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven. Norrköping 1991.
34	Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland. Norrköping 1991.
35	Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst. Rapport från studieresa i USA 1991-04-22--30. Norrköping 1991.
36	Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman Hydrologiska stationsnät/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv. Norrköping 1992.
37	Maja Brandt Skogens inverkan på vattenbalansen. Norrköping 1992.
38	Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB). Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv. Norrköping 1992.
39	Sten Lindell Realtidsbestämning av arealnederbörd. Norrköping 1993.
40	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken. Under utgivning.

Ne	Titel	H 5
41	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet. Under utgivning.	
42	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön. Norrköping 1993.	
43	Svenskt Vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet. Under utgivning.	
44	Martin Häggström och Jörgen Sahlberg Analys av snösmältningsförlopp. Norrköping 1993.	
45	Magnus Persson Utnyttjande av temperaturens persistens vid beräkning av volymspro- gnoser med HBV-modellen. Norrköping 1993.	
46	Göran Lindström, Joakim Harlin och Judith Olofsson Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer. Norrköping 1993.	
47	Bengt Carlsson Alkalinitets- och pH-förändringar i Umeälven orsakade av minimitapp- ning. Norrköping 1993.	



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.