

VATTENFÖRINGSBESTÄMNING VID VATTENUNDERSÖKNINGAR



SMHI/Naturvårdsverket

VATTENFÖRINGSBESTÄMNING VID VATTENUNDERSÖKNINGAR

Grafisk formgivning: Informationssektionen vid SMHI
Foto: Gunnar Larsson
Illustrationer: Agneta Lindblad
ISBN 91-38-05055-2
LF/ALLF 177 79 001
Tryck: Bratts Tryckeri AB, Jönköping 1979

Innehållsförteckning

	Sid
1. Förord	5
2. Inledning	7
3. Vattenföringsbestämning	9
3.1 Vattenföring – några begrepp	9
3.2 Metoder för vattenföringsbestämning	12
3.2.1 Inledning	12
3.2.2 Direkta metoder	13
3.2.2.1 Volym-tidmetoder	13
3.2.2.2 Metoder med flyglar m m (strömhastighetsmätare)	14
3.2.2.3 Flottörmeter	16
3.2.2.4 Utspädningsmetoder	17
3.2.2.5 Övriga metoder	19
3.2.3 Indirekta metoder	19
3.2.3.1 Naturlig bestämmande sektion	19
3.2.3.2 Anlagd mätsektion	22
3.2.3.3 Kraftverk, dammar o d	23
3.2.3.4 Analogibestämningar	26
3.2.4 Sammanfattning	29
3.3 Tillgång på vattenföringsuppgifter	30
3.3.1 SMHI:s hydrometriska verksamhet	30
3.3.2 Kraftverks- och vattenregleringsföretags hydrometriska verksamhet	30
3.3.3 Övrig hydrometrisk verksamhet	30
4. Vattenundersökningar – anspråk på vattenföringsinformation	32
4.1 Inledning	32
4.2 Analysernas tillförlitlighet	32
4.3 Vattenprovens representativitet	33
4.3.1 Tidsvariationer	33
4.3.2 Rumsvariationer	34

4.4	Anspraak på vattenföringsinformationen vid några olika undersökningar	Sid 36
4.4.1	Undersökningar av engångskaraktär	36
4.4.1.1	Vattendragsundersökningar	36
4.4.1.2	Sjöundersökningar	38
4.4.2	Undersökningar av regelbunden karaktär	39
4.4.2.1	Vattendragsundersökningar	39
4.4.2.2	Sjöundersökningar	42
5.	Litteraturförteckning	45

Bilagor	47
1. Ordförklaringar	48
2a. Volym – tidmetoden	51
2b. Flygelmätning (stångflygel)	53
2c. Ytflottörmätning	67
2d. Inrättande av vattenföringsstation	70
3. Vattenföringsinformation vid SMHI	90
4. Transport av lösta ämnen i vattendrag	106

1. Förord

Vid sammanträde 1973-04-09 mellan generaldirektörerna för SNV och SMHI angående långsiktig planering och arbetsfördelning emellan de båda verken tillsattes en kontaktgrupp för den fortsatta verksamheten. Kontaktgruppen hade sitt första sammanträde 1973-10-04, varvid PM 1973-03-27 inför generaldirektörmötet genomgicks. Punkt 3.9 i denna PM lyder:

"Naturvårdsenheterna på länsstyrelserna liksom vattenvårdsförbunden upprättar i växande grad vattenprovtagningsstationer i vattendragen. Ofta men inte alltid har man vid planeringen härav haft kontakt med SNV. När det gäller Mälaren och Vänern bedriver NLU motsvarande verksamhet. Då mätstationernas ändamål är att bestämma transporter av olika ämnen med vattendraget är vattenföringen en parameter som också måste bestämmas (ibland önskas även bestämning av vattenstånd och vattenhastighet). SNV, NLU samt vissa vattenvårdsförbund och naturvårdsenheter har tagit kontakt med SMHI för att diskutera vattenföringsbestämningen. Denna är förknippad med stora problem, då en vattenföringsstation i varje provtagningspunkt ställer sig mycket dyrbart och låter sig – i kanske hälften av fallen – inte heller inrättas på grund av härför olämpliga hydrologiska-geografiska förhållanden.

Frågan om vattenföringsbestämningen borde lösas principiellt och generellt för landet, t ex genom en samarbetsgrupp mellan SNV och SMHI. Därefter kunde naturvårdsenheterna och vattenvårdsförbunden osv få direktiv eller rekommendation beträffande vattenföringsbestämningen vid provtagningsstationerna".

Med anledning av innehållet i denna punkt beslöt kontaktgruppen tillsätta en arbetsgrupp för studium och utredning i ärendet. I gruppen skulle ingå Göran Sprinchorn, SMHI och Sven Rosén, SNV. Dessa skulle i sin tur utse gruppens övriga medlemmar. Gruppen i sin helhet har fått följande sammansättning:

Göran Sprinchorn	SMHI, ordf
Sven Rosén	SNV
Kjell Johansson	SNV
Folke Plejmark	Länsstyrelsen i Västmanlands län
Sture Larsson	Länsstyrelsen i Södermanlands län
Ulf Lettevall	Länsstyrelsen i Kronobergs län, adjungerad
Björn Theorin	Länsstyrelsen i Gävleborgs län
Inge Olsson	SMHI, sekr

Målsättning

Målsättningen för gruppens arbete har varit att ge en vägledande information i frågor rörande vattenföringsbestämning i samband med provtagnings- eller undersökningsverksamhet i våra sjöar och vattendrag. I första hand väntas personal vid länsstyrelser, kommuner och vattenvårdsförbund få användning av arbetet, men även fiskeri- och lantbruksorganisationer, universitet, högskolor, industrier och konsulter kan komma ifråga.

Ovanstående målsättning innebär att gruppen vänder sig både till undersökningsledare och provtagare. Avsikten är att dessa med stöd av föreliggande information skall få en bättre möjlighet att

- ☐ formulera anspråken på vattenföringsuppgifter för en speciell vattenundersökning
- ☐ avgöra med vilken metod vattenföringsbestämningen bör ske och hur informationen lättast skall erhållas
- ☐ utföra enklare vattenföringsbestämningar på egen hand eller avgöra om specialist behöver anlitas.

Innehåll

Arbetets tyngdpunkt utgörs av en redogörelse för tillgängliga metoder för vattenföringsbestämning. Metoderna beskrivs mer eller mindre ingående beroende på metodens användbarhet vid vattenundersökningar. Samtidigt redogörs för vissa hydrologiska begrepp samt för hur och var vattenföringsuppgifter kan erhållas.

Vid en vattenundersökning är det väsentligt att fastställa vilka vattenföringsuppgifter som bör ingå och med vilken noggrannhet de måste bestämmas. Det är ofta ändamålsenligt att anpassa dessa önskemål till fordringarna på övriga parametrar i undersökningen. Att behandla frågor om vattenundersökningar och vattenkvalitet i sin helhet faller emellertid utanför ramen för detta arbete. Frågor om vattenkvalitetsbestämningars tillförlitlighet har dock berörts i begränsad omfattning.

Arbetet kan således inte ge ett uttömmande svar på vilka anspråk på vattenföringsinformation som uppkommer vid varje undersökningstillfälle. För att i någon mån ge problemet en konkret belysning behandlas några exempel på vattenundersökningar.

I texten hänvisas ibland till lämplig litteratur genom angivande av referensnummer, vilka återfinns i litteraturförteckningen sist i skriften.

Vissa frågor behandlas i bilagor. Här återfinns ordförklaringar till uttryck som inte behandlas i huvudtexten, instruktioner för vissa vattenföringsbestämningssmetoder, en närmare beskrivning av den verksamhet vid SMHI som berör vattenföringsbestämning samt en kortfattad information beträffande beräkning av transport och val av provtagningsplats i samband härmed.

2. Inledning

Förändrad och ökad användning av vattentillgångarna medför ökade kvantitets- och kvalitetskrav på våra sjöar och vattendrag. I takt härmed framträder också krav på vidgad kunskap om våra vattenresurser. Kunskapen kan bli gälla ett vattens tillstånd, dess funktion och dess reaktion på olika slags utnyttjande. Härigenom kan bli bättre prognoser göras beträffande följderna av ändrade belastningsförhållanden. Behovet av vattenresursplanering blir också alltmer påkallat inom stora delar av landet.

Vattenundersökningar i vidsträckt bemärkelse inbegriper egentligen undersökningar i vatten av alla tänkbara slag. Nedan avses dock endast vattenundersökningar, där det finns behov av vattenföringsinformation i någon form, dvs undersökningar i sjöar och vattendrag.

Den undersökningsverksamhet som sedan länge pågått i våra vatten har kommit till stånd av i huvudsak två skäl. Det ena har varit behovet av att utnyttja vattnet i naturen som råvara, vars kvalitet och kvantitet man undersökt. Det andra har varit strävan efter ökad allmän kännedom om vattnen genom naturvetenskapliga studier. När det blivit uppenbart hur lätt vattnets tillstånd förändrades vid utnyttjande av olika slag, kom vattenundersökningarna alltmer att inriktas på parametrar (variabler) som beskriver förändringarna. Dessa uttrycks lättast i undersökningar över vattnets kvalitet, där valet av parametrar kan variera starkt mellan olika undersökningar, beroende på syftet med undersökningen och vattenområdets karaktär. Ofta behövs information om vattenföringsförhållandena i dessa undersökningar.

En stor del av de vattenprovtagningar som idag sker i våra sjöar och vattendrag utförs inom ramen för något recipientkontrollprogram vanligtvis till följd av beslut enligt miljöskyddslagen eller i vissa fall enligt vattenlagen.

Ett kontrollprogram kan ibland omfatta en mycket begränsad del av ett vattenområde. Strävan är emellertid att så långt som möjligt åstadkomma samordnade program för större delar av eller för hela avrinningsområden. Erfarenheten visar att vattenföringsuppgifter bör komma med i större utsträckning än vad som hittills varit fallet. Kännedom om vattenföringen utgör grunden för en beräkning av materialtransporten från olika källor t ex jord, skog, tätort och industri. Vetskap om de olika föroreningskällornas procentuella andel av den totala årsbelastningen är självfallet ett viktigt led i vattenvårdsplaneringen. På

vissa recipientsträckor kan behovet av övervakning vara så starkt att automatisk vattenkvalitetskontroll införs (monitoring), varvid ett fåtal parametrar kontinuerligt registreras. Sådan kontroll bör kombineras med samtidig registrering av vattenföringen.

Förutom kontrollen av pågående vattenanvändning måste också andra undersökningar utföras. I takt med att våra ytvattenresurser utnyttjas för allt flera ändamål och en ökad luftburen påverkan genom nedfall gör sig alltmer gällande, sker vissa förändringar av det naturliga tillståndet i många sjöar och vattendrag, vilket kan innebära att deras kvalitet försämras. Behovet av en vattenresursplanering ökar därmed kraftigt – en planering som inte endast skall omfatta recipienter utan alla ytvatten. Sådan planering måste baseras på inventeringar av olika slag.

Förhållandevis stora vattenundersökningar kan utföras av t ex vattenvårdsförbund som ett led i en vattenvårds- eller vattenresursplanering för ett vattenområde eller vanligtvis ett helt avrinningsområde. Oftast har sådana undersökningar vuxit fram på grund av en hotande föroreningssituation eller minskande tillgång på rent vatten. Vattenvårdsplaneringen syftar till att söka bibehålla det mer eller mindre opåverkade tillståndet hos vissa vattenområden, medan andra måste avlastas så att inte den framtida användbarheten spolieras. Vattenresursplaneringen innebär däremot en total planering av vattnets vård och användning för det aktuella området. För en sådan hushållningsplan är vattenföringsuppgifter nödvändiga.

Vattenundersökningar kan också vara av mera tillfällig, orienterande natur med ett eller ett fåtal provtagningstillfällen. Syftet kan här vara att få en ögonblicksbild eller ett allmänt begrepp om situationen inom en mer eller mindre begränsad del av ett vattenområde. Vattenföringsuppgifter erfordras för utvärdering och bedömning av den aktuella situationen.

Det är således som regel lika viktigt med vattenföringsinformation vare sig undersökningen görs i kontrollsyfte eller som ett led i en planeringsverksamhet.

3 Vattenföringsbestämning

3.1 Vattenföring – några begrepp

Vattenföring definieras enligt Tekniska Nomenklaturcentralen som "flöde av vatten genom en sektion i ett vattendrag; anges i volym per tid, t ex m^3/s ". Vattenföringen utgör den kanske väsentligaste parametern när det gäller att karakterisera ett vattenområde. Uttrycket vattenföring används främst i samband med öppna vattendrag och vissa vattenbyggnader såsom kanaler och tunnlar. Som synonym till vattenföring används för luckor och utskov ofta begreppen *avbördning* och *tappning* samt uttrycket *flöde* i samband med turbiner, pumpar, ledningar och rör.

Det brukligaste är att uttrycka vattenföringen i m^3/s (kubikmeter per sekund). I små vattendrag används ibland sorten l/s (liter per sekund; dm^3/s). För speciella ändamål kan det ofta vara bättre att använda andra volyms- eller tidsmått, t ex m^3/h (kubikmeter per timme) eller $\text{hm}^3/\text{år}$ (kubikhektometer per år = miljoner kubikmeter per år; även $\text{M}(\text{m}^3)/\text{år}$). Omräkningar mellan olika sorter är enkla att utföra.

Vattenföringen i ett vattendrag uppvisar stora variationer. Det är därför nödvändigt att precisera varje vattenföringsuppgift i rum och tid. Rumsangivelsen, dvs den avsedda sektionens läge i vattendraget sker med en hänvisning till någon företeelse som ej kan förväxlas, t ex bro, tillflöde, mynning. Beträffande vattenföringens rumsvariation kan det påpekas att vattenföringen i praktiken ofta är densamma på en lång sträcka av vattendraget (i flera sektioner). Något förenklat uttryckt kan vattenföringen i ett vattendrag sägas öka språngvis från källan till havet för varje tillflöde som tillkommer, men inte ändras nämnvärt mellan tillflödena (fig 1).

Om rumsvariationen vanligen är okomplicerad och lätt att precisera kan variationen i tid i många fall vara mera oregelbunden, komplicerad och omständlig att beskriva (fig 2). Den vanligaste tidsperioden för angivande av vattenföring är dygnet. Vattenföringens *dygnsvärde* ligger också till grund för praktiskt taget all databearbetning och statistiklagring. Dygnsvärdet, dvs medelvärdet på vattenföringen under dygnet, anges i l/s (dm^3/s) eller m^3/s men skulle egentligen enklare kunna anges i m^3/d . Det har dock ur bland annat bearbetningssynpunkt stora fördelar att genomgående använda sekunder som tidsmått.

Under vissa omständigheter, främst i små vattendrag eller där korttids-

reglering förekommer, kan så stora variationer hos vattenföringen uppträda under dygnet att dygnsvärdet inte ger tillräcklig information. För att belysa variationerna i sådana fall kan i stället *timvärden*, dvs vattenföringens timmedelvärde anges. För vissa ändamål kan det dock vara tillräckligt med vattenföringens medelvärde under veckan, månaden eller till och med året. Exempelvis kan *veckovattenföringen* vara den mest lämpliga uttrycksformen då det gäller bedömningen av vattentillgången i ett korttidsreglerat vattendrag. Denna typ av vattenföringsvärden, som svarar på frågan hur stor vattenföringen var (är, blir) en viss speciell timme, dygn, vecka, månad eller år, kan betecknas *aktuella värden*. För de aktuella värdena måste ovillkorligen anges vilka (eller vilken följd av) timmar, dygn osv som avses.

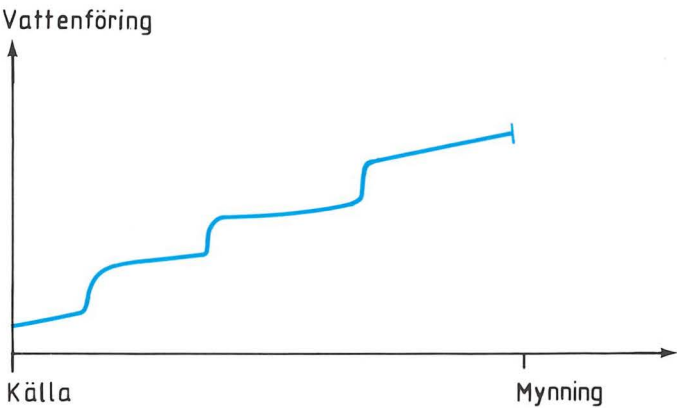


Fig 1. Vattenföringens variation längs ett vattendrag med biflöden.

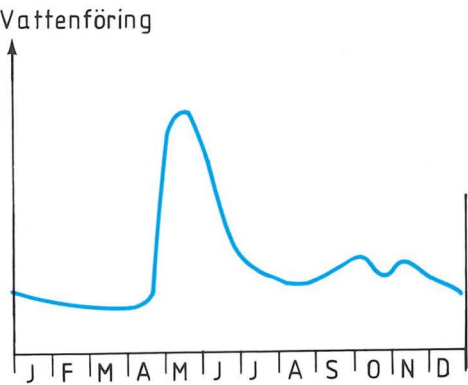


Fig 2. Vattenföringens variation under året i en norrlandsälv.

Om man har tillgång till vattenföringsvärden (dygnsvärden eller eventuellt veckovärden) från en period omfattande flera år, ger materialet möjlighet till studium av speciellt intressanta lågvatten- eller högvattenperioder. En lång serie av värden gör det också möjligt att jämföra vattenföringsvärden på skilda platser och i olika vattendrag, liksom att göra jämförelser med nederbörden.

Ett sätt att beskriva vattenföringens typiska variationer och som varit mest brukligt i Sverige är genom att beräkna *karaktäristiska värden* och *varaktighetsvärden*. Ett annat och internationellt mera brukligt sätt är att ange frekvensen av vattenföringar framför allt för högvatten- och lågvattenföringar.

För beräkning av karaktäristiska värden eller frekvensberäkning fordras i regel minst en 30-årig serie. En 30-årig serie innebär dock ingen garanti för att värden beräknade från just den serien står sig i längden. Har man för avsikt att följa den långsiktiga utvecklingen måste observationerna därför fortsätta. Ju längre en serie är, desto större hydrologiskt värde har den.

Den mest använda av de karaktäristiska värdena är *medelvattenföringen* (MQ), dvs medelvärdet av alla värden under perioden. Medelvattenföringen är vanligen oberoende av eventuella regleringar och står i klart samband med nederbörden. Det högsta av alla värden under perioden benämnes *högsta högvattenföring* (HHQ) och det lägsta *lägsta lågvattenföring* (LLQ). Medelvärdet av varje års högsta värde benämns *medelhögvattenföring* (MHQ) och medelvärdet av varje års lägsta värde *medellågvattenföring* (MLQ). Karaktäristiska vattenföringar baseras normalt på dygnsvärden, men kan ibland avse momentant värde.

En kompletterande bild av vattenföringens variationer får man genom att bilda månadsvärden och veckovärden över långa perioder. Definitioner av bl a de karakteristiska värdena återfinns i bilaga 1.

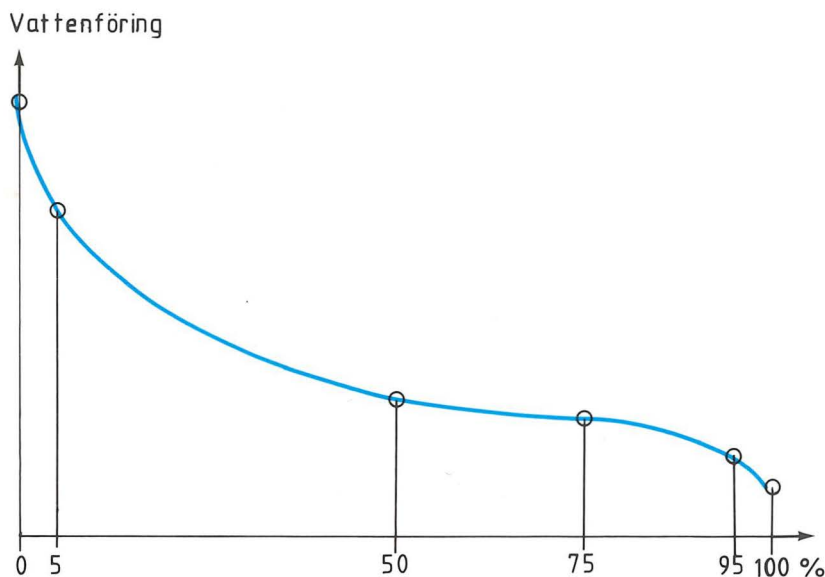


Fig 3. Varaktighetskurva.

Frekvens och *varaktighet* används i olika hydrotekniska sammanhang. Med frekvens avses ofta antal dagar av ett år eller en följd av år som vattenföringen legat inom ett visst vattenföringsintervall. Frekvens kan också avse återkomsttid, t.ex. 1:100 (=1 gång på 100 år). Med varaktighet avses vanligen det antal dagar av ett år eller i medeltal av en följd av år, absolut eller procentuellt, som vattenföringen varit lägst ett visst värde.

Vid uppritning av en *varaktighetskurva* (fig 3) anges vanligen tiden i procent. Det allra lägsta värdet har en varaktighet av 100% och högsta värdet har varaktigheten 0%. Ur diagrammet kan avläsas vattenföringsvärdena vid olika varaktigheter. Ett värde med 75% *varaktighet* innebär att vattenföringen under 75% av den studerade perioden varit lika med eller högre än det angivna värdet. Det betecknas ofta 75% Q. Varaktighetsvärdena kan också beräknas direkt från siffermaterialet utan att kurvan uppritas. Varaktighetskurvor och -värden används ofta vid värdering av olika ingrepp i vattendrag. Vanliga begrepp är vattenföringsvärden med 5, 25, 50, 75 och 95% *varaktighet*. Varaktighetsvärden kan också bildas för till exempel sommarhalvår och vinterhalvår för sig och även för olika månader.

3.2 Metoder för vattenföringsbestämning

3.2.1 Inledning

Föreliggande avsnitt avser att ge en bild av vilka metoder för bestämning av vattenföringar som står till buds och ge en kortfattad beskrivning över deras användningsområden, kostnader och tillförlighet. Översikten gör ej anspråk på att vara fullständig eftersom nya metoder ständigt utvecklas. Vissa metoder kan icke anses praktiskt användbara för närvarande och beskrivs därför endast summariskt. Vissa av metoderna bör efter viss praktiskt utbildning kunna användas i samband med vattenprovtagningar, varför praktiska instruktioner ges i bilagor. Mot slutet av avsnittet ges en sammanfattande tabell över de viktigaste metoderna. I sammanfattningen lämnas också hänvisning till lämplig litteratur.

Tyvärr är det ej så att man för varje given vattendragssträcka av viss karaktär snabbt kan avgöra med vilken metod vattenföringen skall bestämmas. Det fåtal användbara metoder, som står till buds, ställer tvärtom i praktiken ofta stränga krav på vattendragets utseende. Dessutom har en vattenundersöknings målsättning i hög grad betydelse för metodvalet.

De olika metoderna har beskrivits i avsikt att ge undersökaren hjälp att välja tillvägagångssätt för att få fram nödvändiga vattenföringsdata vid en speciell undersökning. Vid vissa undersökningar krävs kanske endast en ögonblicksbild över vattenföringen vid ett eller några få tillfällen, medan andra undersökningar kan kräva regelbundet återkommande bestämningar, kanske en gång per vecka. Andra undersökningar kan innebära behov av en ingående kännedom om vattendragets hydrologiska förhållanden. Statistiska bearbetningar på insamlat material kan också bli aktuella.

En följd av metodernas varierande användbarhet och av att behovet av hydrologiska data kan variera inom så vida gränser, blir att sättet att ta fram uppgifterna blir olika från fall till fall. Exempelvis kan det för en enkel bedömning av vattenföringen vid en viss punkt vid ett enstaka tillfälle vara tillräckligt att mäta hastigheten på en i vattendraget ikastad trästicka, medan för en bedömning

av medelavrinningen för punkten ifråga kan krävas information insamlad under många år från en vattenföringsstation eller ett nät av vattenföringsstationer. I det förstnämnda fallet mäter man alltså upp vattenföringen mera direkt medan man i det senare fallet utnyttjar olika mer eller mindre komplicerade samband. På grund av dessa förhållanden har de olika metoderna i översikten nedan indelats i direkta och indirekta metoder.

Med *direkta metoder* avses metoder varmed man direkt på platsen vid ett visst tillfälle mäter någon variabel varur vattenföringen vid tillfället kan beräknas. Mätproceduren måste upprepas för varje tillfälle som ett värde önskas.

Med *indirekta metoder* avses metoder där man normalt efter en serie vattenföringsmätningar observerar en lättare mätbar variabel (t ex vattenstånd) varefter vattenföringen vid observationstillfället kan bestämmas genom givna samband.

Direkta metoder (Mätning)

- ☐ Volym-tidmetoder
- ☐ Metoder med flyglar m m
- ☐ Flottörmeter
- ☐ Utspädningsmetoder
- ☐ Övriga metoder

Indirekta metoder (Beräkning)

- ☐ Naturlig bestämmande sektion
- ☐ Anlagd mätsektion
- ☐ Kraftverk, dammar o dyl
- ☐ Analogibestämningar

De i fortsättningen angivna kostnaderna har beräknats efter vissa förutsättningar. Sålunda representerar de prisläget i januari 1979. Beträffande arbetskostnader har räknats med timkostnaden 70:-/tim. Resekostnader har ej medtagits för direkta metoder, medan de vid de indirekta metoderna ingår som en mera naturlig del av anläggnings- och driftskostnader. Schablonmässigt uppskattade resekostnader har därefter medtagits för sistnämnda metoder. I sammanfattningen ingår en jämförande tabell över kostnaderna per framtaget vattenföringsvärde för de olika metoderna.

3.2.2 Direkta metoder

3.2.2.1 Volym-tidmetoder

Den enklaste och mest använda varianten av metoden går ut på att samla upp vattnet i en behållare med känd volym och mäta tiden för fyllning av behållaren (fig 4). Vattenföringen (Q) kan då beräknas som kvoten mellan volym (V) och tid (t). Formeln kan anges som

$$Q = \frac{V}{t}$$

Metoden används i praktiken endast för vattenföringar mellan 0 och ca 15 l/s. Den är lättast att använda vid sådana sektioner där man får en fri och koncentrerad vattenstråle. Om en damm från början byggts för kalibrering enligt denna metod kan dock högre vattenföringar komma ifråga.

Den utrustning, som krävs för att använda metoden, utgörs endast av tidtagarur och en lämplig behållare i storleksordningen 10–300 l. I bilaga 2a ges råd beträffande praktiska frågor i samband med användande av metoden.

Man kan räkna med fel i bestämningen på mellan 3 och 20%. Felet är i första hand beroende av förhållandet mellan det använda kärlets volym och den framrinnande vattenföringen storlek eller med andra ord den tid det tar att fylla kärlet.

Om man förutsätter att avledning av vattnet ej behöver ske och mätplatsen är iordningställd i förväg kan metoden utföras av en till två personer under en timme till en kostnad av ca 120 kr.

En intressant variant av volym-tidmetoden kan i vissa fall den s k *magasinsmetoden* vara. Genom att mäta vattenståndsändringarna i ett magasin med känd area under viss tid kan vattenföringen från magasinet beräknas. I praktiken är det ofta skillnaden mellan tillrinning och avrinning som mäts. Mätningen utförs då i två omgångar varvid man i ena omgången endast bestämmer den tillrinnande vattenmängden. Detta sker genom att vattenframrinningen avstängs helt under denna del av mätningen. I den andra omgången mäts vattenstånds-förändringarna i magasinet vid den vattenframrinning som skall bestämmas. Genom en enkel beräkning erhålls så vattenföringen. Metoden synes kunna få ökad användning då det gäller mindre kraftverksmagasin, avloppsreningsverk, vattenverk och slussar.

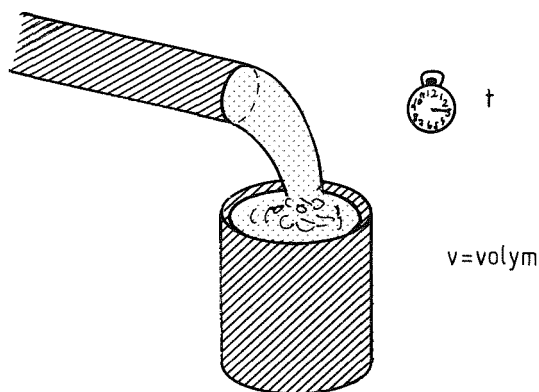


Fig 4. Volym – tidmätning.

3.2.2.2 Metoder med flyglar m m (strömhastighetsmätare)

Metoder av detta slag innebär att vattenhastigheten mäts i ett antal punkter i en tvärsektion av vattendraget (fig 5) varefter vattenföringen erhålls som en produkt av hastigheten och tvärsnittsarean. (Mestadels erhålls produkten genom någon form av integrering).

Propeller- eller rotorströmmätare (flyglar) är vanligast när det gäller fältmätning i vattendrag.

För att flygelmätningar skall kunna utföras erfordras oftast vattenhastigheter mellan 0,2 och 2,0 m/s. En god flygelmätning kräver dessutom jämna strömförhållanden (inga virvlar o d) samt jämn sektion med ringa vegetation.

Vid flygelmätning kan vattenhastigheterna i olika punkter i mätsektionen bestämmas genom att vattenhastigheterna i stort sett är proportionella mot flygelns rotationshastigheter. Sektionsarean uppmäts under mätningens gång. Olika sätt finns att fixera flygeln på önskade punkter i sektionen. Vanligast är att vid relativt små vattenföringar anbringa den på en stång (stångflygel) och att vid större vattenföringar låta den hänga i lina (hängflygel). Stångflygel-mätning i mindre vattendrag kan utföras av provtagaren efter viss praktisk

utbildning, medan flygelmätning i större vattendrag, framför allt av säkerhetsskäl, bör anföras åt specialister (stor erfarenhet krävs vid genomförandet).

Det praktiska tillvägagångssättet vid stångflygelmätning beskrivs i bilaga 2b.

Beräkningen av vattenföringen från en konventionell flygelmätning kan exempelvis ske på grafisk väg vilket närmare beskrivs i bilagan. Vid flygelmätning ligger felet på 5–15%.

En flygelmätning kan bli av mycket varierande omfattning både vad beträffar medhavd utrustning och tidsåtgång, främst beroende av mätställets beskaffenhet och typ av mätning. En mindre stångflygelmätning kan utföras av en till två man under några timmar med hjälp av en enkel flygelutrustning till en kostnad – förutom instrumentkostnader – av ca 300 kr, medan en större hängflygelmätning, där mera komplicerad utrustning kommer till användning och där medverkan av specialister krävs, kan erfordra flera man under en eller två dagar och kosta ca 1 200 kr eller i vissa fall mer.

En flygel kostar 5 000–10 000 kr i inköp och en kalibrering 500–1 000 kr. Kalibrering av flygel, vilket kan utföras vid SMHI, bör ske för ca var 20:e mätning eller åtminstone vartannat år. Detta betyder att kostnaderna för utrustningen för varje mätning kan beräknas uppgå till ca 130 kr.

Vid den i föregående stycken behandlade metoden mäts vattenhastigheterna i så många punkter som behövs för att säkerställa en god bestämning av hastighetsfördelningen (i regel omkring 40 punkter). Mindre besparingar kan ibland göras genom mätning i färre antal punkter, då man dock får räkna med att i många fall få sämre noggrannhet i resultatet. Sådana varianter av metoden används mest utomlands. Internationellt är *tvåpunktsmetoden* mest känd. Den innebär att hastigheterna mäts i två punkter (vid 2/10 resp 8/10) av djupet (ref nr 1).

Till strömhastighetsmätare räknas förutom propeller och rotorströmmätarna (flyglarna) även pendelströmmätare, pitotrör m fl vilka avkänner vattenström-
mens dynamiska tryck, samt varmtrådsinstrumenten där vattnets avkylande effekt utnyttjas.

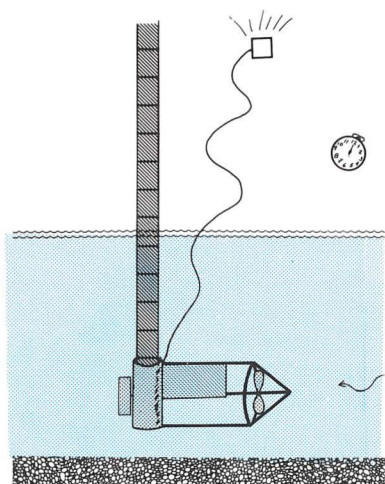


Fig 5. Flygelmätning.

3.2.2.3 Flottörmeter

Genom att observera den tid (t) det tar för ett föremål (flottör) att flyta med vattnet en viss, i förväg uppmätt sträcka (l) och genom att uppskatta eller uppmäta sektionsarean (A) kan vattenförlingen i ett vattendrag beräknas (fig 6). Flottören kan i enklaste fall bestå av en trästicka.

Flottörmeteroderna (eller egentligen ytflottörmeteroderna), som kan göras mer eller mindre enkla att utföra beroende på tillförlitlighetskravet, används i Sverige främst då det är fråga om grövre uppskattningar. Ett korregerat värde på den uppmätta maximala ythastigheten ($v_{\max}$) får då representera medelhastigheten för hela sektionen. Beräkningen kan åskådliggöras genom formeln

$$Q = k \cdot v_{\max} \cdot A$$

Konstanten (k) varierar i regel mellan 0,5 och 0,9.

Praktiska frågor, värden på koefficienten (k) med mera, beträffande ovan beskrivna metod behandlas i bilaga 2c.

Tillförlitligheten vid denna typ av mätning blir naturligtvis relativt dålig. Normalt kan man räkna med 30–70% fel. Om ythastighet och sektionsarea uppskattas visuellt får man räkna med vida större fel.

Den här beskrivna flottörmeteroden är relativt enkel att utföra av en eller två man och kräver ingen dyrbar utrustning. Dock kan kostnaderna variera kraftigt främst beroende på förhållandena på platsen och det mätsätt som används. För en liten mätning där tvärsektionen tidigare uppmätts kan kostnaden stanna vid ca 35 kr, medan den kan uppgå till ca 300 kr om båt behövs och tvärsektionen tidigare ej uppmätts.

I stället för att endast avkänna vattenhastigheten i ytskiktet kan man använda flottörer som också avkänner hastigheten på djupet. Man använder sig då av vertikalt flytande föremål (stavflottörer eller strömkors). I övrigt tillgår mätningen ungefär på motsvarande sätt som vid ytflottörmeteroden.

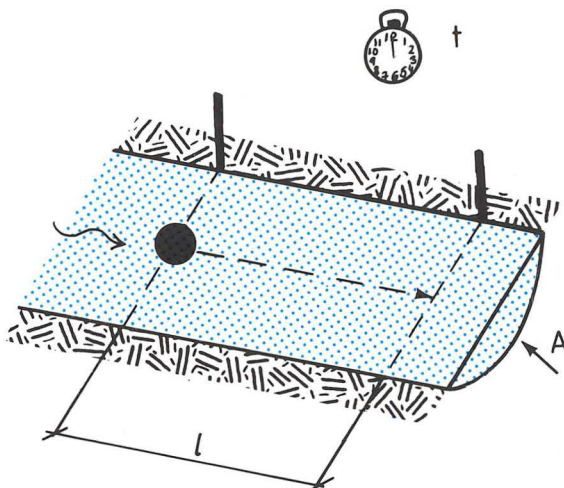


Fig 6. Flottörmätning.

3.2.2.4 Utspädningsmetoder

En lösning med känd koncentration tillförs vattendraget. På en plats nedströms, där ämnet fullständigt har omblandats med vattnet, mäts koncentrationen (fig 7). Med kännedom även om ämnets naturliga koncentration i vattendraget kan vattenföringen beräknas. Utspädningsmetoderna är av två huvudtyper, *kontinuerlig injektering* och *momentan injektering*. Vid den kontinuerliga metoden tillföres en konstant mängd/tidsenhet av spårämnet under viss tid, varefter koncentrationen mäts vid mätplatsen då den uppnått ett konstant värde. Vid metoden med momentan injektering tillföres däremot spårämnet momentant, varefter tids-koncentrationsförloppet vid mätplatsen klarlägges genom täta eller kontinuerliga provtagningar. Kontinuerlig injektering kräver färre mätningar och ger oftast säkrare resultat, medan momentan injektering under goda omständigheter är betydligt enklare att utföra.

Dessa metoder kan tyckas enkla att arbeta med då endast litet spårämne och några provrör skulle behövas. Vid praktisk användning kan dock metoderna ofta bli ganska komplicerade. Ifall exempelvis en provtagare skall kunna använda dem på ett sätt som ger honom vetskap om med vilken noggrannhet ett resultat erhålls erfordras goda kunskaper om metoderna och god träning. Metoderna har i vårt land hittills ej använts i så stor skala och undersökts på sådant sätt att tillräcklig erfarenhet bedömts föreligga för att utarbeta en för dessa sammanhang någorlunda enkel och praktisk tillämpbar instruktion. De fall där utspädningsmetoderna i praktiken kan konkurrera med andra metoder synes för närvarande vara ganska få. I framtiden kan de dock bli ett bra komplement i den hydrologiska mätverksamheten.

För ett godtagbart resultat krävs vanligen

- ☐ att mätsträckan är fri från holmar och har relativt raka stränder
- ☐ att mätsträckan är relativt fri från vegetation

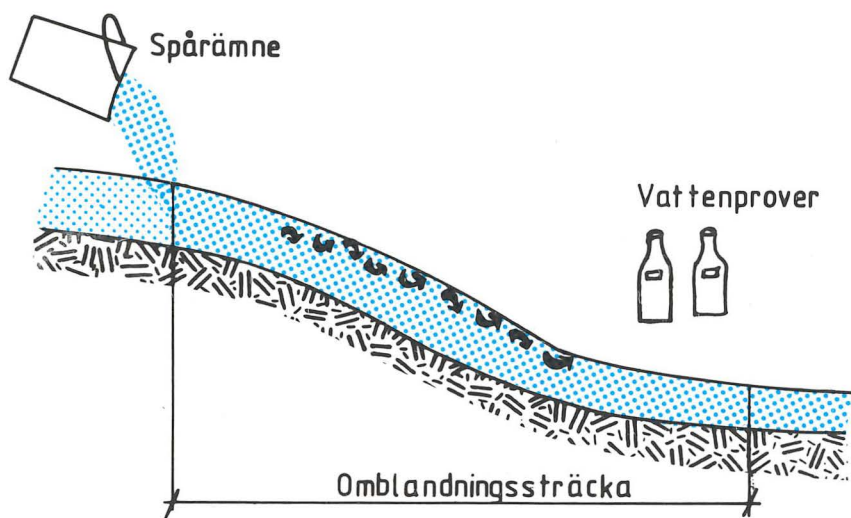


Fig 7. Mätning med utspädningsmetoden.

- ☐ att vattnet är starkt turbulent
- ☐ att vattnet ej är alltför nedsmutsat (gäller färgspårämnen)
- ☐ att spårämnet är konservativt i förhållande till omgivningen och vid mät-punkten har en lätt mätbar koncentration. Kännedom om ämnets eventuella "naturliga" koncentration i vattendraget är härvid en förutsättning
- ☐ att inga grund- eller ytvattentillflöden finns på mätsträckan
- ☐ att spårämnet kan tillföras och prover kan tagas på representativa platser. Upprepning av mätförfarandet är oftast nödvändig.

Kraven på vegetationsfrihet, turbulens och rent vatten kan ofta vara svåra att uppfylla. På en sträcka med vegetation fastnar en del av spårämnet i vegetationen på sträckan mellan injekteringspunkten och mätpunkten. För den i dessa sammanhang tänkta enkla metoden med momentan injektering blir det då omöjligt att veta med vilken noggrannhet som vattenföringen är bestämd, eftersom man ej vet hur stor del av spårämnet som fastnat i vegetationen. En dylik situation klaras genom att i stället använda metoden med kontinuerlig injektering. Spårämnesåtgången kan dock bli betydande med denna metod eftersom vegetationen först skall mättas. Spårämnesåtgången kan därför bli svår att beräkna på förhand.

Bland annat ovannämnda synpunkter leder fram till att användningen för närvarande av dessa metoder främst bör reserveras för tillfällen då andra metoder är svåra att tillämpa. Störst nytta av utspädningsmetoderna torde man ha då man behöver relativt goda mätningar och samtidigt har goda ekonomiska resurser härför. Mätningen bör då anförtros åt specialist. Ifall endast uppskattning av vattenföringen önskas, bör någon alternativ metod övervägas (exempelvis flottörmetoden).

Man kan som regel räkna med att det arbete som krävs för mätning med utspädningsmetoderna skall kunna utföras av 2 man under 2–5 timmar. Kostnaderna för mätning skulle därmed kunna hålla sig omkring 700–1 000 kr.

För utförligare information angående utspädningsmetoder hänvisas till litteraturförteckningen (bl a ref nr 1, 2, 6 och 7). Vissa synpunkter angående valet av provtagningsplats lämnas i bilaga 4.

Utspädningsmetoderna har sålunda sin största användning där flygelmätningar inte är lämpliga att utföra. Bäst passar metoderna för små och starkt turbulenta vattendrag. Spårämnesmängder och omblandningssträckor blir då måttligt stora (för natriumklorid och momentanmetoden rekommenderas ca 0,5 kg salt för varje m^3/s). Framgångsrika mätningar har dock utförts även i större vattendrag. Till de för närvarande bäst lämpade spårämnena hör natriumklorid, litiumklorid och rhodamin WT, men även natriumdikromat och fluorescein används. Rhodamin WT och fluorescein är starka färgämnen. Dessutom används radioaktiva spårämnen, exempelvis isotoperna jod 131 och brom 82. Radioaktiva spårämnen, liksom det tidigare nämnda ämnet natriumdikromat kan dock ibland vara olämpliga ur hälsosynpunkt. Metoden för koncentrationsanalyser varierar givetvis beroende på vilket spårämne som används.

Mätfelen vid spårämnesmätningar är svåra att fastställa, men rätt använd bör felen vid momentan injektering i de flesta fall ej överstiga 10–30%. Motsvarande värde för kontinuerlig injektering kan tänkas ligga på ca 5–15%. Undersökningar som visar på större tillförlitlighet har sannolikt varit av mera experimentell karaktär.

3.2.2.5 Övriga metoder

Vid "*luftbubbelmetoden*" läggs en slang med munstycken för utsläpp utefter botten tvärs över vattendraget. Luft pumpas in i slangen, så att luftbubblor släpps ut. Dessa stiger sedan upp till vattenytan. Därunder förflyttas varje bubbla en sträcka nedströms, vars längd beror på det omgivande vattnets hastighet. Med vetskap om luftbubblornas stighastighet och storleken av den horisontella ytan mellan baslinjen (slangen) och luftbubblornas sammanbindningslinje vid vattenytan kan vattenföringen beräknas.

Vid "*Pulse transit-metoden*" sänds ljudsignaler mellan två anläggningar i båda riktningar snett över strömfåran. Med hjälp av en uppmätt tidsdifferens då signalerna går i uppströms- resp nedströmsriktningen och med hjälp av förut kända data såsom sträckans längd, vinkeln mellan strömriktning och signalriktning, vattendragets tvärsnittsarea m m kan vattenföringen beräknas.

Vid "*Sing around-metoden*" placeras de akustiska givar- och mottagareanläggningarna på samma sätt som vid den i föregående stycke nämnda metoden. Då en ljudvåg från ena anläggningen anlänat till andra anläggningen sluts en elektrisk krets som producerar en ny ljudvåg vid den första o s v. Frekvensen för återkopplingarna bestäms och sedan upprepas förfarandet då ljudvågorna får gå i motsatt riktning. Från frekvensskillnaden kan man sedan räkna ut vattnets medelhastighet i linjen mellan anläggningarna. Vattenföringen beräknas därefter på samma sätt som vid föregående metod.

Den "*elektromagnetiska metoden*" bygger på principen, att en induktionsspänning uppkommer då en elektrisk ledare rör sig genom ett magnetiskt fält. Den spänning som bildas är proportionell mot styrkan hos det fält som ledaren passerar igenom. Rinnande vatten fungerar som ett antal elektriska ledare, som rör sig med olika hastighet. Den inducerade spänningen kan registreras med hjälp av elektroder vid flodbäddarna. Den är proportionell mot vattnets medelhastighet. Det erforderliga magnetfältet framställs på konstgjord väg.

3.2.3 Indirekta metoder

3.2.3.1 Naturlig bestämmande sektion

Vid en vattenföringsstation av denna typ utnyttjas sambandet mellan vattenståndet och vattenföringen i ett vattendrag (fig 8). Sambandet erhålls genom kalibrerande vattenföringsmätningar. Förutsättningarna för att en sådan station skall kunna inrättas är i första hand beroende av vattendragets utseende och strömningsförhållandena på platsen. Bl a måste en bestämmande sektion finnas. Den bestämmande sektionen kan liknas vid en flaskhals, en trång passage, som avgör vilket vattenstånd som blir rådande uppströms sektionen.

Omedelbart uppströms en bestämmande sektion (eller så långt uppströms som en eventuell lugnvattenyta sträcker sig) råder ett entydigt samband mellan vattenståndet (W) och vattenföringen (Q). Detta samband kan presenteras grafiskt (dvs en avbördningskurva upprättas) efter att en serie vattenföringsmätningar utförts, varefter endast W behöver observeras. Avbördningskurvan för en odämd pegel ansluter sig i regel ganska nära till någon parabelfunktion (fig 9).

Ibland uppstår störningar i sambandet mellan W och Q . Sådana störningar kan vara

- ☐ dämning genom is och snö
- ☐ dämning genom vegetation
- ☐ dämning från nedanförliggande kraftstation, damm, sjö, hav eller vattendrag
- ☐ föränderlig botten i bestämmande sektionen

I första hand skall naturligtvis platser där störningar förekommer undvikas. Dock kan man i vissa fall korrigera för exempelvis is- och vegetationsdämning. Verkningarna av föränderlig botten i bestämmande sektionen kan elimineras genom täta kontrollmätningar. Naturligtvis påverkas tillförlitligheten av be-

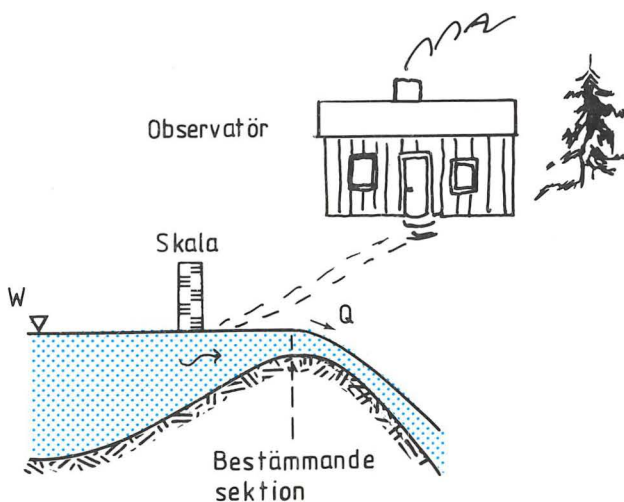


Fig 8. Vattenförsringsstation med fast skala.

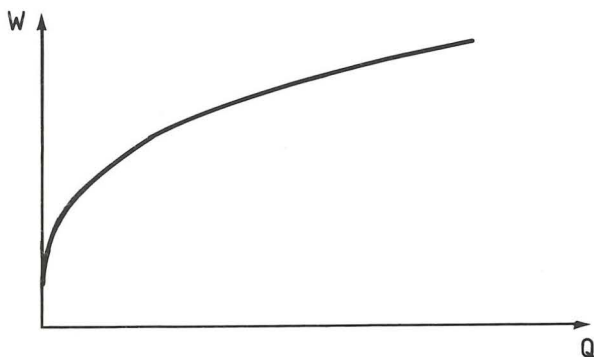


Fig 9. Exempel på avbördningskurva.

stämda vattenföringsvärden av dessa företeelser.

Ofta tar det ganska lång tid att inrätta en vattenföringsstation. Främst beror detta på att man måste invänta lämpliga tillfällen för de vattenföringsmätningar som måste utföras för upprättande av avbördningskurvan. Vattenföringsmätningarna måste ju omspanna hela vattenföringsregistret. Vattenståndsobservationerna kan dock i många fall påbörjas tämligen omedelbart.

För vattenståndsobservationerna uppsätts i enklaste fallet en cm-graderad skala (pegel). Skalan är stabilt fästad vid vattendragets botten eller strand så att vattenståndet kan observeras vid samtliga förekommande nivåer. Ibland kan man tvingas till dyrbara anordningar för att möjliggöra observationer vid extrema vattenstånd. Skalans höjdläge kontrolleras med jämna mellanrum från ett par utlagda höjdfixpunkter.

I bilaga 2d beskrivs det praktiska tillvägagångssättet vid uppsättningen av en fast skala och upprättande av avbördningskurva. För att erhålla en tillfredsställande hög frekvens på observationerna till rimliga kostnader kan erfordras att stationen kompletteras med en registrering av vattenståndet. Den registrerande pegeln kan i så fall anbringas antingen i en instrumentkur på en pegeltrumma av trä eller i ett instrumenthus på en i stranden nedgrävd brunn.

Vid uppskattning av tillförlitligheten för denna metod har förutsatts att avläsning på fast skala en gång per dygn ger ett för dygnet representativt vattenstånd. För en registrerande pegel har förutsatts en utvärdering i timmen. Eventuella fel beroende på variationer i vattenståndet under dygnet resp timmen har således ej medräknats.

Med dessa förutsättningar bör man för en fast skala för ett enskilt dygnsmedelvärde kunna räkna med fel på 5–15%. Eftersom tillförlitligheten ökar med antal observationer blir motsvarande värden för en registrerande pegel något bättre och man kan här i de allra flesta fall räkna med fel understigande 10%. Medelvärden över längre perioder bestämda ur dygnsmedelvärden blir av samma orsak säkrare än det enskilda dygnsmedelvärdet.

Nedan angivna kostnader för anläggning och drift av vattenföringsstationer grundar sig på erfarenheter från SMHI:s vattenföringsstationsnät. I kalkylerna ingår kostnader för bl a mätningar för upprättande av avbördningskurva, kontrollmätningar med vissa intervaller samt observationer. En post som kan variera mycket är kostnader för elinstallationer. Kostnader för bearbetning av insamlat material avser framtagning av dygnsvärden.

Med ovan angivna förutsättningar kan anläggningskostnaderna (inkl projektering) för en fast skala beräknas till 10 000–18 000 kr och för en registrerande pegel till 40 000–70 000 kr. Driftskostnaderna rör sig om ca 3 500 respektive 4 500 kr per år.

Om man saknar förutsättningar för entydigt samband mellan vattenstånd och vattenföring, t ex i mynningszoner, kan i vissa fall *tvåskalemetoden* tillgripas. Vattenstånden observeras då med två pglar ett stycke från varandra i vattendraget. Genom en serie vattenföringsmätningar – ofta ungefär dubbelt så många som för en vanlig station – kan vattenföringen relateras till vattenstånden vid de båda peglarna. Sambanden åskådliggörs genom en kurvskara (fig 10), varur vattenföringen erhålls. Det är dock svårt att få tillfredsställande skärpa på bestämningarna vid låga vattenföringar. Vid tvåskalemetoden används i regel registrerande pglar.

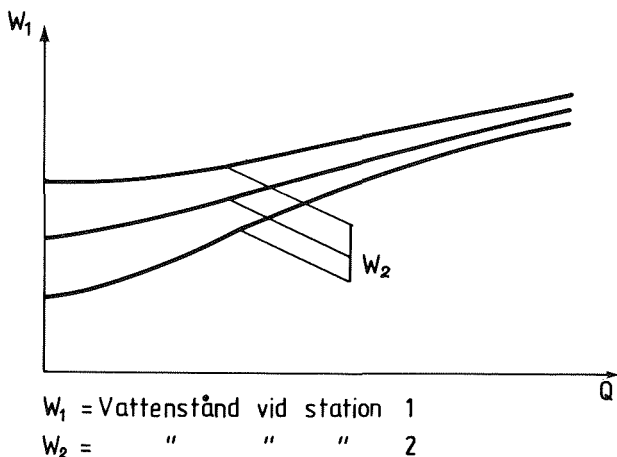


Fig 10. Avbördningsdiagram avseende tvåskalemetoden.

3.2.3.2 Anlagd mätsektion

För att kunna mäta vattenföringen med hög noggrannhet i små vattendrag iordningsställs ofta speciella mätsektioner. De mest använda typerna av sådana anläggningar är triangulära eller rektangulära mätöverfall (fig 11) samt venturi-rännor. I de två förstnämnda fallen blir vattenföringen en funktion av endast ett vattenstånd, förutsatt att vattendraget vid stationsplatsen har tillräckligt fall så att nedströmsvattenytan ej påverkar strömningen över överfallet. För den sistnämnda metoden rör det sig om en vattenståndsskillnad.

Ett triangulärt mätöverfall utförs i allmänhet ej för större vattenföringar än ca 3 m³/s. Större anläggningar blir alltför komplicerade och för dyra. Anläggningen utgörs av en bassäng med stillastående vatten varifrån vattnet får rinna över ett skarpkantat överfall anbringat på en skärm eller damm. Vattenföringen kan i ett sådant fall beräknas ur formeln

$$Q = \frac{8}{15} \mu \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} h^{5/2}$$

där

h = vattenytans höjd över vinkelspetsen

α = öppningsvinkeln i överfallet

g = jordaccelerationen

μ = avbördningskoefficienten (har vanligen storleksordningen 0,6)

Om överfallet byggts efter vissa normer kan värdet på μ hämtas ur hydrauliska standardverk. För att man skall helt kunna lita på bestämningen krävs att vissa kalibreringsmätningar utförs. Vattenstånden observeras med hjälp av en pegel antingen på själva dammen eller vid stranden strax uppströms denna.

För en väl utförd mätdammsanläggning med triangulärt mätöverfall bör vid bestämning av både enskilda vattenföringsvärden och medelvattenföringar över längre tidsperioder felen kunna hållas kring 5%.

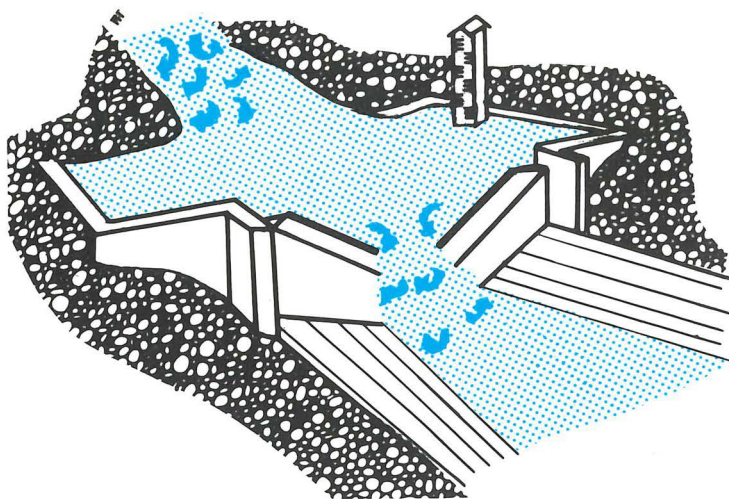


Fig 11. Mätdammsanläggning.

Svårigheterna vid anläggning av denna typ av stationer kan bestå i att finna lämpliga anläggningsplatser och i att få anläggningarna täta. Avtal måste också slutas med markägaren om uppförandet av en anläggning (måste för som regel även göras vid anläggning av vanliga peglar). I vissa fall krävs prövning i vattendomstol.

Kostnaderna för att iordningställa en sektion på detta sätt för vattenföringsbestämning kan bli ganska betydande. Några generella siffror är naturligtvis omöjliga att ange eftersom bl a entreprenadkostnaderna kan variera kraftigt. En dammanläggning inklusive triangulärt mätöverfall och pegelanläggning kan kosta 50 000–180 000 kr. Driftskostnaderna kan uppgå till ca 6 000 kr per år.

I något större vattendrag och om stillastående vatten ej kan erhållas i lugnvattenbassängen kan det bli aktuellt med ett skarpkantat rektangulärt överfall.

En venturiränna har en inbuktning från sidorna eller botten eller bådadera. Om en sådan ränna uppfyller vissa konstruktionskrav och inbuktningen är så stor att vattnet där övergår från strömmande till stråkande tillstånd, kan vattenföringen beräknas ur vattenstånden. Venturirännor kan användas i små vattendrag med ringa lutning. De används i stor utsträckning vid flödesmätning inom industrin.

Rektangulära överfall och venturirännor bör alltid kalibreras exempelvis genom vattenföringsmätningar.

3.2.3.3 Kraftverk, dammar o d

Många anläggningar i vattendragen (kraftverk, regleringsdammar, pumpar m m) kan med fördel användas för vattenföringsbestämningar. Ofta föreligger skyldighet att bestämma vattenföringen. Detta gäller främst större reglerade älvar. Vattenföringsbestämning är dock, åtminstone vid mindre äldre anläggningar, en andrahandsuppgift. Utrustningen har normalt inte avpassats för att

bestämma vattenföringen med någon större noggrannhet. Dessutom förekommer också ofta ganska betydande läckage. Många vattenvägar kan också se ut på sådant sätt att tillfredsställande bestämning blir omöjlig.

Vattenföringen genom ett turbinaggregat kan bestämmas med hjälp av fallhöjden och turbinens ledskeneöppningar. Sambanden erhålls genom kalibreringsmätningar på platsen. Ett mera vanligt sätt är att vattenföringen bestäms med hjälp av den alstrade effekten (fig 12). Man använder sig då av formeln

$$Q = \frac{P}{h \cdot g \cdot \eta}$$

varur Q löses.

p = effekten

h = fallhöjden

g = jordaccelerationen

η = aggregatets verkningsgrad (vanligen = 0,8–0,9)

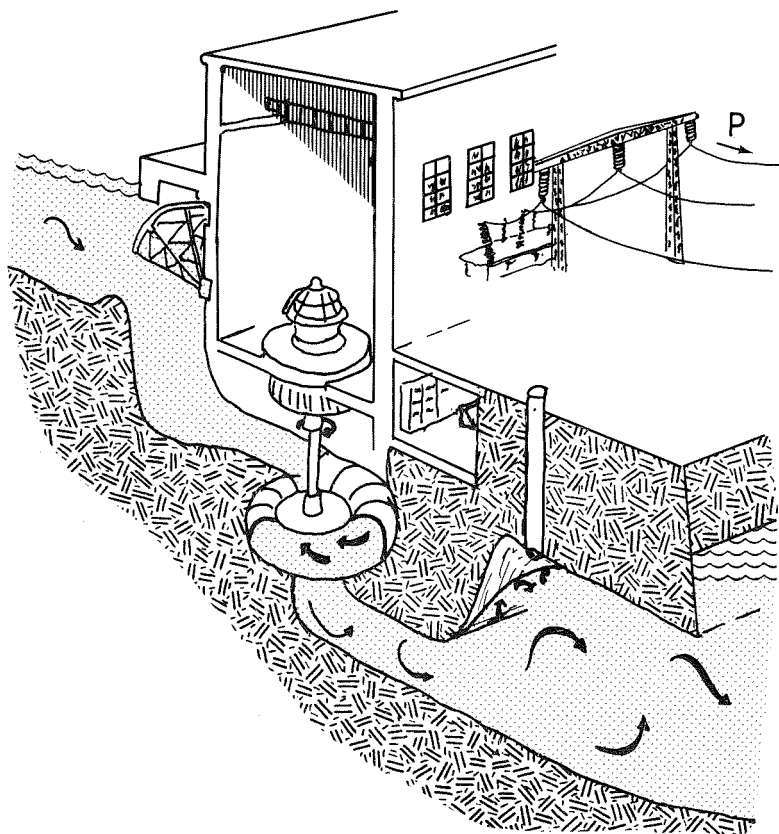


Fig 12. Kraftverk. $Q=f(P)$.

Dammluckor i regleringsdammar kan i varierande utsträckning användas för vattenföringsbestämning. Vattenföringen erhålls då som funktion av antingen uppströmsvattenståndet vid dammen eller av både uppströms- och nedströmsvattenståndet. Exempelvis kan för luckor där strålen är opåverkad av nedströmsvattenytan (fig 13) och tillströmningshastigheten är försumbar vattenföringen bestämmas enligt den förenklade formeln

$$Q = \mu \cdot a \cdot b \sqrt{2g \cdot h_m}$$

μ = utströmningkoefficienten

b = luckbredden

g = jordaccelerationen

$h_m = 0,5 (h_u + h_o)$

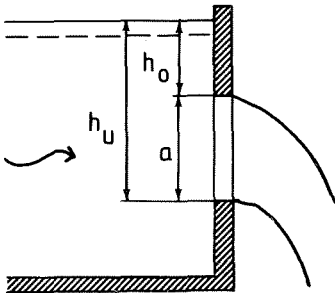


Fig 13. Fri utströmning.

Sker utströmningen helt under vatten (fig 14) används formeln

$$Q = \mu \cdot A \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

A = öppningens area

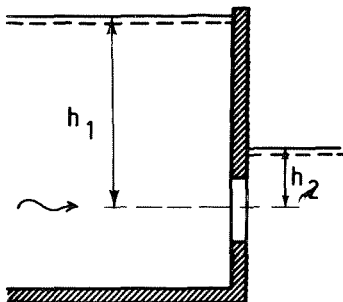


Fig 14. Utströmning under vatten.

Vid rörliga ytutskov, vissa fasta överfallsdammar m m (fig 15) kan den s k överfallsformeln användas. Formelns användbarhet begränsas dock av ett h_1 ej får vara större än 0,7 h.

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \sqrt{2 g h}^{3/2}$$

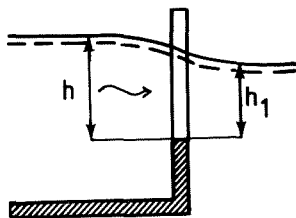


Fig 15. Strömning över överfallsdamm.

μ -värden ligger ofta kring 0,6, men kan i praktiken variera betydligt. Beträffande formler, koefficienter och information i övrigt får hänvisas till facklitteraturen (bl a ref nr 15, 25 och 26).

Om goda vattenföringsbestämningar skall kunna utföras måste, i samtliga tre här nämnda fall med dammluckor, anläggningarna kalibreras exempelvis med hjälp av vattenföringsmätningar. Detta beror på μ -värdenas variation dels från fall till fall och dels vid olika vattenföringar genom samma damm. Givetvis försämrats resultaten, ifall de yttre förutsättningarna ej medger den strömningsbild som formlerna förutsätter.

Om man för en viss undersökning vill inhämta uppgifter om vattenföringar vid befintliga kraftverk och dammar, blir tillförlitligheten på de uppgifter som erhålls ofta beroende av vilken vikt som, vid utformning och drift av anläggningarna, lagts vid att få goda vattenföringsbestämningar. I gynnsamma fall kan felen stanna vid ca 5%. I ogynnsamma fall kan de uppgå till 50% eller mer.

Insamlandet av vattenföringsuppgifter från kraftverks- och regleringsföretag kan ibland utföras till ringa kostnader (expediering och kopiering). Många gånger kan emellertid kompletterande observationer, bearbetning av data, granskning, kontrollmätningar m m bli aktuella. Vilka åtgärder som behövs är ofta svårt att avgöra, varför konsulterande ingenjörsfirmor eller SMHI kan kontaktas.

Inkluderas en sådan kontakt kan kostnaderna för undersökning om och anordnande av vattenföringsbestämning uppgå till 5 000–25 000 kr. Driftskostnaderna kan röra sig om 0–7 000 kr per år beroende på i vilken omfattning egna insatser krävs på observations-, bearbetnings- och administrationssidan.

3.2.3.4 Analogibestämningar

Om man har en vattenföringsstation A i ett vattendrag (fig 16), kan man med ledning av uppgifter härifrån beräkna vattenföringen vid en närbelägen plats B

i samma vattendrag eller i ett annat vattendrag. Metoden bygger på att ett samband råder mellan vattenföringar på platser med likartade hydrologiska förhållanden. Resultatet av beräkningarna blir sämre ju större skillnader som föreligger mellan de båda avrinningsområdena. Sambanden blir också svagare ju mindre avrinningsområdena är. Om större regleringar införs i vattendragen försvinner sambanden. Uppgifter om vattenföringar beräknade enligt denna metod kan i regel erhållas från SMHI.

För att förbättra tillförlitligheten kan flera stationer användas vid beräkning av vattenföringsvärdena. SMHI:s nät av vattenföringsstationer spelar en avgörande roll vid sådana beräkningar. Nätets omfattning för närvarande visas i bil 3. Med hjälp av nätet har bl a en medelavrinningskarta ("Run off map of Sweden") kunnat upprättas. Målsättningen för utformningen av nätet är att med en viss grad av noggrannhet vattenföringens dygnsvärden och karakteristiska värden skall kunna bestämmas för vilken punkt som helst i vilket vattendrag som helst. Svårigheterna att uppfylla en sådan målsättning ligger bl a i de förändringar i förhållandena som orsakas av människans utnyttjande av vattentillgångarna. Även annat påverkar naturligtvis homogeniteten i observationsmaterialet från nätet, exempelvis mätställets beskaffenhet, pegelrubbningsar, observatörernas tillförlitlighet o s v. För att få fram skilda slag av vattenföringsuppgifter för begärda punkter använder man sig av olika metoder, varvid stora krav ställs på den som utför beräkningarna. Det blir i de allra flesta fall fråga om justeringar och anpassningar av de framräknade värdena. Med hänsyn till lokala förhållanden, eventuellt förekommande regleringar under observationsperioden m m görs sålunda bedömningar av värdena, varefter de korrigeras innan de redovisas.

Om man exempelvis skall bestämma medelvärdet en viss vecka eller månad av vattenföringen vid en viss punkt kan man gå tillväga på följande sätt. Medelvattenföringen för det aktuella avrinningsområdet erhålls genom att avrinningen enligt "Run off map of Sweden" multipliceras med områdesarean. Denna medelvattenföring kan sedan sättas i relation till medelvattenföringen vid en eller flera närbelägna stationer. Samma relation kan sedan med olika begränsningar användas vid beräkning av vattenföringarna vid begärda tillfällen. Sådana samband är naturligtvis starkast ifråga om årsvärden och svagast när det gäller dygnsvärden. Sambanden är också i regel alltför svaga i reglerade vattendrag (beror givetvis på hur hårt reglerade vattendragen är).

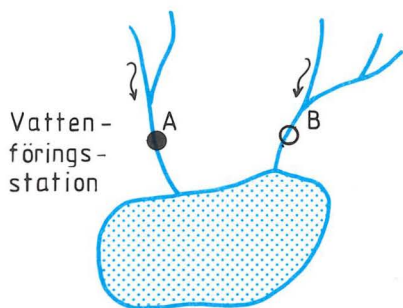


Fig 16. Analogbestämning. $Q_B = f(Q_A)$.

Karakteristiska värden på den naturliga vattenföringen vid en viss plats kan beräknas med hjälp av medelvattenföringen och empiriska formler av typen

$$MHQ = MQ (k_1 + k_2 \cdot N + k_3 \cdot P_k)$$

där

k_1, k_2 och k_3 är konstanter

N = avrinningsområdets storlek

P_k = den skorrigerade sjöprocenten

(i regel vägt procenttal genom att nedersta sjön räknats 2 gånger)

Nedanstående fall där jämförelser gjorts mellan dels beräknade dygnsmedelvärden dels månadsmedelvärden och observerade värden för vattenföringsstationen Simlängen får tjäna som exempel på analogibestämningar. I första fallet (dygnsvärden) har 2 st jämförelsestationer använts, vilka har viktats mot varandra beroende på sina avrinningsområdets utseende (storlek, sjöprocent mm) i förhållande till Simlängen, medan i andra fallet (månadsvärden) 3 st stationer har använts med lika inflytande.

Dygnsvärden för Simlängen 1970

	15/1	15/2	15/3	15/4	15/5	15/6	15/7	15/8
Beräknat Q (m ³ /s)	1,9	1,1	1,7	12,2	5,3	1,6	1,2	1,1
Observerat Q (m ³ /s)	1,7	1,4	1,0	4,5	5,4	1,7	3,1	3,1
ΔQ	+0,2	-0,3	+0,7	+7,7	-0,1	-0,1	-1,9	-2,0
ΔQ %	+12	-21	+70	+170	-2	-6	-61	-65

Månadsvärden för Simlängen 1970

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
Beräknat Q (m ³ /s)	1,6	1,1	2,0	14,2	9,5	2,2	1,4	1,4	1,2	4,9	13,5	9,4	5,2
Observerat Q (m ³ /s)	1,7	1,4	1,7	15,2	7,1	1,9	3,0	3,0	2,6	9,1	16,2	7,0	5,8
ΔQ	-0,1	-0,3	+0,3	-1,0	+2,4	+0,3	-1,6	-1,6	-1,4	-4,2	-2,7	+2,4	-0,6
ΔQ %	-6	-21	+18	-7	+34	+16	-53	-53	-54	-46	-17	+34	-10

Då dylika beräkningar utförs vid SMHI försöker man genom bedömning av de hydrologiska förhållandena (bl a utifrån vetskap om regleringsförhållanden o d) så långt det är möjligt att minska ned felen, vilket dock ofta är förenat med betydande svårigheter.

3.2.4 Sammanfattning

Vid val av metod bör beaktas att vattenföringsbestämningen ej alltid behöver ske precis vid provtagningspunkten, eftersom vattenföringen många gånger kan vara ungefär densamma på en lång sträcka av vattendraget.

Oftast krävs omfattande rekognoseringsarbeten både då det gäller direkt mätning och inrättande av vattenföringsstation.

Metod ¹⁾	Metoden behandlas i...			Produkt ²⁾		Vatten-förings-register m ³ /s ³⁾	Kan utföras av ⁴⁾	Unge-färlig till-förlitlig-het ± %	Ungefärlig kostnad ⁸⁾		Anmärkning	
				till-fälliga värden	återkom-mande värden				Totalt kr	per dygns värde, 1 års drift		
	mom	Bil	Ref	5	6							7
DIREKTA									Per mätning			
Voly m-tid	3.2.2.1	2 a	–	X		< 0,02	P	5–20	120	120	Fri och koncentrerad vattenstråle krävs Vattenhastigheter mellan 0,2 och 2,0 m/s Vattenhastigheter mellan 0,2 och 2,0 m/s Jämn ström önskvärd, ej fallsträckor Turbulent vatten krävs	
Flygel, stång	3.2.2.2	2 b	1,14	X		< 20	P	5–15	450	450		
Flygel, häng	3.2.2.2		1,14	X		> 20	S	5–15	1 300	1 300		
Ytflottör	3.2.2.3	2 c	1,8	X		< 100	P	30–70	100	100		
Utspädning	3.2.2.4		1, 2, 6, 7	X		–	P + S	5–30	850	850		
INDIREKTA									Anläggning	Drift/år ⁹⁾		
Naturlig sektion, fast skala	3.2.3.1	2 d	14, 29	X	X	–	P + S	5–15	14 000	3 500 ⁹⁾	50	Stabil bestämmande sektion och gott fall krävs
Naturlig sektion, registrerande pegel	3.2.3.1		14, 29	X	X	–	P + S	5–10	50 000	4 500	150	Stabil bestämmande sektion och gott fall krävs
Anlagd mätsektion	3.2.3.2		2, 14, 15	X	X	< 3	S	5–10	100 000	6 000	290	Stabila grundförhållanden och gott fall krävs
Kraftverk och dammar	3.2.3.3		15, 25, 26	X	X	–	P + S	5–50	15 000	5 000	55	Täthet, lämplig konstruktion och god skötsel krävs
SMHI-station		3	17, 19, 22	X	X	–	P ⁵⁾	5–15	0 ¹⁰⁾	80 ¹⁰⁾	0	Drygt 350 stationer finns i landet
Analogi-bestämning	3.2.3.4	3	14, 20	X	X	–	P ⁵⁾ ⁶⁾	5–100 ⁷⁾	0 ¹⁰⁾	1 300 ¹⁰⁾	4	Jämförelse sker med SMHI-station(er)

¹⁾ I detta fall = sätt att införskaffa nödvändiga vattenföringsuppgifter.
²⁾ Typ av värden som kan införskaffas med metoden.
³⁾ Riktvärden.
⁴⁾ P avser provtagare eller undersökningsledare, S anlitad specialist.
⁵⁾ Provtagaren kontaktar SMHI.
⁶⁾ Uppskattningar av medelavrinningen enl "Run off map of Sweden" kan utföras av provtagaren.
⁷⁾ Årsvärden 5–15%, månadsvärden 10–50%, dygnsvärden 5–100%.
⁸⁾ Angivna värden skall endast ses som exempel på kostnader för provtagaren. Stora variationer kan förekomma.
⁹⁾ Avser framtagning av dagliga värden.
¹⁰⁾ Gäller för provtagaren om vattenföringsvärden inhämtas från SMHI årsvis.

3.3 Tillgång på vattenföringsuppgifter

3.3.1 SMHI:s hydrometriska verksamhet

Enligt sin instruktion skall SMHI bl a utföra och övervaka hydrologiska observationer och mätningar både ur allmänt intresse och på uppdragsbasis. Institutet insamlar och bearbetar därför uppgifter om vattenföringar från ca 350 vattenföringsstationer. En relativt omfattande utvecklingsverksamhet råder också bl a beträffande matematiska avrinningsmodeller. Dessutom utförs en mängd uppdrag från myndigheter, företag och enskilda i hydrologiska och hydrotekniska frågor. Bl a är institutet av vattendomstolar förordnad som kontrollant för vattenhushållningen vid större sjö- och älvregleringar i landet.

Uppgifter om stationsnät, avrinningar och vattenföringar återfinns i olika publikationer, meddelanden och rapporter, som kan beställas vid SMHI:s bibliotek. Efter hänvändelse till vattenföringsavdelningen, antingen per telefon (011/10 80 00) eller skriftligt kan uppgifter om aktuella och karakteristiska vattenföringar erhållas, både för platser där vattenföringsstationer finns och för andra platser. Beräkningar av frekvenser och varaktigheter kan också tillhandahållas.

SMHI kan lämna råd beträffande upprättande av vattenföringsstationer och bistå med pegelinspektioner, vattenföringsmätningar och flygelkalibreringar samt med beräkningar i olika hydrotekniska frågor (kalibreringsarbeten, tillrinningar, dämningseffekter m m).

En utförligare redogörelse om SMHI:s hydrometriska verksamhet lämnas i bilaga 3.

3.3.2 Kraftverks- och vattenregleringsföretags hydrometriska verksamhet

Större vattenregleringsföretag, Statens Vattenfallsverk och andra kraftaktiebolag utför en rad observationer och bestämningar av vattenföringar. Det gäller då frågor som har betydelse för driften av sjöregleringar eller kraftverk eller för kommande ansökningar om nya regleringar. Under årens lopp har härigenom stora mängder vattenföringsdata kommit att samlas vid dessa företag.

För driften av regleringar studeras lokala tillrinningar (ofta genom inrättande av vattenföringsstation) i biflöden till reglerade vattendrag. Syftet kan vara att bestämma de mängder vatten som skall avtappas. De avtappade vattenmängderna kan uppmätas antingen genom inrättande av en vattenföringsstation nedströms regleringsmagasinet eller kraftverket, eller genom bestämning via turbiner och/eller dammar. Vattenföringsbestämning kan vara föreskriven av vattendomstol.

För upprättande av nya regleringsförslag måste man också studera nivåer och flöden i de för reglering tilltänkta sjöarna och vattendragen. En del data finns då i regel tillgängliga sedan tidigare, antingen hos SMHI eller hos företaget självt, varför det blir fråga om kompletteringar av detta material.

3.3.3 Övrig hydrometrisk verksamhet

Konsultationer med nedan nämnda institutioner och företag kan i många fall ge positiva resultat då vattenföringsuppgifter efterfrågas.

I samband med att lantbruksnämnderna och deras centrala organ – Lantbruksstyrelsen – deltar i olika planeringsutredningar utförs ibland i deras regi vissa hydrologiska undersökningar i de mindre vattendragen. Undersökningarna är av tillfällig art och syftet är ofta att för ett avvattnings- eller bevattningsprojekt komplettera redan befintliga vattenföringsdata.

De mest intressanta hydrologiska uppgifterna att reda ut i dessa sammanhang är frekvenser och varaktigheter av höga och låga flöden. För dessa studier inrättas tillfälliga vattenföringsstationer vilka kalibreras genom vattenföringsmätningar med flygel. Undersökningarna är av offentlig karaktär, men eftersom de saknar kontinuitet och endast utföres för speciella syften är undersökningmaterialets användbarhet för andra ändamål ofta begränsad.

Hydrologisk mättnings- och undersökningsverksamhet bedrivs också av olika industriföretag, kommuner, konsultföretag, universitet och högskolor. Ofta gäller det att få fram speciella data för ett regleringsförslag eller ett vattenförsörjningsprojekt, där tillgängliga data inte är tillfyllest. Universitet och högskolor bedriver dessutom undersökningar i forskningssyfte.

4 Vattenundersökningar – anspråk på vattenföringsinformation

4.1 Inledning

Vid många vattenundersökningar uppkommer behov av information om vattenföringar i någon form. Detaljerade undersökningar med permanenta stationsnät för provtagning kan kräva kontinuerliga och noggranna vattenföringsbestämningar. Vid översiktliga undersökningar med enstaka provtagningar kan däremot uppskattningar av flöden ofta accepteras. Formen, mängden och tillförlitligheten hos vattenföringsinformationen, bör stå i rimlig proportion till undersökningens målsättning. Vid en transportberäkning kan osäkerheten i haltbestämningen göra en hög tillförlitlighet i vattenföringsbestämningen mindre motiverad. Felen i de båda bestämningarna adderas visserligen, men det ena felet kan vara marginellt jämfört med det andra.

Valet av metod för vattenföringsbestämningen blir således till en del beroende av haltbestämningens tillförlitlighet. Denna styrs i sin tur av analysresultatens tillförlitlighet och av de uttagna vattenprovrens representativitet, dvs i hur hög grad proven kan antas karaktärisera vattendraget.

4.2 Analysernas tillförlitlighet

Vanligen är halterna av de ämnen som analyseras låga. Analysarbetet kräver därför stor omsorg för att acceptabla resultat skall uppnås. Fel kan lätt uppkomma vid såväl provtagning som provlagring och analys. I alla led finns risker för inblandning med oönskade ämnen. En alltför låg eller felaktig provlagring kan innebära att vattenprovet förändras. Förfarandet vid provtagningen och provlagringen är beroende av vilken analys som ska utföras. Litteratur som behandlar dessa frågor är t ex Karlgren; Riktlinjer för recipientundersökningar (ref nr 23).

Precisionen vid analysförfarandet varierar från ämne till ämne och beror dessutom i hög grad på de enskilda laboratoriernas metodik och noggrannhet. Detta framgår bl a av de interkalibreringar som utförts av naturvårdsverket och inom Internationella Hydrologiska Dekaden. Från naturvårdsverkets interkalibreringar kan nämnas att vid ett tillfälle två tredjedelar av laboratoriernas analyser

beträffande alkalinitet avvek ca 3% eller mindre från rätt värde. Motsvarande siffra beträffande ammonium och koppar var ca 40%. (Källa: Interlaboratory study of methods for chemical analysis of water; "Vatten" 4/1973). För de vanligaste analyserna kan man räkna med att felen i regel uppgår till 5–15%, vilket även bekräftas av på senare år utförda interkalibreringar. Det finns således anledning att informera sig väl om de aktuella analysvärdenas tillförlitlighet.

4.3 Vattenprovets representativitet

Givetvis blir resultatet av ett provtagningsprogram bättre ju bättre kännedom om halternas variationer som funnits vid programmets fastställande. Lika självklart erhålles bättre representativitet ju mindre variationer som förekommer och ju tätare provtagningarna sker både i tid och rum. Undersökningar och analyser, som syftar till att klarlägga vilken representativitet som kan uppnås i olika sammanhang, har dock hittills utförts i alltför liten utsträckning. Ett par betydande exempel visas i följande avsnitt.

4.3.1 Tidsvariationer

Beträffande halternas variationer i tiden kan generellt sägas att de i regel har mindre amplitud i vattendrag utan direkta utsläpp från hushåll och industrier än i vatten där sådana utsläpp förekommer. Variationerna är störst i samband med hög- och lågvattensituationer.

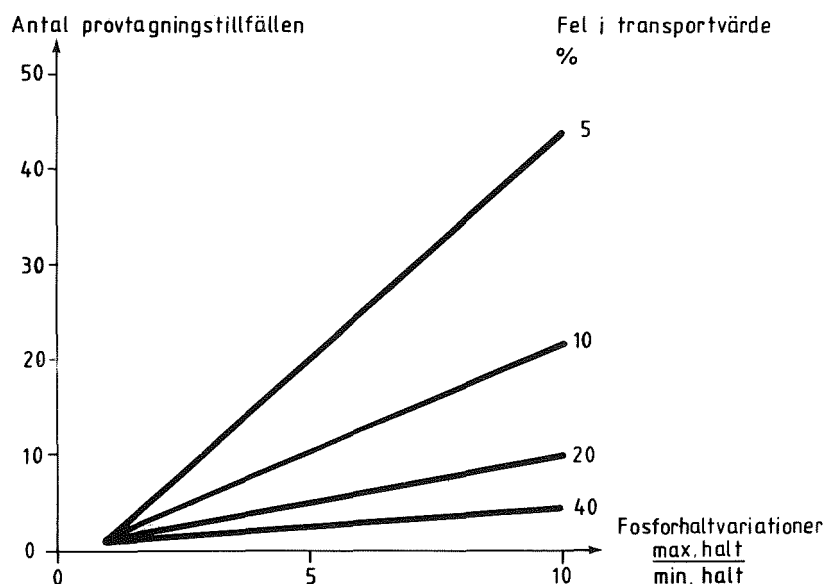


Fig 17. Approximativt samband mellan antal provtagningstillfällen, representativitet och fosforhaltvariation $\left(\frac{\text{max.halt}}{\text{min.halt}}\right)$

För vissa undersökningar beträffande forfortransporten i Motala ström 1969–1970 gjordes en översiktlig analys över vilka fel som – utöver fel i analysresultat och vattenföringsbestämning – uppkommit till följd av bristande information om halternas tidsvariation. Felen ställdes i relation till dels antalet provtagningstillfällen under transportberäkningsperioden och dels kvoten mellan högsta och lägsta koncentration under samma period. Med utgångspunkt från denna analys ger fig 17 en översikt över hur valet av antal tidsintervall kan påverka felen i transportberäkningarna.

4.3.2 Rumsvariationer

Variationer i vattendragets tvärsnitt finns då omblandningen mellan olika vattenmassor är dålig. Omblandningen försvåras om vattenmassorna har olika täthet (exempelvis beroende på olika ämnessammansättningar eller temperaturer). Vid ett sammanflöde mellan två vattenmassor krävs därför en sträcka med god turbulens innan en fullständig omblandning uppnåts. I fig 18 visas hur två slags vatten kan transporteras flera kilometer utan att omblandas.

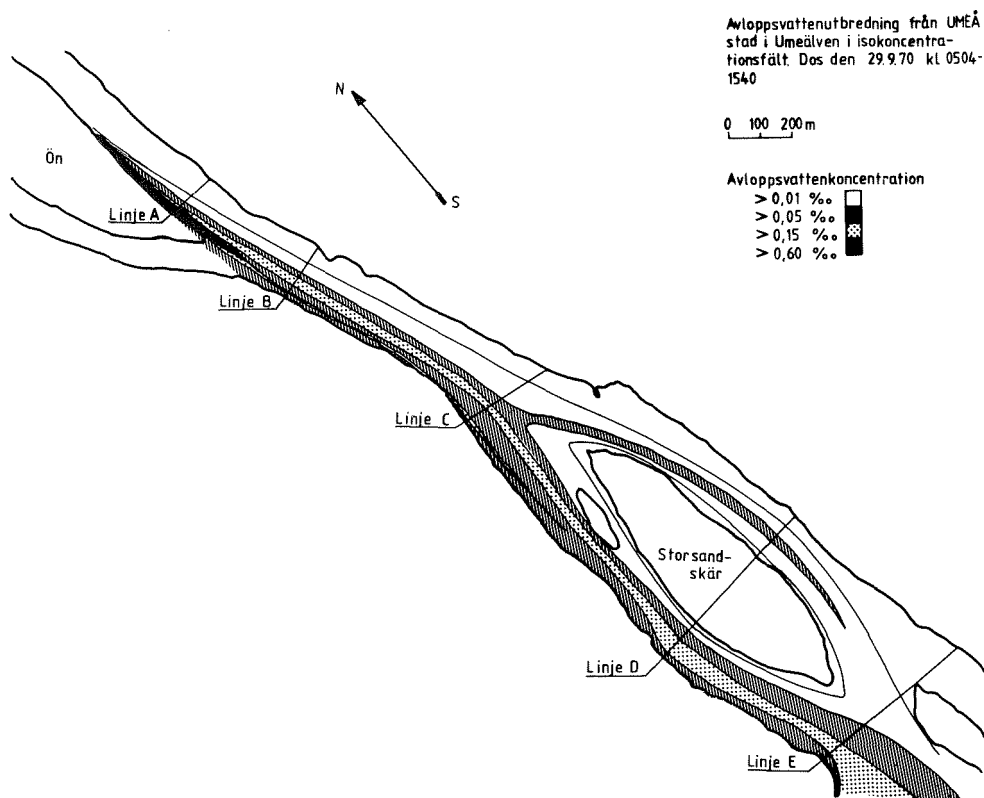


Fig 18. Spridning och utspädning av Umeå stads avloppsvatten den 29 september 1970 i Umeälvens mynningsområde. Källa: Hygienisk Revy nr 9 1971.

Det enda tillförlitliga sättet att ta reda på om ett vatten är homogent är att analysera en serie prov från ett tvärsnitt i vattendraget för att konstatera om det föreligger skillnader. Detta ger dock endast besked om hur omblandningen har fungerat vid provtagningstillfället, men kan med viss försiktighet utsträckas att gälla även under en längre tidsperiod. Testet bör dock upprepas eftersom inblandningen är beroende av vattenföringen, vattentemperaturen och avloppsvattnets art och mängd m m. Man kan med fördel analysera proverna på någon enkel parameter (t ex konduktivitet eller pH) om man vet att denna identifierar avloppsvattnet.

Vid SMHI sker djupintegrerade provtagningar (provtagning sker samtidigt som provhämtaren föres från ytan till botten och åter med jämn hastighet) för transportberäkningar i vissa vattendrag. Provtagning sker normalt i endast en vertikal (vertikal = den lodlinje utefter vilken provtagning sker) vid varje provtagningsstation. För att utröna bästa möjliga placering i tvärsnittet för denna vertikal, utförs med vissa mellanrum provtagningar i 5–10 vertikaler. Man kan då ställa det med hjälp av proven i samtliga vertikaler beräknade transportvärdet i relation till de transportvärden som skulle erhållas med hjälp av proven i varje enskild vertikal. Man får m a o ett mått på de enskilda vertikalernas representativitet för provtagning med avseende på transportberäkning. I fig 19 ges exempel på två sådana undersökningar. I fall 1 är vattnet betydligt mera homogent än i fall 2. Det blir därmed mycket svårare att finna någon för transportberäkning lämplig provtagningsvertikal i det sistnämnda fallet.

Ovan har endast diskuterats representativiteten i transversell led. Givetvis måste man vid punktvis provtagning även beakta variationerna i vertikal led.

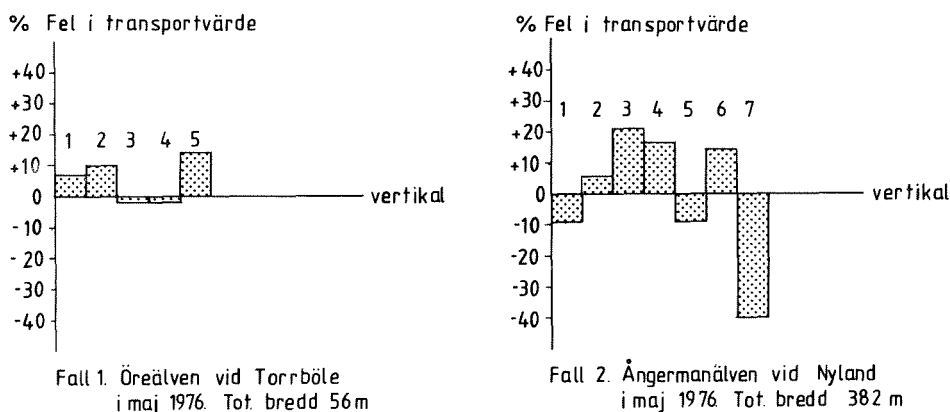


Fig 19. Enskilda vertikalers representativitet med avseende på provtagning för transportberäkning (lösta ämnen).

4.4 Anspråk på vattenföringsinformation vid några olika undersökningar

Motiven för vattenundersökningar och därmed anspråken på vattenföringsinformation är högst varierande. Emellertid behövs alltid någon form av vattenföringsuppgifter vid bedömning av uppmätta halter. Denna information möjliggör dessutom beräkningar av transporthastigheter, uppehållstider i vattendragssträckor, bedömningar av turbulensförhållanden osv. Sådana hydrologiska uppgifter är nödvändiga för studier av tex utspädningsförhållanden, syrehushållning, självreningsförhållanden och ämnestransport.

Anspråken på vattenföringsuppgifter belyses här genom några exempel, varvid aktuellt avsnitt i kap 3 anges inom parentes under "Tillvägagångssätt". Det har befunnits lämpligt att skilja å ena sidan undersökningar av engångskaraktär från undersökningar av mera regelbunden karaktär och å andra sidan undersökningar i rinnande vatten från undersökningar i sjöar.

Redogörelserna nedan bör alltså uteslutande betraktas som praktiska exempel. I fråga om planering och utförande av vattenundersökningar hänvisas till Karlgren (ref nr 23) och Eriksson och Holtan (ref nr 13). Översiktlig information om förfaringssätt vid transportberäkning och val av provtagningsplatser i sådana sammanhang ges i bilaga 4.

4.4.1 Undersökningar av engångskaraktär

4.4.1.1 Vattendragsundersökningar

Vid denna typ av undersökning kan många olika slag av vattenföringsuppgifter behövas. I många fall är det dock tillräckligt med en uppgift om vattenföringsvärdet vid provtagningsstillfället jämte uppgifter om vattenföringens karaktäristiska värden. Det är i regel inte nödvändigt att söka en hög noggrannhet i vattenföringsinformationen bl a på grund av att haltvärdenas representativitet oftast är osäker. Finns någon SMHI-station i vattendraget eller dess närhet utnyttjas naturligtvis observationerna från denna. Ofta kan uppgifter hos kraftverk, regleringsföretag och kommuner utnyttjas. I andra fall kan uppskattningar av vattenföringar göras på platsen i samband med provtagningar.

Exempel 1.

Enkel vattenföringsmätning i ett mindre undersökningsprogram.

Bakgrund

I ett mindre vattendrag finns ett avloppsutsläpp. Planer finns att bygga nytt reningsverk, varvid belastningen på vattendraget kommer att minska. För utformningen av reningsverk diskuteras alternativa lösningar. Man önskar göra en prognos över förbättringar på vattendraget som kan uppnås.

Behov av vattenföringsinformation

Vattenprover tages uppströms och nedströms om reningsverket (fig 20) för att dokumentera aktuell status och ge en grund för prognosen. För att ställa

halterna i relation till medelavrinningen behöver därför aktuella vattenföringar och medelvattenföring inhämtas. För att bedöma den ogynnsammaste utspädningen vid utsläppspunkten i framtiden behövs dessutom uppgift om minimivattenföringen.

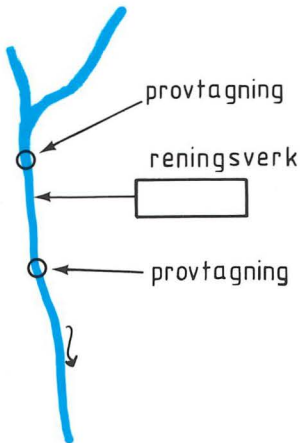


Fig 20. Provtagningsplatser för mindre undersökningsprogram vid reningsverk.

Tillvägagångssätt

Ingen vattenföringstation fanns att tillgå i vattendraget. Av främst kostnads-skal bedömdes det inte rimligt att inrätta en vattenföringstation. Aktuella värden framtoogs därför med flottörmotoden (3.2.2.3) i anslutning till provtagningarna. Från SMHI erhöles karaktäristiska värden (3.3.1).

Kommentar

Eftersom haltprognoserna endast kunde göras mycket grovt och med svårbedömda effekter utifrån just detta vattendrags särdrag, bedömdes den inhämtade vattenföringoinformationen vara tillfyllest.

Exempel 2.

Undersökning av Viskans vattensystem i augusti 1974

Bakgrund

Undersökningens målsättning var att beskriva tillståndet i Viskans vattenområde och vilka faktorer tillståndet beror av. Undersökningsresultatet avsågs dessutom kunna tjäna som referensmaterial för framtida undersökningar. För detta ändamål inrättades ett 40-tal provtagningsstationer inom avrinningsområdet. Vattenanalyserna härifrån kompletterades med analyser på bottensediment och med olika typer av biologiska analysmetoder.

Behov av vattenföringsinformation

För att kunna utvärdera avloppsmängder, utspädningar och jämföra föroreningsmängder i olika delar av området krävdes information om aktuella vattenföringar i en rad punkter i huvudflödet och i några biflöden. Karaktäristiska värden fordrades också i någon punkt för att kunna diskutera den aktuella föroreningssituationen i jämförelse med medeltillstånd och extremsituationer.

Tillvägagångssätt

Viskan är liksom de större biflödena starkt reglerad. Åtta kraftstationer finns utefter huvudfåran. Detta medför att vattenflödet varierar kraftigt, speciellt under lågvattenperioder. Eftersom dessutom mängderna av tex näringsämnen antogs variera kraftigt i tiden ansågs det inte meningsfullt att ställa alltför höga krav på noggrannheten i vattenföringsbestämningarna.

Från SMHI införskaffades karaktäristiska värden och aktuella värden (dygnsvärden) för vattenföringsstationen i Viskan vid Åsbro (3.3.1). Dessutom erhöles information om aktuella vattenföringar från några kraftstationer och regleringsmagasin (3.2.3.3 och 3.3.2). Vidare uppmättes vattenföringar i några punkter med flottörmetoden (3.2.2.3) och utifrån dessa mätningar och värden från SMHI-stationen beräknades vattenföringar för ytterligare några punkter (3.2.3.4).

Kommentarer

Vattenföringsmätningarna vid Åsbro får anses ha en mycket god noggrannhet. Däremot är resultaten från flottörmätningen och beräkningarna mindre tillförlitliga. Dessutom kan data från kraftverken, vilka ej kalibrerats för vattenföringsbestämning, innehålla stora fel.

En jämförande undersökning beträffande felen i införskaffade vattenföringsuppgifter tydde på att vattenföringsbestämningarna kunde accepteras. Felen översteg troligen inte i något fall 30%.

4.4.1.2 Sjöundersökningar

Beräkningar av vattnets omsättningstid i en sjö, är grundläggande redan när det gäller en enkel statusbeskrivning av en sjö. Den teoretiska omsättningstiden (transittiden) beräknas genom att sjöns volym divideras med medelvattenföringen vid sjöns utlopp. I verkligheten förflyttas emellertid en mer eller mindre stor del av det tillrinnande vattnet genom sjön utan att inblandas. Kravet på tillförlitlighet i vattenföringsvärdena behöver därför vid sådana beräkningar oftast inte ställas högt. Analogibestämning är i de flesta fall tillräcklig. Vid beräkningar av verklig omsättningstid fordras ingående kunskap om tilloppens inblandningsförhållanden och om strömmar och skiktningförhållanden i sjön.

Exempel 3.

Vattenomsättning i mindre sjö

Bakgrund

Medelst kalkning ville man försöka förbättra förutsättningarna för fisk- och

kräftbeståndet i en mindre mellansvensk källsjö av oligotrof karaktär. Kalkningens långsiktiga effekt skulle bedömas. Avrinningsområdets storlek vid sjöns utlopp är 25 km² och sjön har en volym av 21 milj m³.

Behov av vattenföringsinformation

För bedömningen erfordras kännedom om vattnets genomsnittliga omsättningstid och därmed behövdes uppgift om medelvattenföringen för sjöns utlopp.

Tillvägagångssätt

Medelavrinningstalet för trakten är enligt "Runoff map of Sweden" (3.2.3.4) 6 l/s o km². Omräknat till sjöns avrinningsområde blir därmed medelvattenföringen 150 l/s. Divideras sjöns volym med detta värde blir den teoretiska omsättningstiden ca 4,5 år.

Kommentarer

Användningen av avrinningskartan vid så små områden som det ifrågavarande är tveksam. Osäker bestämning av ytvattendelarens läge och dess förhållande till grundvattendelaren inverkar mera på framräknade vattenföringsvärden ju mindre området är. Bättre kunskap om den verkliga omsättningstiden hade också varit önskvärd. Med hänsyn till kostnaderna för alternativa lösningar bedömdes dock resultatet vara godtagbart.

4.4.2 Undersökningar av regelbunden karaktär

4.4.2.1 Vattendragsundersökningar

Övervakningen av vattenområden sker alltmer genom regelbundna mätningar där vattenprov tas vid fasta stationer ett flertal gånger per år. En sådan undersökning ger en samlad fortlöpande information om tillståndet i vattensystemet med möjligheter att registrera förändringar och att vara ett redskap i den aktiva planeringen av vattenresurserna. Vattenföringsbestämning ingår här som en självklar del av undersökningen.

Vid dessa typer av undersökningsprogram kan "vattenföringsstationer på provtagningsplatsen" (3.2.3.1–3.2.3.3) vara att föredraga. Metoderna innebär visserligen höga initialkostnader men på sikt är de ekonomiska och de motsvarar dessutom ofta högt ställda krav på tillförlitlighet i vattenföringsbestämningarna. Emellertid är det på relativt få platser som vattenföringsstationer går att inrätta.

Exempel 4.

Vattenföringsbestämningar i samband med samordnade recipientkontroll

Bakgrund

Som ett led i tillsynsverksamheten har Nyköpingsåns vattenvårdsförbund sedan början av 1960-talet bedrivit undersökningar av vattenförhållandena inom sitt avrinningsområde omfattande 3 600 km². Folkmängden inom om-

rådet uppgår till 96 000 personer och vattensystemet belastas av avloppsvatten från 35 kommunala reningsverk samt ett tiotal industrier.

En väsentlig del av arbetet med vattendragskontrollen är utvärdering och bearbetning av erhållna data avseende vattenkvaliteten. Dessa data sammanställs för att ge underlag för planerings- och tillsynsarbete.

Behov av vattenföringsinformation

Genom införande av vattenföringsuppgifter i datamaterialet kan en mera långtgående utvärdering ske. Vattenföringarna skall i första hand ge möjligheter att ställa de uppmätta halterna i relation till flöden och att ställa aktuella situationer i relation till mera normala situationer. Dessutom skall transportberäkningar kunna utföras. De senare har som mål att ge underlag för jämförelser av tillförseln från olika källor i nuvarande situation och i framtiden. Förutom för recipientkontroll är vattenföringsuppgifter nödvändiga för uppföljningen av hushållningen med vattenresurserna för exempelvis elkraftproduktion.

Efter analys av behovet har man kommit fram till att uppgift om veckovattenföringar skulle behövas på 5 noggrannt utvalda platser inom avrinningsområdet, varav en vid åns mynning i havet.

Tillvägagångssätt

Med hänsyn till verksamhetens permanenta karaktär och till att vattenföringsstationer redan finns på tre av platserna, har bedömts att den ytterligare erforderliga vattenföringsinformationen bäst skulle kunna inhämtas genom inrättande av två nya vattenföringsstationer. Den ena av de nya stationerna skulle kunna placeras vid en naturlig sektion (3.2.3.1) och den andra vid ett befintligt kraftverk (3.2.3.3) där bestämningen skulle kunna ske med ledning av uppgifter om elproduktion och lucklägen.

Med hjälp av vattenföringsbestämningar och haltbestämningar vid åns utlopp utförs transportberäkningar (bilaga 4) för denna punkt. Transportberäkningarna omfattar suspenderat material, organiskt material, totalfosfor och totalkväve. Vid övriga vattenföringsstationer tjänstgör resultaten som jämförelsematerial. Hur resultaten redovisas framgår av figurerna 21, 22 och 23 nedan (källa: Information med årsredogörelse för 1975 års verksamhet från Nyköpingsåns Vattenvårdsförbund, nr 5, maj 1976).

Kommentarer

Såsom framgår under "Behov av vattenföringsinformation" borde det vara intressant att ställa aktuella flöden och vattenkvalitéer i relation till vattenföringens medelvärden över längre perioder. Alltså skulle medelvärden för årets veckor över en lång följd av år behövas. Dessa uppgifter kommer så småningom att kunna erhållas med hjälp av de 5 inrättade vattenföringsstationerna. Preliminära värden skulle möjligen vara av intresse att beräkna redan nu, vilket i så fall fick ske med hjälp av analogimetoden (3.2.3.4).

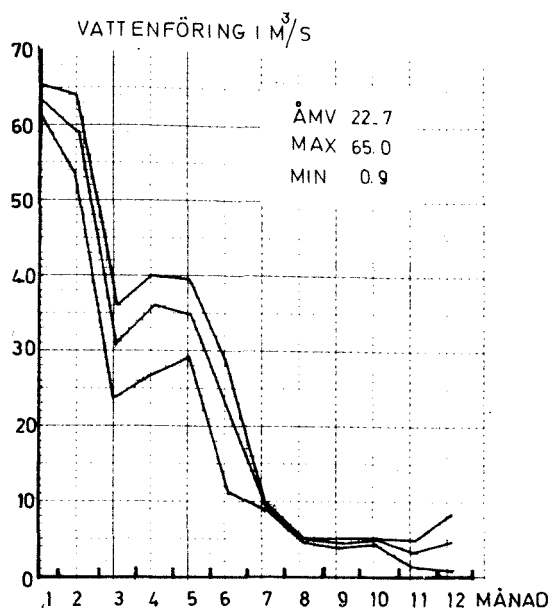


Fig 21. Vattenföring (max, min, medel) vid Storhusfallet år 1975.

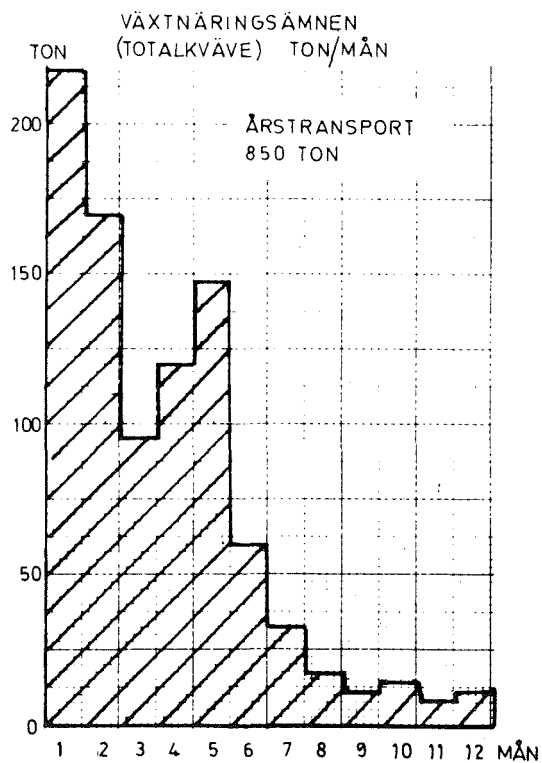


Fig 22. Transport av växtnäringsämnen vid Storhusfallet år 1975.

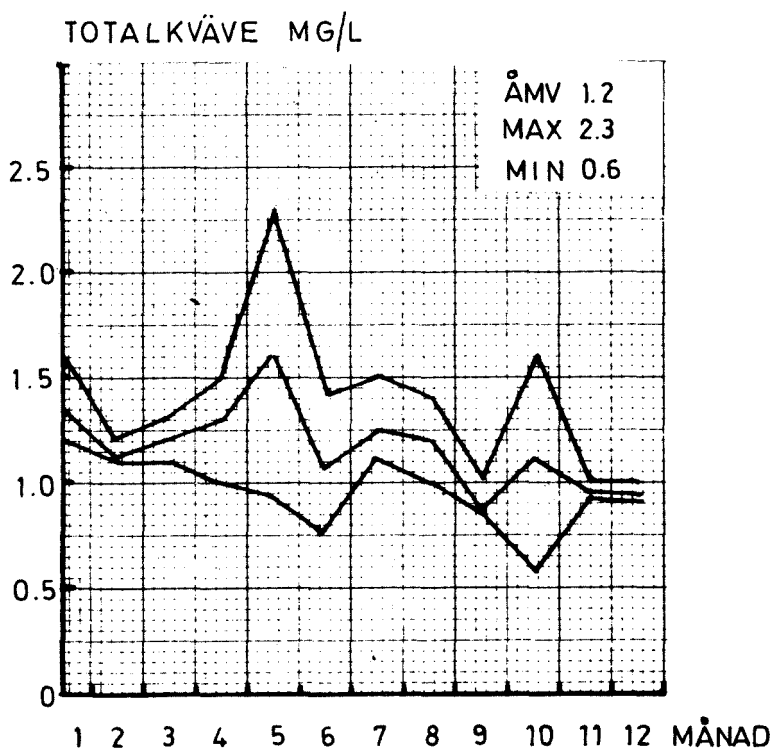


Fig 23. Totalkvävehalter (max, min, medel) vid Storhusfallet år 1975.

4.4.2.2 Sjöundersökningar

Tillförseln av t ex näringsämnen och syreförbrukande material till en sjö är grundläggande för dess ämnesomsättning och status. I en sjöundersökning är det därför av stort intresse att beräkna transporterade mängder till sjön från varje betydande tillflöde så att belastningsförhållandena kan klarläggas. Transportberäkningar till och från sjön möjliggör dessutom budgetberäkningar som tillsammans med studier av sjöns inre omsättningsmekanismer utgör de väsentligaste bedömningsgrunderna för att förklara sjöns tillstånd och sätt att fungera.

Transporten i en punkt beräknas i princip så att halten av ett ämne multipliceras med den framrinnande vattenmängden, vilket ger den förbitransporterade mängden av ämnet per tidsenhet, vanligen angiven i ton/år.

Vid mera överslagsmässiga transportberäkningar, där endast årsvattenmängden är av intresse, kan analogimetoden (3.2.3.4) vara tillfyllest. Vid mera detaljerade undersökningar krävs däremot ofta att någon vattenföringsstation (3.2.3.1–3.2.3.3) inrättas.

Exempel 5.

Tillförsel till Vättern

Bakgrund

I överensstämmelse med en år 1970 framlagd vattenvårdsplan genomfördes i början av 1970-talet en rad åtgärder i syfte att nedbringa tillförseln av organisk substans och närsalter till Vättern. Som ett led i uppföljningen av planen skulle tillförseln av förorening till sjön bestämmas kontinuerligt. Den nu aktuella undersökningen omfattade den andel av tillförseln som transporterades med tillflödena.

Behov av vattenföringsinformation

För Vätterns del var i första hand tillförseln årsvärde av intresse. I ett tidigt skede påbörjades månatlig vattenprovtagning i de 13 viktigaste tillflödena. För beräkning av transporten (i ton per år) erfordrades uppgift om årsvolymen vatten dels för vart och ett av de undersökta vattendragen, dels för summan av alla de bäckar och diken som ej omfattades av provtagningarna. Dessutom behövdes uppgift om vattenföringens storlek i respektive vattendrag vid tiden för provtagningen så att ett viktat medelvärde kunde beräknas för halterna.

Tillvägagångssätt

Bortsett från en föga representativ forskningsstation i övre delen av ett tillflöde ägde ingen vattenföringsbestämning rum i tillflödena. De metoder som stod till buds för att bestämma både årsvolymen vatten och de veckovärden av vattenföringen, som skulle användas vid halkviktningen, var

- ☐ att inrätta vattenföringsstation nära provtagningsplatsen i ett eller flera tillflöden
- ☐ att beräkna de önskade uppgifterna med ledning av uppgifter från en nyinrättad närbelägen vattenföringsstation
- ☐ att beräkna önskade uppgifter med ledning av uppgifter från en befintlig vattenföringsstation, som ligger utanför Vätterns tillrinningsområde.

Av dessa metoder var endast den tredje möjlig att använda omedelbart och för det redan insamlade haltmaterialet. Bland aktuella stationer i Vätterns närhet valdes Moholm i Tidån som rinner till Vänern. Tills vidare skulle därför vattenföringen i varje biflöde bestämmas som produkten av vattenföringen vid Moholm och en för varje vattendrag individuellt bestämd koefficient. Koefficienterna framräknades ur medelvattenföringarna, som bestämdes med hjälp av "Runoff map of Sweden" och vissa äldre observationer (3.2.3.4).

Denna metod bedömdes dock att ge en alltför otillfredsställande noggrannhet, varför två vattenföringsstationer borde inrättas lämpligen i de två största tillflödena (3.2.3.1–3.2.3.3). Härigenom skulle tillförlitligheten öka även beträffande tillförseln i övriga vattendrag.

Fig 24 nedan visar de större tillflödenas beräknade fosfortransport till Vättern.

Kommentarer

Givetvis skulle det vara önskvärt med ytterligare några vattenföringsstationer. Eftersom tillflödena till Vättern är många och små ökar dock tillförlitligheten på beräkningar av den totala tillförseln endast långsamt med antalet sådana stationer. Däremot stiger kostnaderna för undersökningen tämligen snabbt.

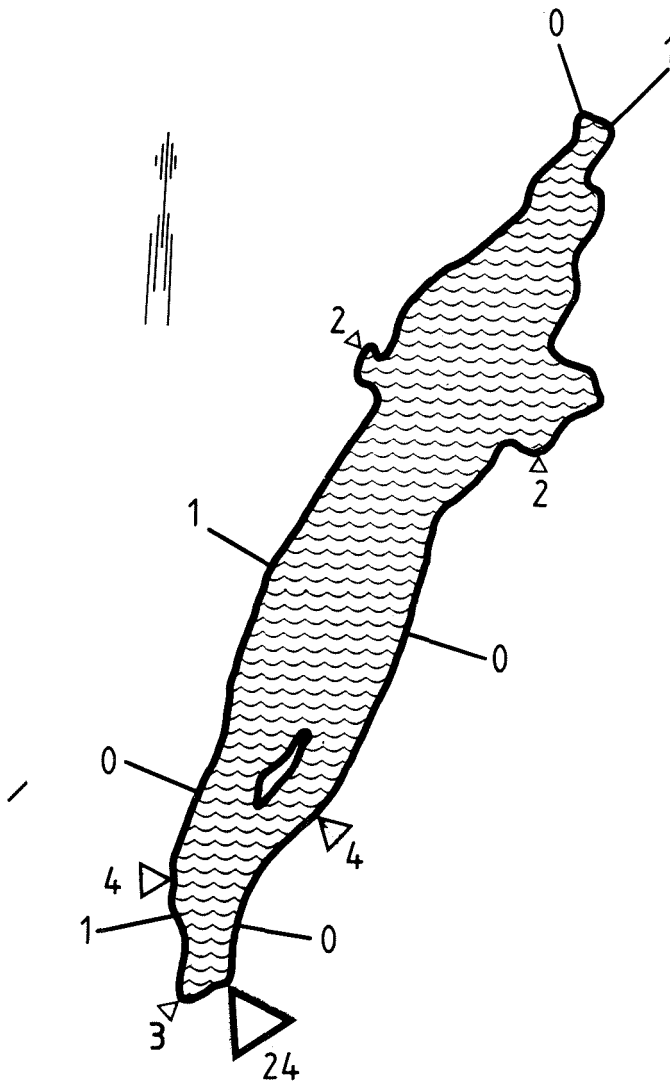


Fig 24. Fosfortransport (ton) till Vättern år 1971 med de större tillflödena.

5 Litteraturförteckning

Nedanstående översikt kan ej betraktas som uttömmande i berörda ämnen. En utförligare översikt finns publicerad i "Journal of the Hydraulics Division, Vol 103, No HY8, August 1977" sidan 889.

Ref nr

- 1 British Standards Institution:
British Standard 3680: Methods or measurement of liquid flow in open channels.
- 2 Dansk Ingeniørsforening, Spildevandskomiteen 1976:
Vandføringsmåling og prøvetagning.
- 3 Ekedal och Röndell 1973:
Interlaboratory study of methods for chemical analysis of water. Särtryck ur "Vatten" 4/1973.
- 4 Falkenmark & Forsman 1966:
Vattnet i vår värld.
- 5 IHD-nytt 1971:
Vannet i Norden Nr 1.
- 6 ISO 555 – 1973:
Dilution methods for measurement of steady flow. Constant rate injection method.
- 7 ISO 555/II – 1974:
Dilution methods for measurement of steady flow. Integration (sudden injection) method.
- 8 KTH/Hellström 1946:
(Kompendium i vattenbyggnad del II. Hydrologi.
- 9 Lind, Falkenmark 1972:
Hydrologi. En inledning till vattenresursläran.
- 10 Matsson 1974:
Vad mäter flödesmätaren? Särtryck ur "Byggnadsvärlden" nr 4/1974.
- 11 Natur och kultur 1973:
Praktisk miljökunskap. Vattenmiljö.
- 12 Nordic IHD 1973:
Report No 5. Nordisk hydrologisk terminologi.

- 13 Nordic IHD/Eriksson och Holtan 1974:
Report No 7. Kemiska processer i vattnets kretslopp.
- 14 Otnes J och Ræstad E 1971:
Hydrologi i praksis.
- 15 Reinius – Åberg 1976:
Vattenbyggnadsteknik.
- 16 SMHI 1945:
De svenska vattendragens arealförhållanden
- 17 SMHI/Melin 1954:
Vattenföringen i Sveriges floder.
- 18 SMHI mars 1968:
PM nr 91 (internt HBF/HBO). 1965 års spridningsundersökningar i floder.
- 19 SMHI 1971:
Vattenföringsstationsnätet i Sverige. Inventering och utbyggnadsförslag 1970.
- 20 SMHI/Tryselius 1971:
Runoff map of Sweden.
- 21 SMHI 1973:
Vädret, vattnet och Vi.
- 22 SMHI 1976:
Hydrologiska iakttagelser i Sverige. Årsbok 1975.
- 23 SNV/Karlgren 1972:
Riktlinjer för recipientundersökningar.
- 24 SNV/Rosén 1974:
PM 489. Vattenföringsbestämning i Vätterns tillflöden.
- 25 Svenska Vattenkraftföreningens publikationer 1938:
315 (1938:8). Kontinuerlig vattenmängdsmätning genom turbiner och dammluckor.
- 26 Svenska Vattenkraftföreningens publikationer 1941:
340 (1941:5). Produktionskontroll inom vattenkraftindustrin.
- 27 Tekniska högskolan Lund/Hällman, Sandberg, Svensson 1971:
Vattenföringsmätningar i små vattendrag med färgspårämnet Rhodamin B.
- 28 Tekniska Nomenklaturcentralen 1970:
Vattenordlista 2.
- 29 WMO – No 168, 1974:
Guide to hydrological practices.
- 30 WMO – No 385, 1974:
International Glossary of Hydrology.

Bilagor

	Sid
1. Ordförklaringar	48
2a. Volym – tidmetoden	51
2b. Flygelmätning (stångflygel)	53
2c. Ytflottörmätning	67
2d. Inrättande av vattenföringsstation	70
3. Vattenföringsinformation vid SMHI	90
4. Transport av lösta ämnen i vattendrag	106

Bilaga 1

Ordförklaringar

Nedan anges förklaringar till vissa i denna skrift använda allmänna uttryck. Utförligare översikt över bla hydrologiska termer finns i Tekniska Nomenklaturcentralens "Vattenordlista 2".

Allmänt

Avrinningsområde: (för ett vattendrag)	Avgränsat område varifrån vatten avrinner genom en tvärsektion i ett vattendrag; skiljs från angränsande områden genom vattenledare. <i>Anm.</i> Termen nederbördsområde är i första hand att betrakta som en meteorologisk term och bör därför inte användas som synonym till avrinningsområde. I geografisk terminologi förekommer uttrycket dräneringsområde i samma betydelse som avrinningsområde.
Avrinningstal: (hellre än specifik avrinning)	Storhet som anger avrinningen i volym per tid och yta, vanligen l/s. km ² .
Tillrinningsområde: (för en sjö)	Hela det område varifrån vatten rinner till en sjö.
Vattendelare:	Höjdrygg eller annan geologisk bildning som skiljer ett avrinningsområde från ett annat.
Vattenföring:	Flöde av vatten genom en sektion i ett vattendrag; anges i volym per tid, t ex m ³ /s.
Vattenstånd:	Vattenytans nivå i förhållande till ett bestämt horisontellt jämförelseplan. <i>Anm.</i> Förkortningen vst användes då vattenståndet avser pegelns nollplan och förkortningen W då det avser ett annat bestämt nollplan, lokalt eller allmänt ¹⁾ .

¹⁾ Jämför Tekniska Nomenklaturcentralens ordlista.

Hydrometri

Hydrometri:	Vattenmätningsslära och vattenmätningsteknik.
Vattenföringsbestämning:	Metod att genom mätning eller på basis av samband o dyl bestämma vattenföringens medelvärde under visst tidsintervall.
Vattenföringsmätning:	Metod att i fält bestämma den momentana vattenföringen.
Vattenföringsstation:	Anläggning för mätning av vattenstånd och/eller andra parametrar varmed vattenföringen kan bestämmas.
Avbördningskurva:	Kurva som visar vattenföringen som funktion av vattenståndet ¹⁾ .
Bestämmande sektion:	Den sektion i ett vattendrag, vars form bestämmer relationen mellan vattenstånd och vattenföring (avbördningskurvan); återfinnes vanligen i forsnackar.
Flygel:	Instrument för mätning av strömhastighet; består av rotor och räkneverk.
Pegel:	Graderad stång eller annat don för mätning av vattenstånd.

¹⁾ Jämför Tekniska Nomenklaturcentralens ordlista.

Statistik

Karaktäristiska vattenföringar:	Med karaktäristiska vattenföringar menas i dagligt tal statistiska vattenföringsvärden som beskriver flödesvariationerna i en sektion av ett vattendrag. Härmed avses högsta högvattenföring, medelhögvattenföring, medelvattenföring, medellågvattenföring och lägsta lågvattenföring under en följd av år ¹⁾ . Karaktäristiska vattenföringar baseras normalt på dygnsvärden ²⁾ .
Högsta högvattenföring:	Högsta värde på vattenföringen; förkortas HHQ ²⁾ .
Medelhögvattenföring:	Medelvärdet av de enskilda årens högsta värden på vattenföringen; förkortas MHQ ²⁾ .
Medelvattenföring:	Medelvärdet på vattenföringen; förkortas MQ ²⁾ .
Medellågvattenföring:	Medelvärdet av de enskilda årens lägsta värden på vattenföringen; förkortas MLQ ²⁾ .
Lägsta lågvattenföring:	Lägsta värde på vattenföringen; förkortas LLQ ²⁾ .
Varaktighetskurva:	Kurva som visar sambandet mellan vattenföringens storlek och den del av observationstiden under vilken

Bilaga 1

	vattenföringen varit lika med eller högre än angivet värde ²⁾ .
Högsta årsvattenföring:	Högsta årsmedelvärde på vattenföringen under en följd av år ¹⁾ .
Medelvärde av års-vattenföring:	Samma som för medelvattenföring.
Lägsta årsvattenföring:	Lägsta årsmedelsvärde på vattenföringen under en följd av år ¹⁾ .
Högsta månads-vattenföring:	Högsta månadsmedelvärde på vattenföringen för en viss månad under en följd av år ¹⁾ .
Medelvärde av månadsvattenföring:	Medelvärdet av varje års månadsmedelvärde för viss månad på vattenföringen under en följd av år ¹⁾ .
Lägsta månadsvattenföring:	Lägsta månadsmedelvärde på vattenföringen för viss månad under en följd av år ¹⁾ .

¹⁾ Referensperiod skall anges.

²⁾ Jämför Tekniska Nomenklaturcentralens ordlista.

Volym-tidmetoden

Metoden innebär att vattnet uppsamlas i ett kärl med känd volym. Tiden för fyllningen mäts. Följande enkla samband gäller

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = vattenföring (l/s)

V = kärlets volym (l)

t = tiden för fyllning av kärlet (s)

Vattenföringsmätning enligt denna metod är enkel att utföra. Metodens användbarhet är dock begränsad till vattenföringar lägre än ca 15 l/s om ej särskilda åtgärder vidtages. Dessutom fordras en fri och koncentrerad vattenstråle så att vattnet lätt låter sig uppsamlas i kärlet.

Med ovannämnda förutsättningar krävs en blygsam utrustning för mätningen. Endast ett kärl om 15–300 l och ett tidtagarur behövs. Ibland kan avledning av vattnet ge en för mätning acceptabel vattenväg, med utrymme för kärlet under strålen. I så fall kan exempelvis verktyg, rör, virke, spik osv behövas.

Vid låga vattenföringar ($Q < 1$ l/s) kan mätning enligt denna metod utföras av en person. Vid större vattenföringar erfordras 2 personer (en som sköter kärlet och en som sköter tidtagningen).

Volym-tidmetoden kommer bäst till sin rätt vid mätningar i anslutning till mätskibord o dyl. I naturliga vattendrag krävs i regel avledning av vattnet i ränna eller rör. Det är då viktigt att kontrollera att allt vatten kommer med.

Mätningen tillgår alltså så att kärlet förs in under strålen och fylls. Tidtagning påbörjas då vattnet börjar strömma ned i kärlet och avslutas då vattnet börjar flöda över. Fyllningstider kortare än 10 s bör undvikas. Ju större kärlet är i förhållande till vattenföringen, desto säkrare resultat erhålls. Ett kärl som möjliggör mätning av volymen mellan två nivåer i kärlet ger i regel exaktare tidtagning.

Mätningen upprepas minst fem gånger och fyllnadstiden bestäms som medeltalet av de enskilda mätningarnas tider.

Bilaga 2a

Exempel:

Volymen mellan två nivåer i ett oljefat uppmäts till 127 l. Fem fyllningar utförs och tiden för fyllningen mellan de båda nivåmarkeringarna mäts.

Mätning nr	Fyllnadstid s
1	20,7
2	21,2
3	20,2
4	20,9
5	<u>20,3</u>
Medelvärde	20,7

$$\text{Vattenföringen} = \frac{127}{20,7} \text{ 6,1 l/s}$$

Flygelmätning (stångflygel)

	Sid
1. Teori	54
2. Planering – utrustning – underhåll	56
3. Val av mätplats	57
4. Mätning	60
5. Protokollföring	61
6. Utvärdering	62

Bilaga 2b

Flygelmätning (stångflygel)

1. Teori

Metoden grundar sig på "kontinuitetsekvationen".

$$Q = v \cdot A$$

Q = vattenföringen

v = vattnets hastighet i ett tvärsnitt

A = tvärsnittsarean

Den går således ut på att mäta vattenhastigheter i en vald tvärsektion av ett vattendrag i så många punkter att en tillförlitlig bild av hastighetsvariationerna erhålls. Genom integration över tvärsnittsarean (A) erhålls sedan vattenföringen vid måttillfället. Härvid betraktas vattendraget som bestående av ett antal delflöden. Varje delflöde utgörs av produkten av en delyta ($dZ \cdot dB$) och vattenhastigheten (v) i delytan (fig 1).

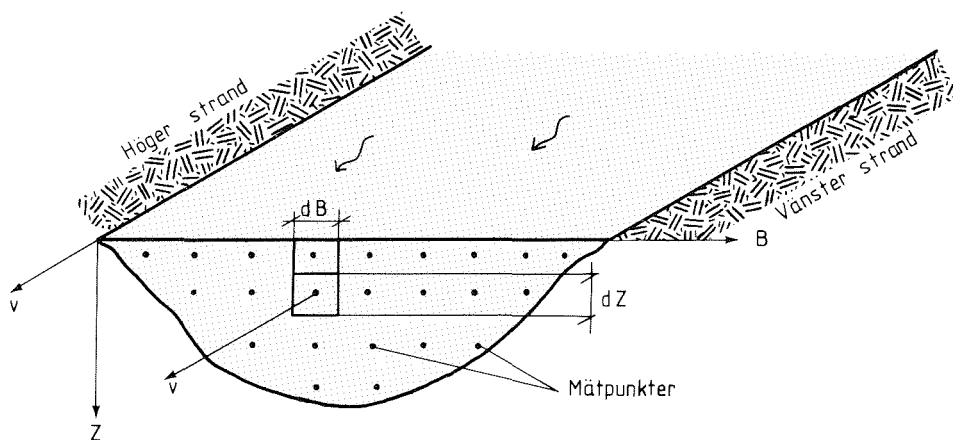


Fig 1.

Bilaga 2b

Om tvärsnittet indelas i ett oändligt (tillräckligt) antal delytor, blir den totala vattenföringen genom tvärsnittet

$$Q = \iint_A v \, dZ dB$$

Dubbelintegralen ovan kan reduceras till en upprepad enkel integral

$$\iint_A v \, dZ dB = \int_0^B \left(\int_0^Z v \, dZ \right) dB$$

Z = vattendjupet

B = vattendragets bredd

Metoden att erhålla vattenföringen blir alltså att först integrera över vattendjupet för varje mätvertikal och därefter integrera över sektionens bredd

$$q_B = \int_0^Z v \, dZ;$$
$$Q = \int_0^B q_B \, dB$$

I praktiken måste naturligtvis antalet mätpunkter begränsas kraftigt. Tillvägagångssättet vid mätning och utvärdering gör dock att mycket goda resultat kan uppnås. Ovannämnda beräkningar, som kan utföras på grafisk väg, beskrivs utförligt under "utvärdering".

För vattenhastighetsmätningen används en flygel (kan sägas vara en propeller som avger ljus – och/eller ljudsignal för ett visst antal varv) vilken kalibrerats på laboratorium för olika hastigheter så att "flygelekvationen" erhållits. Ekvationen bygger på att flygelns varvtal är proportionellt mot vattenhastigheten och har följande utseende.

$$v = k N + c$$

v = vattenhastighet i m/s

k = konstant

N = antal signalintervall/s

c = konstant

Bilaga 2b

Genom att i denna ekvation införa observerade värden på tid och antal signalintervall beräknas vattenhastigheterna i varje mätt punkt i tvärsektionen. I stället för N anges ibland $n = \text{antal varv/s}$. Konstanten k blir givetvis en annan i så fall.

Numera har flyglar konstruerats där man på ett särskilt räkneverk direkt kan avläsa vattenhastigheten i en mätpunkt.

Flygeln kan fixeras på olika sätt i mätpunkterna. Vanligast vid mindre mätningar är att anbringa den på en stång (stångflygel) vilket är det sätt som avses beskrivas nedan.

2. Planering – utrustning – underhåll

Före en mätning inhämtas uppgifter om eventuella mätställen och rekognosceringar på platsen.

Endast i undantagsfall kan en person tänkas klara en flygelmätning ensam. Man bör räkna med att 2 personer behövs; en som sköter flygeln och en som för protokoll. Vid mätning från svag is skall dessutom en person hålla vakt på stranden.

Följande utrustning behövs:

- ☐ Flygel med decimetergraderade stänger, riktningsvisare, kabel, summer med batterier, tidtagarur.
- ☐ Metergraderad lina, mätstång eller annan anordning för uppmätning av sektionen.
- ☐ Yxa, tång, skruvmejsel, tumstock, kniv, spik.
- ☐ Vadarstövlar alternativt vadarbyxor, flytväst.
- ☐ Karta, anteckningsbok och penna.

Om mätning från is skall utföras kan följande tilläggsutrustning bli aktuell:

- ☐ Isborr, isbill, fil, isskopa, skidor, päls, livlina.

Utrustningen skall kontrolleras före avresan, i synnerhet om otillgängliga trakter avses besökas. Speciellt flygeln med dithörande utrustning kontrolleras noggrant.

I många fall är det lämpligt att dubblera viss utrustning, i första hand då summer, flygel och tidtagarur.

Speciella kontroller som bör utföras på flygelutrustningen före resa och/eller mätning:

- ☐ Kontrollera flygelns allmänna kondition, att konstruktionen ej skadats, att förskruvningar fungerar osv.
- ☐ Kontrollera att flygeln ger kontakt, att kabeln ej dragits sönder och att summern avger signal.
- ☐ Utför spin-test! Detta innebär att man kraftigt blåser på propellern och kontrollerar att den roterar avsedd tid och stannar mjukt. Denna tidsperiod är individuell för olika flygeltyper och oftast också för olika flyglar. För flyglar som f_n användes vid SMHI (av Söderlund-typ) rör det sig om 7–17 sekunder. Om flygeln ej kan förmås rotera avsedd tid bör den undersökas närmare.
- ☐ Kontrollera att tidtagaruret fungerar och mäter rätt tid.

Efter mätning/resa är det lämpligt att åter kontrollera flygelutrustningen för

att förvissa sig om att den ej skadats under mätningen. Skulle så ha skett får avgöras huruvida flygeln bör omkalibreras och om mätningen behöver göras om.

För ca var 20:e mätning eller vartannat år bör en flygel omkalibreras. Kalibrering av flyglar kan utföras bl a vid SMHI.

3. Val av mätplats

Fig 2 nedan avser att ge exempel på var en mätplats bör vara belägen för att önskat resultat av vattenföringsmätningen skall kunna uppnås. I exemplet önskas uppgift om vattenföringen vid vattendragets mynning. Eftersom vattenföringen vanligen är i det närmaste konstant mellan två tillflöden i ett vattendrag kan alltså mätningen utföras var som helst på sträckan A—B.

Sel och alltför långa sträckor med lugnflytande vatten mellan avsedd bestämningsplats och mätplats bör undvikas. Varierar tillrinningen sker nämligen en magasinering av vatten på sådana sträckor så att den uppmätta vattenföringen ej är densamma som vattenföringen på bestämningspunkten.

En god sektion för vattenföringsmätning utmärkes i första hand av jämn ström. Strömmen brukar vara jämnare på sträckor med ökande vattenhastighet än med minskande, d v s strömmen är i regel jämnare ovanför en fors än nedanför. Hastigheten liksom djupet bör öka någorlunda likformigt mot mitten av sektionen. Hastigheten bör icke i någon nämnvärd del av sektionen vara så liten att propellern där inte alls eller nätt och jämt går runt. Vid hastigheter under ca 0,2 m/s brukar flyglar ge osäkra värden. Bakström och snedström bör undvikas, d v s vatten bör rinna fram i *en* riktning vinkelrätt mot den valda sektionen. Vid vattenhastigheter över ca 1,5 m/s kan mätning bli besvärlig och riskabel, varjämte det börjar bli svårt att noga bestämma djupet. Brosektioner med pelare undviks liksom sektioner med stora stenblock, mycket vegetation eller djuphålor på botten.

Om mätning skall utföras från is bör noga kontrolleras att ej någon del av sektionen blir förbisedd.

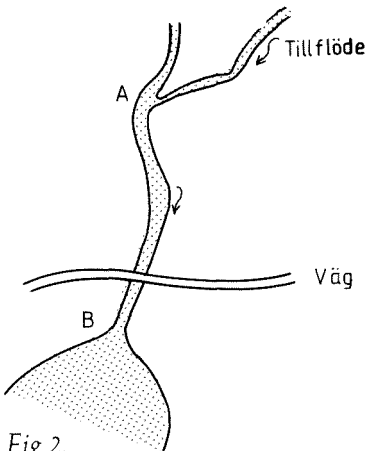


Fig 2.

Bilaga 2b



Fig 3. Utrustning.

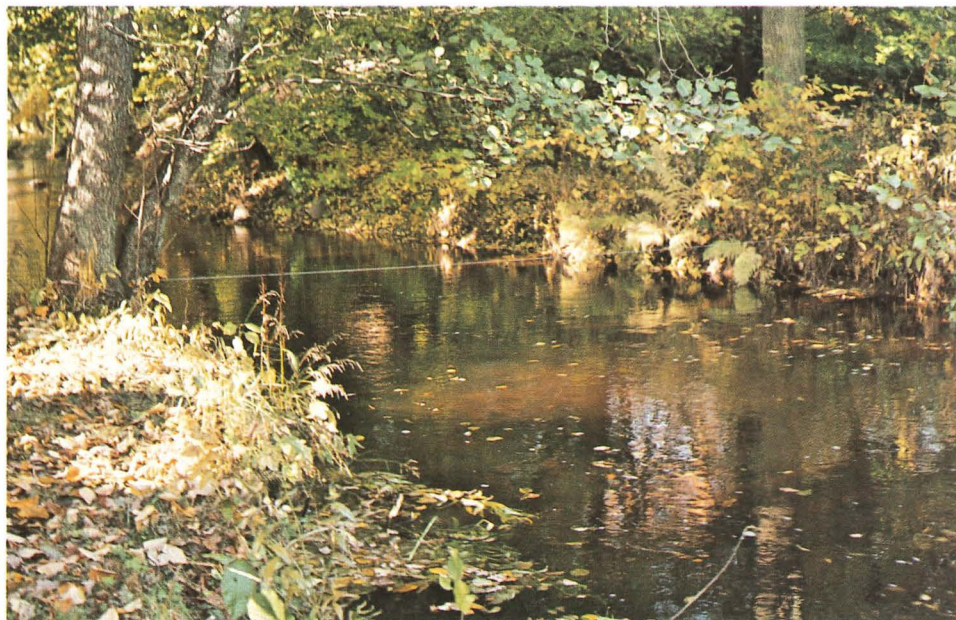


Fig 4. Mätplats.



Fig 5. Flygeln apterad.

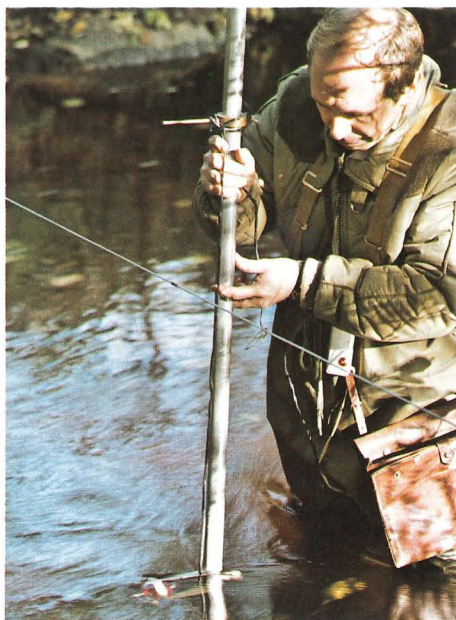


Fig 6. Mätning, vadning.



Fig 7. Mätning från is.

Bilaga 2b

4. Mätning

Om en vattenföringsmätning utförs i syfte att upprätta avbördningskurva måste vattenståndet vid pegeln observeras. Avbördningskurvan behandlas i bilaga 2 d. Ibland kan det vara lämpligt att intill platsen för mätningen markera vattenståndet provisoriskt på en pinne eller dylikt så att variationerna under mätningen kan följas.

Mätlinan spännes vinkelrätt över strömmen och helt över vattenytan. Speciellt om det är fråga om mätning från is är det viktigt att linan stadigt fästs vid båda stränderna så att den kan fungera som säkerhetslina om isen skulle brista. Knutar på en mätlina bör undvikas.

För en fullgod vattenföringsmätning bör följande anvisningar iakttas:

- ☐ I regel bör mätning ske i minst 10 vertikaler. Vertikalerna tags tätare där djupet är stort, där botten sluttar brant eller där vattenhastigheten ändras mycket från en vertikal till en annan. I varje vertikal mäts om möjligt i minst 3 punkter. Vid djup större än 0,5 m mäts i ytterligare en eller ett par punkter beroende på djupet.
- ☐ Mätpunkterna i en vertikal förläggs så att en blir tätt under ytan och en tätt ovanför botten. Vid mätning från is tas en mätpunkt tätt under isen varvid

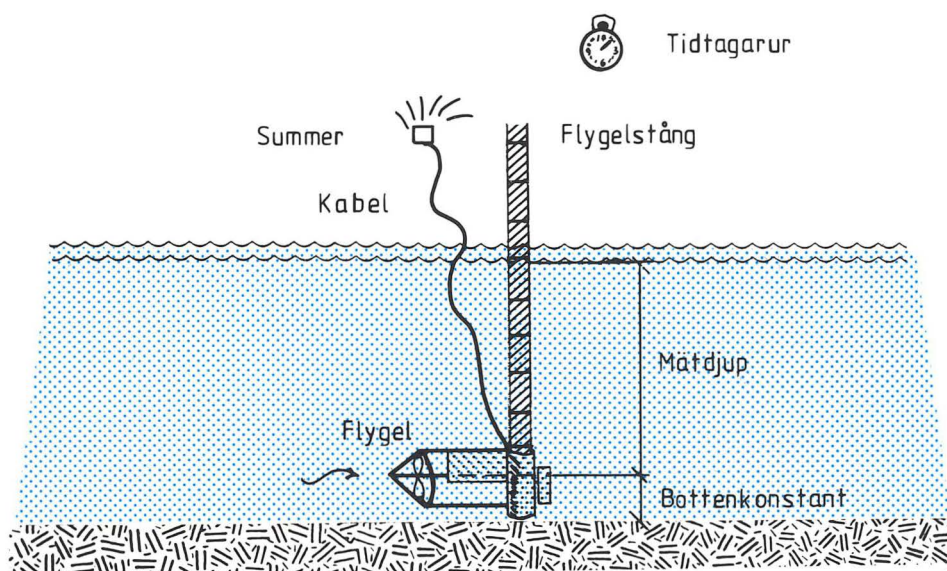


Fig 8. Anordningar vid stångflygelmätning.

djupet från vattenytan till isens underkant antecknas. Mätpunkterna tas tätare där hastighetsskillnaderna är störst.

- ☐ Första mätpunkten i en vertikal utgörs i regel av den som är tätt ovan botten. Den påbörjas efter det att bottendjupet bestämts. Vid mätställen med bottenvegetation kan det i stället vara lämpligt att börja mäta vid ytan.
- ☐ Flygelaxeln hålls vid mätning alltid vinkelrätt mot mätlinan. Riktningssvisare bör finnas anbringad på stängen ovan vattenytan så att axelns riktning lätt kan kontrolleras under mätningen. Stängen hålls lodrätt och stilla både i höjled och sidled under mätning.
- ☐ Mätning i varje punkt görs under en tid av minst 50 sekunder. Vid påtagligt jämna strömförhållanden kan dock tiden minskas något, liksom vid risk för att flygeln skall igensättas av i vattnet kringflytande material. Finns sådan risk bör flygeln kontrolleras mellan varje mätpunkt. Man kan få en uppfattning om strömmens jämnhet ifall man under mätning iakttagert ungefärliga tiden för varje signalintervall. Härigenom minskas också risken för fel genom missade kontakter eller dubbelkontakter. I fall då kravet på mätnoggrannhet ej är så stort kan förenklingar i mätförfarandet accepteras.

5. Protokollföring

I mätprotokollet från en vattenföringsmätning bör följande uppgifter finnas upptagna:

- ☐ Mätplats
 - ☐ Datum för mätning
 - ☐ Mättningsförrättarens namn
 - ☐ Botten- och strömförhållanden
 - ☐ Vind- och nederbördsförhållanden
 - ☐ Flygelnummer och typ
 - ☐ Mätsätt (exempelvis vadning)
 - ☐ Tidpunkter för mätningens början och slut
 - ☐ Avläst metertal vid v str respektive h str
 - ☐ Bottenkonstanten. (Flygelstängerna är i regel graderade med utgång från flygelaxeln, d v s vid till botten nedsänkt flygel är avståndet till botten = avläsningen på stängen vid vattenytan + bottenkonstanten).
 - ☐ Observationer under mätning
 - a Vertikal nr (= $\text{avläst position i m på mätlinan}$)
 - b Måtdjup (anges i regel i cm i protokollet)
 - c Antal signalintervall
 - d Observationstid ($\text{tidtagning påbörjas och avslutas i början av en signal. Tiden anges i sekunder med en decimal}$)
 - e Anmärkning ($\text{Exempelvis förklaringar till speciella hastighetsvariationer, ojämn gång på flygeln o s v.}$)
- Exempel på mättningsprotokoll visas under "Exempel" nedan

Bilaga 2b

6. Utvärdering

Vid SMHI kan vattenföringsmätningar utvärderas maskinellt med hjälp av dator. Vid mätning i mindre skala sker dock utvärderingen med fördel manuellt.

Vid manuell utvärdering blir första åtgärden att med hjälp av gällande flygel-ekvation utvärdera vattenhastigheterna i de olika mätpunkterna. Detta sker enklast med hjälp av räknesticka eller räknedosa. Värdena anges i mätprotokollet i m/s (2 decimaler).

Såsom nämnts i avsnittet "Teori" är det sedan beräkningarna

$$q_B = \int_0^z v \, dZ \quad \text{och} \quad Q = \int_0^B q_B \, dB$$

som skall utföras. Praktiskt sett innebär detta att två typer av ytor skall beräknas.

I första fallet gäller det ytan mellan v - och Z -axlarna när de med hjälp av flygel-ekvationen uträknade vattenhastigheterna i de olika mätpunkterna i en mätvertikal plottats mot djupet i vertikalen (fig 9).

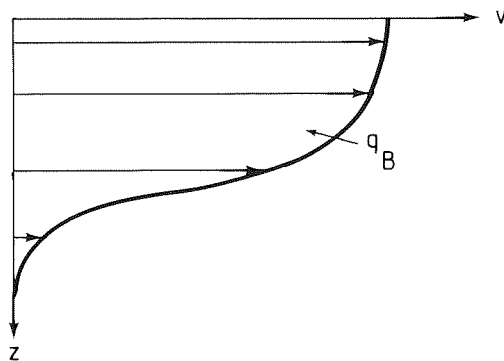


Fig 9. Hastighetsdiagram.

Mot djupaxeln avsätts förutom djupen för mätpunkterna även bottendjupet (ofta = nedersta mätpunktens djup + bottenkonstanten).

Ytberäkningen kan ske genom ruträkning, avstickning eller planimetrering. Beräkningen utförs för varje mätvertikal.

I den andra delen av beräkningen är det ytan mellan q_B -axeln och B -axeln (fig 10) som skall bestämmas.

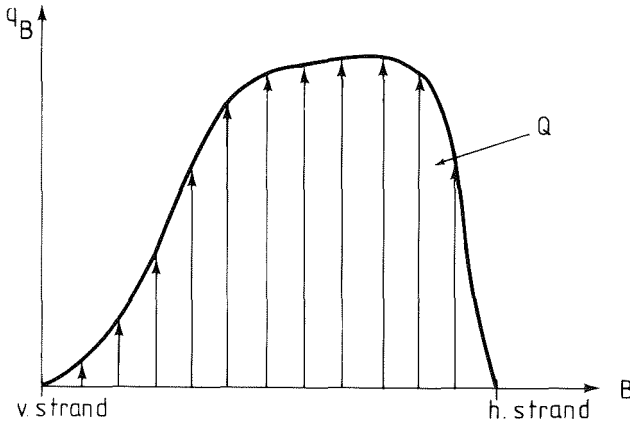


Fig 10. Vattenföringskurva.

Här avsätts alltså de tidigare för varje vertikal erhållna q_B -värdena mot sektionbredden. Den streckade ytan i fig. utgör vattenföringen vid måttillfället.

I regel utförs även en ytberäkning för att få sektionsarean. Denna kan alltså utföras grafiskt enligt fig 11.

Den erhållna ytan (A i fig) representerar sektionsarean.

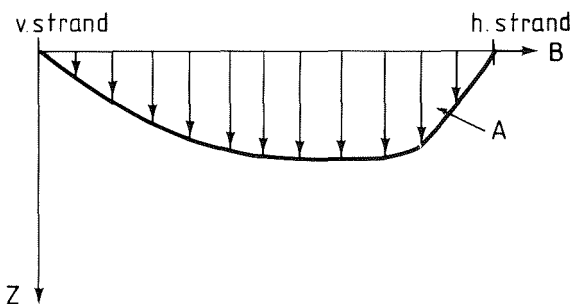


Fig 11. Flodsektion.

Bilaga 2b

Ett speciellt problem vid utvärderingen av en vattenföringsmätning brukar vara att rätt hantera de olika skalor som måste användas vid uppritningen så att rätt sort erhålles i slutresultatet. Följande uppställningar underlättar arbetet.

Hastighetsdiagram: Hastighet $1 \text{ m/s} = \text{_____ cm}$
Djup $1 \text{ m} = \text{_____ cm}$
Yta (q_B) $1 \text{ m}^2/\text{s} = \text{_____ cm}^2$

Vattenföringskurva: Längd $1 \text{ m} = \text{_____ cm}$
Höjd $1 \text{ m}^2/\text{s} = \text{_____ cm}$
Yta (Q) $1 \text{ m}^3/\text{s} = \text{_____ cm}^2$

Flodsektion: Längd $1 \text{ m} = \text{_____ cm}$
Djup $1 \text{ m} = \text{_____ cm}$
Yta (A) $1 \text{ m}^2 = \text{_____ cm}^2$

I dessa uppställningar erhålles det sista värdet (ytskalan) genom multiplikation av de båda valda värdena som står ovanför. Skalorna väljes lämpligen så att samtliga uppritningar går in på ett ark av A2- eller A3-format.

Vid beräkningarna framtages och anges i samband med mätresultatet vissa intressanta värden, vilka framgår av exemplet nedan.

Vid utvärdering av mätning från is bör observeras att endast avståndet mellan isens underkant och botten skall ingå vid beräkning av hastighetsdiagram och flodsektion.

Manuell utvärdering av vattenföringsmätning bör granskas av annan person än beräknaren. Mättningsförrättaren bör antingen beräkna mätningen eller granska beräkningen. Eventuellt anges ett allmänt omdöme om mätningen, speciellt om den skall användas för upprättande av avbördningskurva.

Exempel

Exemplet nedan visar stegen i mät- och beräkningsgången. Beräkning av hastigheterna i mätpunkterna kan utföras i själva protokollet, vilket gjorts här. Mätprotokollet upptar – förutom förut nämnda uppgifter – även uppgifter om stationsnamn samt avlästa och avvägt vattenstånd vid pegeln. Dessa uppgifter behövs om mätningen skall användas för upprättande av avbördningskurva.

Mätprotokoll (utdrag ur fältbok)

Station: 42 - 1910 Storsillret

Datum: 1966-09-20

Förrättare: Harald Andersson

Avl. vst. kl. 12.00: 76 cm

Avl. vst. kl. 15.00: 76 cm

Avvägt W kl. 15.00: +8.92 m

Måttälle: c:a 1,5 km nedströms pegeln

Botten: Grus, jämn ström

Väder: Hård V. vind, uppehållsväder

Flygel: 134 stång

Måtsätt: Vadning

Mätning börjar kl. 13.20, slutar kl. 14.00

Mätsektion: H.str. 12.2 m, V.str. 4.1 m

Djup = bo + 4[Ⓢ]

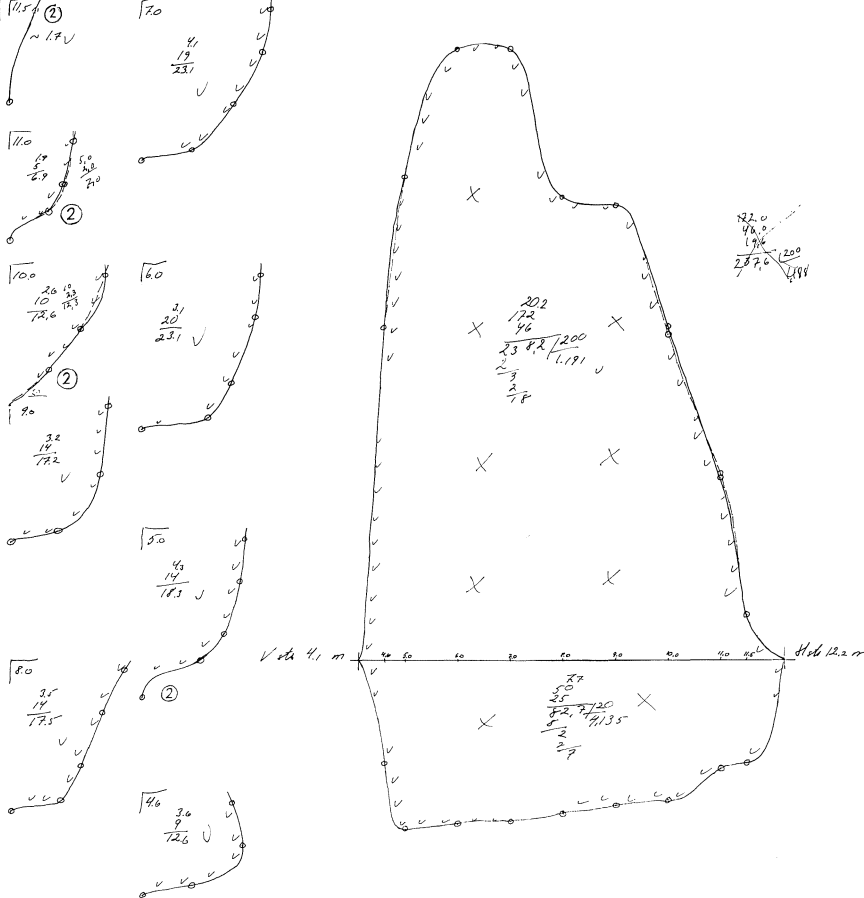
vertikal (m)	måtdjup (cm)	antal signal- intervall	tid (s)	anm.	beräkn. hastighet (m/s)	granskn.
11.5	35 bo [Ⓢ] 4	står [Ⓢ] står o går				
11.0	37 bo [Ⓢ] 30 20 4	står [Ⓢ] 1 2 2	62.8 56.2 47.2	0.15 0.20 0.24	✓ ✓	
10.0	49 bo [Ⓢ] 40 25 4	står ibland [Ⓢ] 1 2 3	63.0 42.6 43.4	0.15 0.27 0.36	✓ ✓	
9.0	51 bo [Ⓢ] 30 4	2 3 4	74.8 47.0 56.0	0.18 0.34 0.37	✓ ✓ ✓	
8.0	53 bo [Ⓢ] 40 20 4	1 3 3 4	32.4 60.0 45.4 48.0	0.19 0.27 0.35 0.43	✓ ✓ ✓ ✓	
7.0	57 bo [Ⓢ] 40 20 4	1 3 4 5	35.4 44.4 44.4 52.2	0.19 0.35 0.46 0.49	✓ ✓ ✓ ✓	
6.0	58 bo [Ⓢ] 45 20 4	2 3 4 4	44.2 46.2 47.4 45.6	0.25 0.34 0.43 0.45	✓ ✓ ✓ ✓	
5.0	60 bo [Ⓢ] 50 40 20 4	står 2 3 4 4	50.4 51.2 57.0 53.2	0.22 0.31 0.37 0.39	✓ ✓ ✓ ✓	
4.6	35 bo [Ⓢ] 20 4	2 3 3	67.0 41.4 47.0	0.19 0.38 0.34	✓ ✓ ✓	

Räkn./J.K. Gr./Sta.

Kommentarer:

- 1 Innebär i detta fall att 4 cm skall adderas till angivet djup vid avsättning av botten-djupet i beräkningsdiagrammet.
- 2 Invid botten förekommer ibland partier med ojämn ström eller mycket små hastigheter. Vid uppritning av hastighetsdiagrammen är det värdefullt att erhålla dylika upplysningar.

Beräkningsdiagram

[illegible]

Kommentarer:

- 2 Invid botten förekommer ibland partier med ojämn ström eller mycket små hastigheter. Vid uppritning av hastighetsdiagrammen är det värdefullt att erhålla dylika upplysningar.
- 3 Flygelekvationen bör framgå någonstans i redovisningen; lämpligen i huvudet till beräkningsdiagrammet som i detta fall.

$V_{\max}$ = maximala hastigheten i mätsektionen

V = medelhastigheten i mätsektionen

b = mätsektionsbredden

t = största bottendjupet i mätsektionen

Vytmax= maximala ythastigheten i mätsektionen

Ytflottörmätning

Ytflottörmetoden bygger på förhållandet att vattenföringen genom ett tvärsnitt av ett vattendrag är lika med tvärsnittsarean multiplicerad med vattnets medelhastighet i tvärsnittet. Vattnets medelhastighet erhålls genom att ett föremål (flottör) får flyta med strömmen en viss – i förväg uppmätt – sträcka. Eftersom vattendrag i regel har sin största hastighet vid ytan ungefär mitt i fåran blir det denna hastighet som uppmäts. Den korrigeras därför med en erfarenhetsmässigt framtagna faktor så att medelhastigheten erhålls. Tvärsnittsarean skall vara en medelarea för den uppmätta sträckan.

$$Q = k \cdot v_{\max} \cdot A_{\text{medel}}$$

- Q = Vattenföringen (m^3/s)
 k = Konstant varmed $v_{\max}$ skall multipliceras för att erhålla medelhastigheten
 $v_{\max}$ = Den uppmätta maximala ythastigheten (m/s)
 A_{medel} = Tvärsnittsarean (medeltal) på sträckan (m^2)

Genom metodens enkelhet frestas man lätt att övervärdera dess användbarhet varför en varning kan vara lämplig. Metoden bör endast användas då ingen annan metod är tillgänglig eller ekonomiskt försvarbar och då en grov uppskattning är tillfyllest.

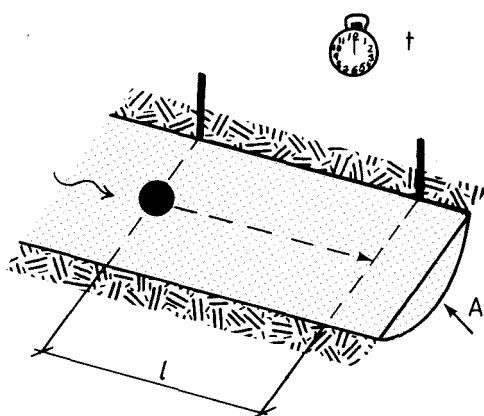
Någon större utrustning behöver i regel ej medföras för att mätning skall kunna utföras. Tidtagarur och tumstock brukar räcka. Flottören kan bestå av en pinne eller annat flytande föremål som finns tillgängligt på platsen. Är det fråga om ett större vattendrag där vadning ej kan ske, bör båt, mätlina och pejlstång medföras för uppmätning av tvärsnittsarean.

Många gånger kan mätning i mindre vattendrag klaras på en halvtimme av en person.

Mätplatsen bör bestå av en sträcka med jämnt framflytande ström utan holmar, uppgrundningar eller alltför mycket vegetation. Bakedor undviks liksom

Bilaga 2c

fallsträckor. Mätsträckans längd bör vara så avpassad att flyttiden blir minst ca 10 sekunder.



$$V_{\max} = \frac{l}{t}$$

Fig 1. Mätning.

Före tidtagning bör uppmätning av tvärsnittsarean ske. Detta kan åstadkommas genom att mäta djupet i 5–10 punkter i 2–3 tvärsnitt på den valda mätsträckan. För varje tvärsnitt beräknas arean genom att multiplicera medelvärdet av de uppmätta djupen med tvärsnittens bredd. A_{medel} kan sedan sättas = medelvärdet av areorna i de uppmätta tvärsnitten.

Vid mätning ikastas flottören i den del av fåran som har största hastigheten. Flottören bör nå vattenytan en bit uppströms själva mätsträckan, som bör markeras med käppar eller dylikt vid stranden. Tidtagning börjar och slutar då föremålet passerar markeringarna. Mätningen bör upprepas ca 5 gånger. Det bör observeras att mätning måste undvikas då risk för inverkan av vind på flottören förekommer.

En stor osäkerhetsfaktor vid beräkning av vattenförlingar med denna metod utgör sambandet mellan maximala ythastigheten och medelhastigheten, k -värdet. Den uppställning härpå som verkar mest anpassad till svenska förhållanden har utförts av Bo Hellström (KTH) 1946. Den återges nedan i komprimerad form.

k-värde			
Mkt. ojämn botten sten och/eller vass och gräs	Något ojämn botten; sten	Jämn botten; sand eller grus	Jämn konstgjord sektion med trä, stål eller betong
0,5	0,6	0,7	0,8

En annan uppställning har utförts av British Standard 1964.

Exempel

Vid ett vattendrag med lugnflytande vatten, sandig bädd, en viss växtlighet (gräs), markerades en sträcka på 5 m för bestämning av aktuell vattenföring.

Vattendragets bredd var i början och slutet på den uppmätta sträckan 2,2 resp. 2,6 m. För beräkning av A_{medel} bestämdes djupet på 5 punkter i dessa båda sektioner

djup sekt A₁

0,12 m

0,35 m

0,50 m

0,44 m

0,23 m

$$A_1 = \frac{1,64 \cdot 2,2}{5} = 0,72 \text{ m}^2$$

djup sekt A₂

0,21 m

0,36 m

0,58 m

0,35 m

0,18 m

$$A_2 = \frac{1,68 \cdot 2,6}{5} = 0,87 \text{ m}^2$$

$$A_{medel} = \frac{0,72 + 0,87}{2} = 0,80 \text{ m}^2$$

v_{max} bestämdes genom att 5 ggr låta en barkbit flyta den utmätta sträckan varvid följande flyttider noterades.

17,8 sek

16,8 "

15,3 "

16,9 "

16,2 "

83,0 "

$$v_{max} = \frac{5 \cdot 5}{83,0} = 0,30 \text{ m/s}$$

Koefficienten k enligt ovanstående tabell är för en sektion med vegetation 0,5 och för en relativt jämn sektion med sand och grus 0,7. Med ledning härav väljes i detta fall värdet 0,6.

$$Q = 0,6 \cdot 0,3 \cdot 0,8 = \underline{0,14 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Bilaga 2d

Inrättande av vattenföringsstation

	Sid
1. Inledning	71
2. Bestämmande sektion	72
3. Planering – rekognoscering	73
4. Byggande av fast skala	75
4.1 Allmänt	75
4.2 Material och utförande	75
4.3 Val av pegeltyp	76
4.4 Pegelns plan- och höjdläge	81
5. Vattenföringsstationens allmänna skötsel	84
6. Avbördningskurvan	84
7. Observationer, databehandling	88

Inrättande av vattenföringsstation

1. Inledning

Vid en vattenföringsstation av den typ som beskrivs nedan (naturlig bestämmande sektion) utnyttjas sambandet mellan vattenståndet och vattenföringen i ett vattendrag. Sambandet bestäms genom kalibrerande vattenföringsmätning. Förutsättningarna för att en sådan station skall kunna fungera, sammanhänger i första hand med vattendragets utseende och strömningsförhållandena på platsen. Bl a måste en bestämmande sektion finnas.

Beskrivningen avser upprättande av vattenföringsstation av enklare typ d v s en pegel bestående av fast skala med manuella avläsningar och manuell bearbetning av observerade värden.



Fig 1. Vattenföringsstation.

Bilaga 2d

2. Bestämmande sektion

I rinnande vatten kan rörelsen vara strömmande eller stråkande. Vilket tillstånd som föreligger beror av vattenhastighetens förhållande till våghastigheten (v_c = den hastighet varmed uppkomna vågor fortplantas).

$$v_c = \sqrt{g \cdot t}$$

g = jordaccelerationen ($9,82 \text{ m/s}^2$)

t = vattendjupet i m

Är vattenhastigheten mindre än v_c föreligger strömmande rörelsetillstånd; är vattenhastigheten större än v_c så är vattnet stråkande. I strömmande vatten kan vågrörelser fortplanta sig uppströmsåt men ej i stråkande. Ett sätt att avgöra rörelsetillståndet är därför att åstadkomma vågor. Kan vågorna gå mot strömmen är alltså rörelsetillståndet strömmande.

En sektion där övergång sker från strömmande till stråkande rörelse är en bestämmande sektion eller kontrollsektion, (fig 2). Övergången sker med kontinuerlig hastighetsstegring och kontinuerlig vattenståndssänkning, orsakade av någon diskontinuitet i åfaran – en förträngning, en ökning av bottenlutningen eller en minskning av skrovligheten. Övergång från stråkande till strömmande vatten sker däremot i ett vattensprång där vattenståndet tvärt stiger.

Goda bestämmande sektioner förekommer relativt sparsamt i våra vattendrag. De återfinns vanligen i forsnackar, vilka bland annat är belägna i eller omedelbart nedströms sjöutlopp.

Ifall den bestämmande sektionen utgörs av en tröskel av något slag – naturlig eller anlagd – sker övergång från strömmande till stråkande vatten vid tröskeln, om nedströmsvattenytans höjd över tröskeln är lägre än ca $2/3$ av uppströmsvattenytans höjd över densamma.

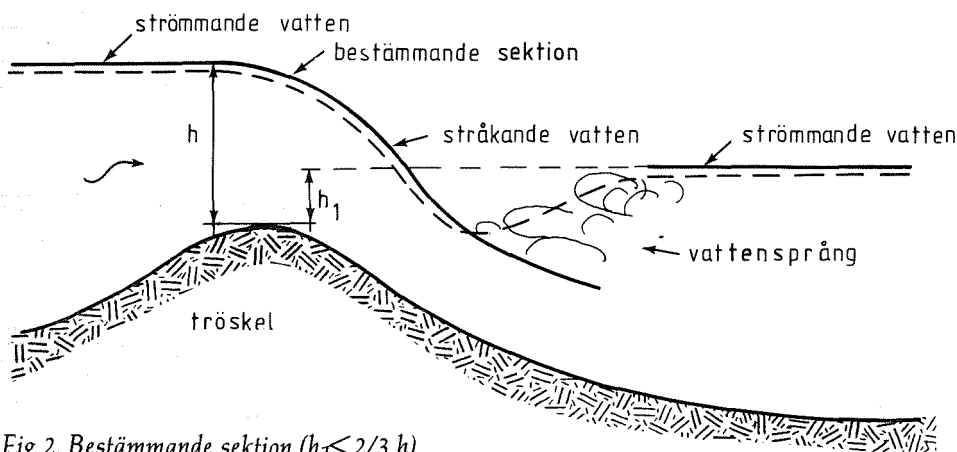


Fig 2. Bestämmande sektion ($h_1 < 2/3 h$)

Omedelbart uppströms en bestämmande sektion råder ett entydigt samband mellan vattenståndet (W) och vattenföringen (Q). Om sektionen är belägen vid utloppet av en lugnvattenbassäng omfattar sambandet hela lugnvattensträckan uppströms sektionen

$$Q = f(W)$$

Sambandet åskådliggörs vanligen grafiskt i form av en avbördningskurva upprättad på grundval av en serie vattenföringsmätningar. Efter observation av vattenståndet vid stationen erhålls vattenföringen med hjälp av avbördningskurvan.

Sambandet mellan vattenstånd och vattenföring kan ibland störas så att en viss sektion ej är bestämmande vid alla förekommande vattenföringar eller vid alla tillfällen. Störningarna kan orsakas av

- ☐ dämning genom is och snö
- ☐ dämning genom vegetation
- ☐ dämning från nedanförliggande kraftstation, damm, sjö, hav eller vattendrag
- ☐ föränderlig botten i bestämmande sektionen

3. Planering – rekognoscering

Oftast föreligger krav på att en vattenföringsstation skall representera ett visst bestämt avrinningsområde. Emellertid förekommer i våra vattendrag endast undantagsvis goda förutsättningar för vattenföringsstationer. Inrättandet av stationen bör därför föregås av en noggrann planering och rekognoscering, inte minst av kostnadsskäl. Experthjälp är att rekommendera, speciellt i detta skede.

Rekognosceringen i fält bör föregås av en så ingående kontorsplanering som möjligt. Vid genomgång av tillgängligt kartmaterial preciseras de ifrågakommande vattendragssträckorna, varvid hänsyn också tages till alternativa lösningar (station i biflöde, annat vattendrag etc). I regel torde en avvikelse beträffande en vattenföringsstations placering på högst ca 10% från avsett avrinningsområde kunna accepteras.

Behövlig utrustning vid rekognosceringen är främst gott kartmaterial (helst topografiska eller ekonomiska kartan), anteckningsmöjligheter, kamera och eventuellt avvägningsutrustning. En kompass underlättar orienteringen.

Rekognosceringen syftar till att finna platser i avsett vattendrag där följande frågor belyses så utförligt som möjligt.

- ☐ Bestämmande sektionens stabilitet (vilket material består botten av?) och form (vilken bredd?, flera grenar?).

Frågorna har stor betydelse vid bedömning av en eventuell avbördningskurvas tillförlitlighet.

Bilaga 2d



Fig 3. God bestämmande sektion.

- ☐ Förekommande dämningar (vilka typer och vid vilka tillfällen de kan uppträda).
Platser där större inverkan på sambandet vattenstånd–vattenföring förekommer bör undvikas. Särskilt beaktas vilka isförhållanden som råder på platsen.
- ☐ Möjligheterna att utföra vattenföringsmätningar.
Möjligheter måste finnas att utföra vattenföringsmätningar i stationens närhet vid alla förekommande vattenföringar.
- ☐ Pegelns placering och utförande.
 - a. För att erhålla ett för vattenföringsbestämning så representativt vattenstånd som möjligt bör pegeln i regel placeras i så nära anslutning som möjligt till bestämmande sektionen. Om bestämmande sektionen ligger vid utloppet av en sjö är detta dock ej lika viktigt. Då kan frågor om t ex vinddrift, vågskvalp eller seicher (lufttrycksinitierade pendlingar, som företrädesvis uppträder i avlånga sjöar) bli avgörande före representativiteten och därmed för pegelns placering.
 - b. Pegeln bör ha ett sådant läge att den så långt som möjligt är skyddad för påverkan av is eller timmer.
 - c. Markbeskaffenheten på pegelplatsen bör vara sådan att pegeln blir stabil. Rubbningar i höjddled får ej förekomma.
 - d. Vattenståndet skall på ett enkelt sätt kunna observeras på skalan vid alla förekommande vattenstånd (högsta och lägsta förekommande vattenstånd på platsen undersöks).
 - e. Möjligheter måste finnas att utlägga minst 2 stabila höjdfixpunkter i pegelns närhet för kontroller av dess nollpunkt.

f. Vissa pegeltyper (i regel registrerande peglar) kräver att tillgång till elektricitet finns samt att platsen är tillgänglig för schakt- eller grävmaskiner.

☐ Markägarens synpunkter.

Efter bedömning av pegelns placering i vattendraget (markera på karta) inhämtas markägarens synpunkter på byggnation och eventuell ersättning här för. Namn och beteckning på fastigheten antecknas.

☐ Observatörsfrågan.

Möjligheterna att erhålla observatör för stationen bedöms.

☐ För vissa ändamål måste man klargöra regleringsförhållanden och ytvattendelarens läge. Om exempelvis naturliga tillrinningar avses bestämmas till en sjö så bör vattenföringen i det vattendrag där stationen placeras antingen vara naturlig eller nära naturlig. Skall avrinningstal beräknas med hjälp av stationen, får man komma ihåg att inverkan på beräknade avrinningstal av felaktigheter vid uttagning av ytvattendelaren blir större ju mindre avrinningsområdet är.

För att erhålla bästa möjliga läge för en vattenföringsstation erfordras i regel flera besök vid de alternativa platser som framkommit vid första rekognosceringen. Dessa besök bör då förläggas så att platserna undersöks vid olika vattenföringar och olika årstider. Först herefter bör slutligt stationsläge fastställas.

4. Byggnad av fast skala

4.1 Allmänt

Före byggnations påbörjande bör överenskommelse träffas med markägare om att få bygga på avsedd plats och att få besöka platsen för observationer och inspektioner.

En fast skala är en anordning för mätning av vattenstånd och består i detta fall av skaldelar monterade på ett vertikalt stöd. De krav som i första hand bör ställas på en fast skala är att den skall gå lätt att avläsa, att den skall vara vertikalt monterad och att dess läge icke skall rubbas vare sig i höjddel eller beträffande lutning. Av dessa villkor är kravet på orubblighet det svåraste att uppfylla. Ofta inträffar rubbningar på grund av att pegelstenar tjälskjuts, likaså händer det ofta att peglarna bryts ner av is eller timmer. I stora sjöar med kraftiga vågrörelser kan peglarna utsättas för avsevärda vågkrafter, i allmänhet dock utan att direkt skada uppstår.

4.2 Material och utförande

Skaldelarna, som oftast är utförda av emaljerad stålplåt i halvmeterslängder, kan fästas på en träplanka, (pegelfoder) eller direkt på en grov trästock (pegelstock). På sådana ställen där pegelstocken i sin hela längd har stöd av exempelvis en dammsida av betong behövs ej något ytterligare stöd. P g a ofrånkomliga rostangrepp bör järn i klena dimensioner undvikas i pegelkonstruktioner. För det fall en konstruktion väljes där pegeln sticker upp ovanför pegelfästets krön eller över sjöbotten synes dock pegelstock av järn kunna rekommenderas. För en pegelanläggning i en sjö är det i regel tillräckligt att ta hänsyn till tjälskjutning samt ett horisontellt istryck om ca 15 ton som träffar pegelns övre del.

Bilaga 2d

Där fäste för pegeln behöver byggas finns i princip två alternativ att tillgå. Antingen kan pegeln fästas vid en uppstickande balk eller också anordnas en monolit vid vilkens lodräta sida pegeln fästs. I det senare alternativet kan man tänka sig monoliten utförd som tråkista eller av betong. Betong är givetvis ett förstklassigt material, men kräver vattentät kvalitet och noggrann gjutning för att icke frätas sönder. För att ernå tillräcklig stabilitet åtgår också tämligen stora kvantiteter. Även fyllda betongrör av 2 meters diameter kan vara otillräckliga för att motverka tippning eller glidning till följd av istrycket.

Ibland förekommer att en över pegelfästets krön uppstickande pegelbalk stagas med vinkeljärn eller dyliskt. I allmänhet torde det vara att föredraga att ge pegelbalken tillräcklig dimension.

Till en över pegelfästets krön upp till 1 m uppstickande järnbalk bör väljas profilen DIP 20.

Som pegelstock väljes 150x150 mm. Där pegelstocken placeras inuti en DIP 20-balk väljes 75x175 mm.

Fästbultar i sten eller betong väljes av 25 mm:s tjocklek. Hålen göres 0,5 m djupa och med större diameter än bultarna samt fylls helt med en cementvattenblandning varefter bultarna sticks in. Sedan cementen hårdnat monteras pegelstocken eller järnbalken. Expanderbult kan också användas.

Överkanten av en pegelstock snedkapas så att vatten kan rinna av. Skyddsplåt behövs ej, den är bara i vägen vid kontrollavvägningen. Helst används tryckimpregnerat virke.

Pegelskalor orienteras så att de lätt kan avläsas, således aldrig vettande utåt sjön. Skalorna fästs med förzinkad skruv med kullrigt huvud och med skyddsbricka av plast. Av skalorna tages varannan meter svart (jämna metertal) och varannan röd (udda metertal).

Stenar som väljs till pegelfästen skall gå ned till frostfritt djup.

4.3 Val av pegeltyp

Valet av lämplig pegeltyp bestäms av de lokala förutsättningarna. I det följande beskrivs 7 olika utföranden. Nedanstående översikt kan tjäna som vägledning vid valet mellan dem.

Där is eller störande flottning ej förekommer väljs en pegelstock av trä enligt typ 1.

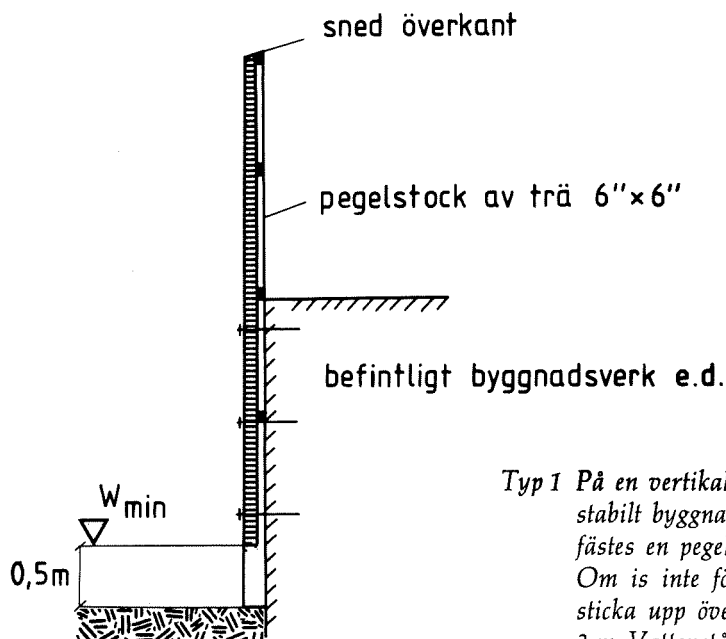
Där is eller störande flottning förekommer väljs en pegelstock av trä enligt typ 1 som då icke får sticka upp över fästets krön, eller också väljs en järnbalk enligt typ 2.

Finns befintligt byggnadsverk såsom kaj, betongdamm, landfäste el dyl eller berg eller sten med vertikal sida utförs pegeln enligt typ 1 eller 2.

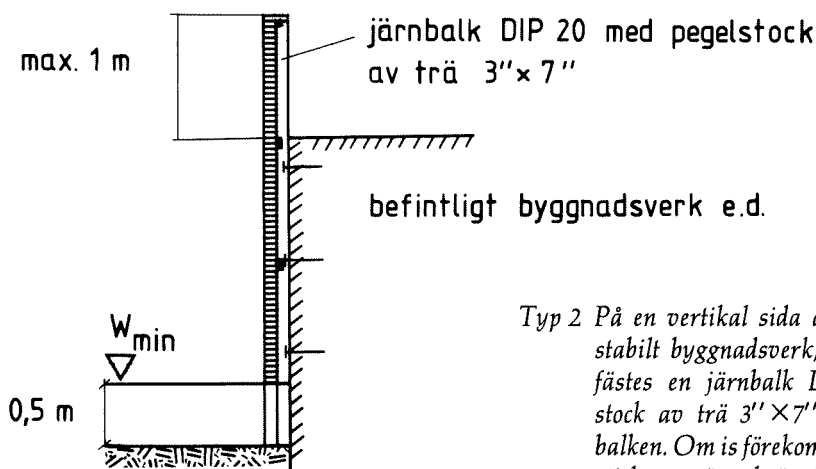
Finns berg eller sten med starkt sluttande sida väljes typ 3 eller 4. Typ 4 kräver ett omsorgsfullare arbete varför typ 3 av ekonomiska skäl i regel torde vara att föredra.

Finns berg eller sten med horisontell yta eller svagt sluttande sida väljs typ 5.

Saknas berg eller sten utförs pegeln enligt typerna 6–7, vilka är lämpliga där botten är lös och stenfri.

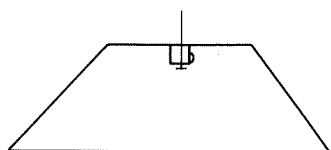
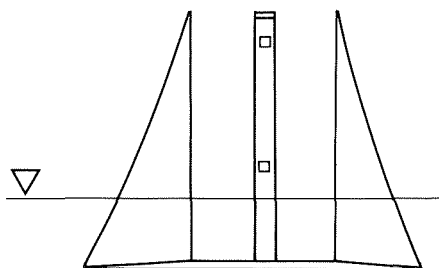
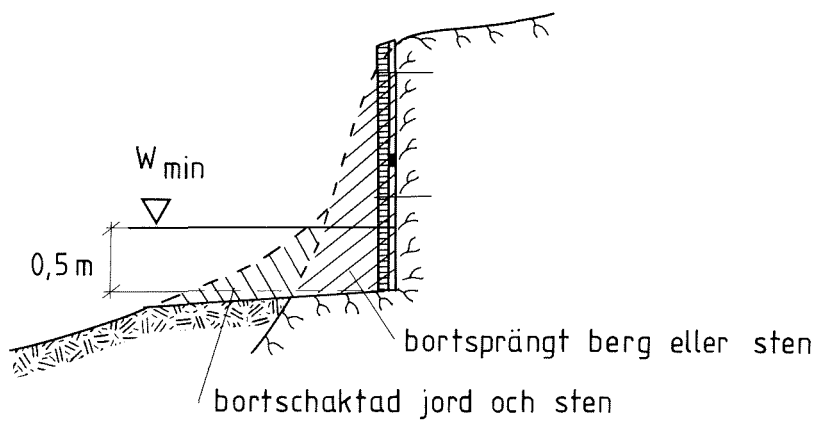


Typ 1 På en vertikal sida av ett befintligt, stabilt byggnadsverk, berg eller sten fästes en pegelstock av trä 6"×6". Om is inte förekommer kan pegeln sticka upp över krönet maximalt ca 3 m. Vattenstånd ända ned till botten kan i så fall mätas. Om is förekommer får pegeln icke sticka upp över krönet och en bottenmarginal om minst 0,5 m måste lämnas.



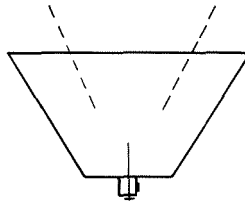
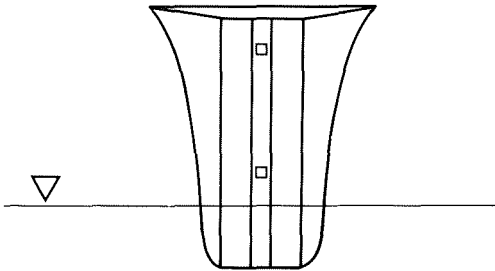
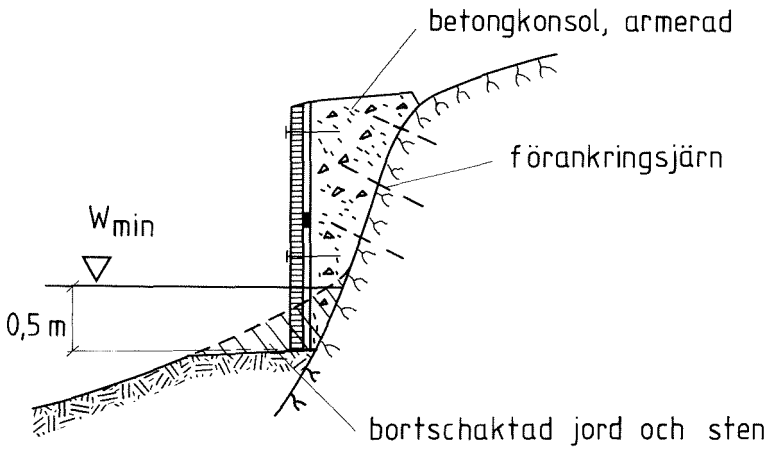
Typ 2 På en vertikal sida av ett befintligt, stabilt byggnadsverk, berg eller sten fästes en järnbalk DIP 20. Pegelstock av trä 3"×7" fästes i järnbalken. Om is förekommer kan balken sticka upp över krönet 1 meter. Bottenmarginal om minst 0,5 m måste avstås.

Bilaga 2d



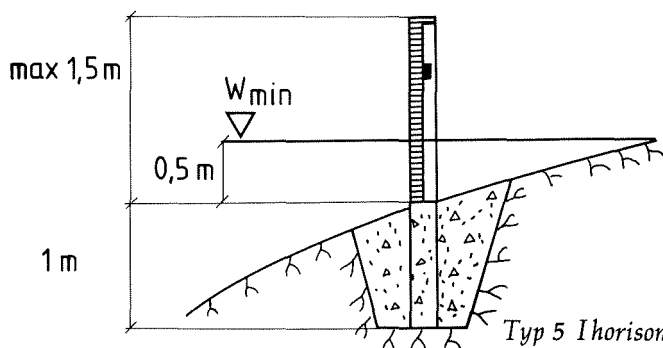
Typ 3 I berg eller sten med starkt lutande sida sprängs en ficka ut så att en vertikal sida erhålles. Pegeln anordnas sedan av trä enligt typ 1 eller med järnbalk enligt typ 2.

Bilaga 2d

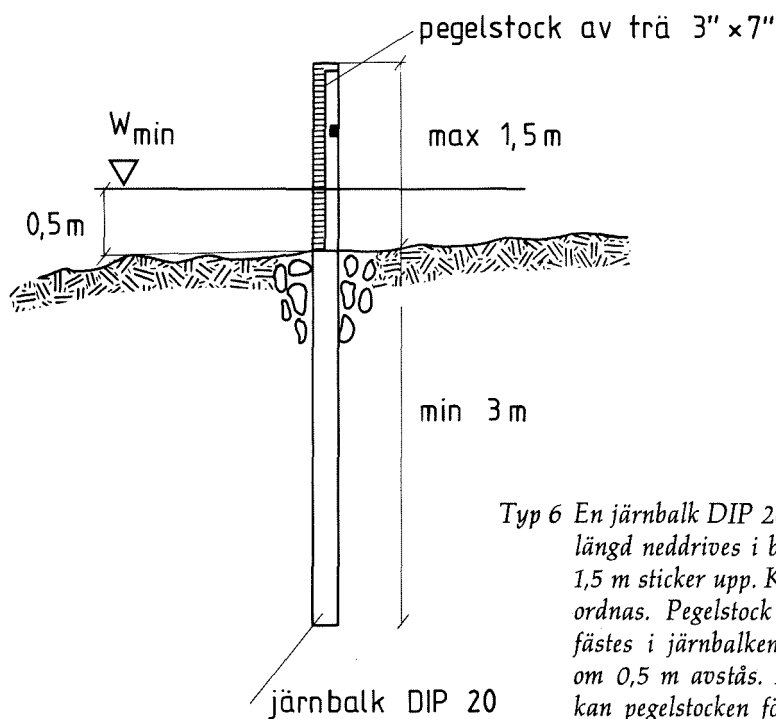


Typ 4 På berg eller sten med starkt lutande sida gjutes en betongkonsol så att en vertikal sida erhålles. Betongen armeras och förankras i berget respektive stenen. Pegeln anordnas sedan enligt typ 1 eller 2.

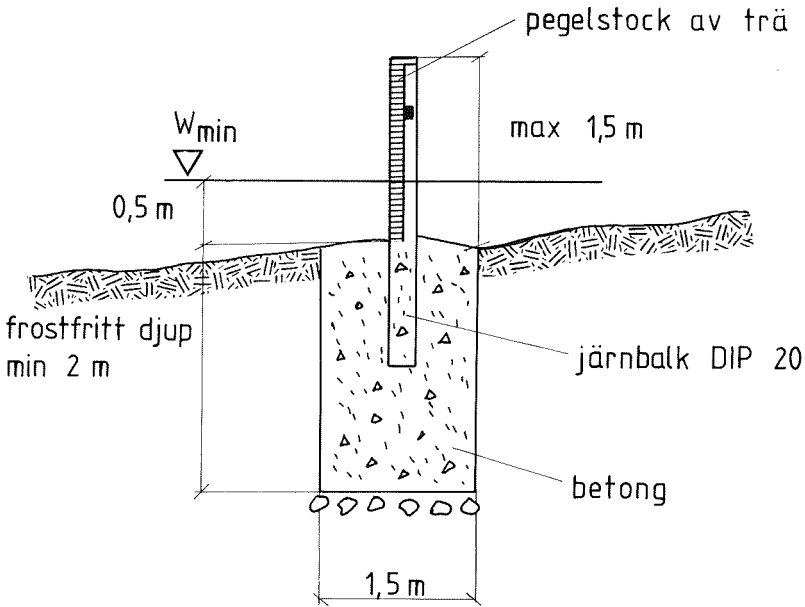
Bilaga 2d



Typ 5 I horisontellt eller svagt sluttande berg eller sten spränges en grop med ett djup av minst 1 m. Gropen fylls med betong vari en järnbalk DIP 20 placeras. Pegelstock av trä 3' x 7' fästes i balken. Om is ej förekommer kan balken tillåtas sticka upp maximalt 1,5 m. Om is ej förekommer kan balken göras högre eller pegelstocken tillåtas sticka upp över balken. Minsta bottenmarginal vid is är 0,5 m.



Typ 6 En järnbalk DIP 20 om minst 4,5 m längd neddrives i botten så att högst 1,5 m sticker upp. Kilförband av sten ordnas. Pegelstock av trä 3' x 7' fästes i järnbalken. Bottenmarginal om 0,5 m avstås. Förekommer ej is kan pegelstocken förlängas till 3 m.



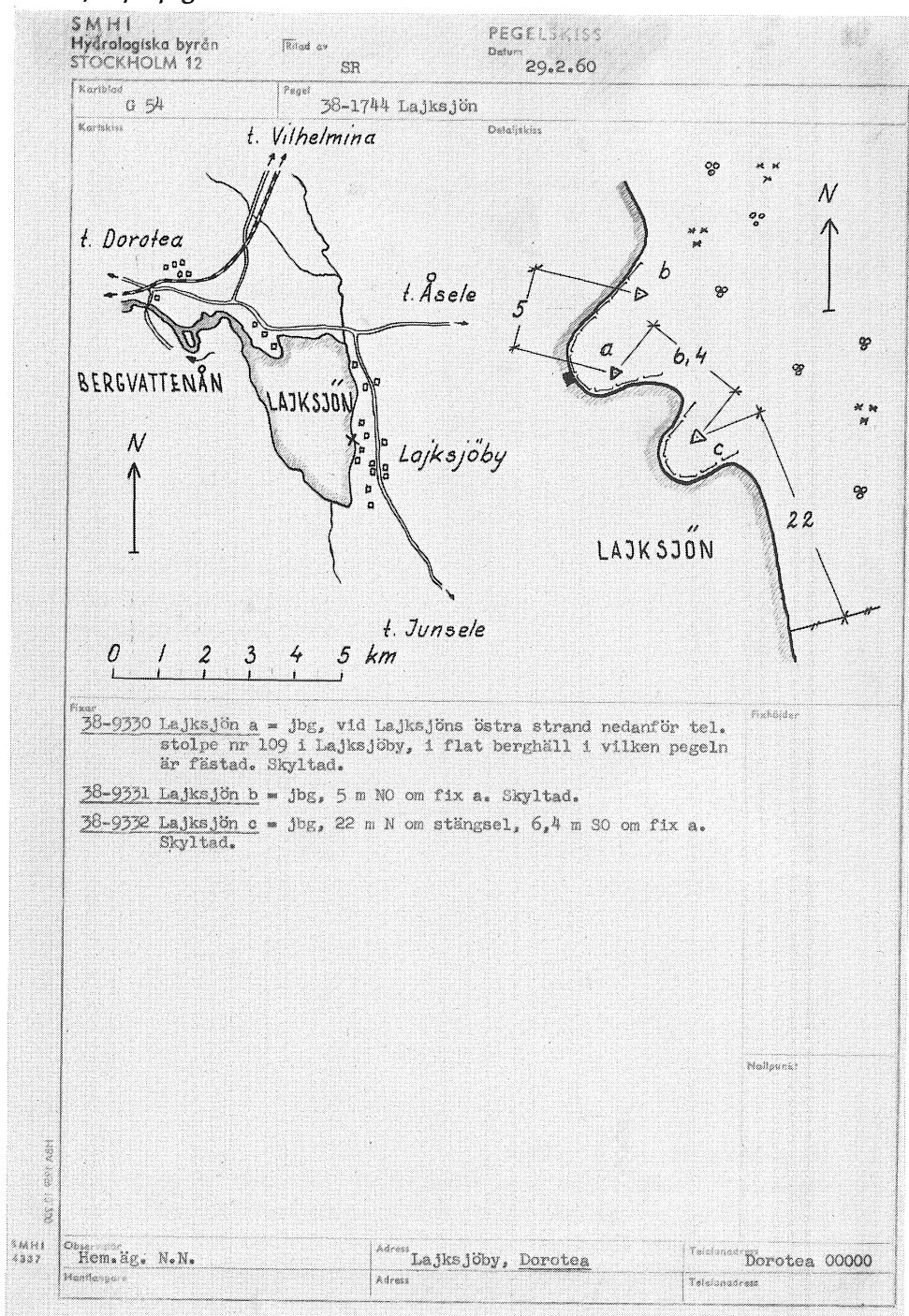
Typ 7 En järnbalk DIP 20 sättes i betongplint som nedföres till frostfritt djup, i övrigt anordnas pegeln som typ 5.

4.4 Pegelns plan- och höjdläge

En pegels läge åskådliggörs genom en enkel skiss över pegelområdet, med åtföljande utdrag av exempelvis ett topografiskt kartblad med pegelplatsen markerad. Härutöver kan skissen innehålla information om fixpunkters plan- och höjdlägen, pegelns 0-punkt vid visst tillfälle, observatörs namn och adress, mätställen m.m. Ett exempel på hur en pegelskiss kan utföras följer nedan.

Bilaga 2d

Exempel på pegelskiss



Bilaga 2d

Som tidigare nämnts är det av stor vikt att skalans läge är orubbligt i höjdded. För att med lämpliga mellanrum kunna kontrollera detta, bör minst 2 st fixpunkter av god klass utläggas i pegelns närhet. Dessa kan läggas antingen i ett för pegeln lokalt höjdsystem eller i annat lämpligt höjdsystem. Minst en fixpunkt bör ligga över högsta högvattennivån. Fixpunkterna inmäts och beskrivs.

Det på en pegelskala avlästa vattenståndet anges vanligen med vst. Om avläsningen skall översättas till ett höjdsystem, lokalt eller allmänt, sker detta genom att till avläsningen lägga pegelns 0-punkt. 0-punkten är den avvägda höjd i höjdsystemet varifrån skalans gradering utgår och behöver – beroende på graderingen – ej vara samma höjd som där skalan börjar. Det så erhållna vattenståndet anges med W. Sambandet mellan vst och W förtydligas i fig 4 nedan.

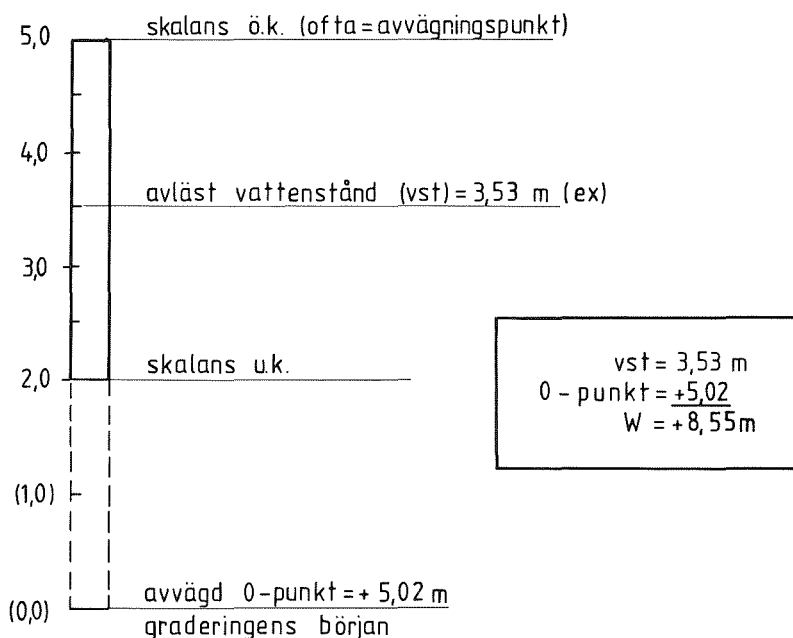


Fig 4. Sambandet mellan "vst" och "W".

Bilaga 2d

5. Vattenföringsstationens allmänna skötsel

Det kan vara av värde att någon form av journal förs över stationen. Speciellt gäller detta ifall stationen avses drivas under lång tid. I journalen förs anteckningar över allt som kan ha betydelse för bedömning av det insamlade data-materialets kvalitet.

En vattenföringsstation bör besökas minst 1 gång per år. Besöken bör ske på olika tider på året. Under den period då vattenföringsmätningar utförs för upprättade av avbördningskurva (se "Avbördningskurvan" avsnitt 6) blir givetvis besöken tätare. Vattenföringsmätning för kontroll av avbördningskurvan bör utföras med några års mellanrum. Vid besöken utförs alltid "pegelinspektion". Inspektion omfattar i regel följande arbeten.

- ☐ Översyn av pegel och fixar. Ordna med behövliga reparationsarbeten och utsättning av behövliga fixar. Komplettera pegelskissen vid behov.
- ☐ Kontrollavvägning av fixar, skalor och vattenyta samt avläsning av vattenstånd och angivande av tidpunkt. Mätresultatet kan se ut som exemplet nedan.

Fix a	= +10.000 m	(utgångsfix)
fix b	= +10.970 "	
fix c	= + 7.934 "	medeltal
f.skala 3 m	= + 9.311 "	av två
0-punkt f skala	= + 6.311 "	avvägningar
W kl 10.30	= + 6.888 "	
vst avläst kl 10.30	= 58 cm	

Observera att 0-punkt + avläsning på skalan bör överensstämma på några mm när med avvägt W. Om så ej är fallet kan orsaken eventuellt vara att olika skal-delar på pegeln förskjutits i förhållande till varandra.

- ☐ Bestämmande sektionen inspekteras. Om denna utsatts för åverkan eller erosion måste nya vattenföringsmätningar utföras. Kringflytande grenar eller föremål som inverkar dämmande på vattenståndet avlägsnas.

6. Avbördningskurvan

Som tidigare nämnts utgör avbördningskurvan sambandet mellan vattenståndet och vattenföringen vid en vattenföringsstation.

Avbördningskurvan upprättas genom att vattenföringsmätningar utförs vid skilda vattenföringar, så att med tiden hela vattenföringsregistret blir styrkt av mätningar. Vid varje mätning observeras vattenståndet i regel både före och efter mätningen. Vid det ena tillfället skall dessutom vattenståndet avvägas från fixpunkt. Ibland är det lämpligt att intill platsen för mätningen markera vattenståndet provisoriskt på en pinne eller dylikt så att variationerna kan följas.

Anteckning görs om huruvida vattenföringen kan ha varit påverkad av vinddrift.

Avbördningskurvan konstrueras lämpligen på mm-rutat papper, där resultaten från utförda vattenföringsmätningar inprickas. Q avsättes i x-led och W i y-led, varefter lämplig kurva anpassas till mätningarna.

Anpassningen kan ske både manuellt och maskinellt. Oftast är det dock vid maskinell anpassning svårt att erhålla gott resultat utefter hela vattenståndsregistret, varför manuell anpassning kan vara att föredra.

Förfarandet vid manuell anpassning av avbördningskurva kan illustreras av exemplet nedan. Efter att med hjälp av kurvmall eller på fri hand ha dragit en till mätningarna så väl som möjligt ansluten jämn kurva, anges för varje dm vattenstånd vattenföringen till höger om kurvan. 1:a och 2:a differenserna bildas, varefter den slutliga anpassningen sker genom att de sistnämnda differenserna utjämnas.

I regel erfordras minst ca 10 vattenföringsmätningar fördelade utefter hela registret, för att en avbördningskurva skall kunna upprättas. Vid mindre antal mätningar blir givetvis avbördningskurvans kvalitet försämrad.

En betydelsefull punkt på avbördningskurvan, speciellt om man har få mätningar, utgör tröskelhöjden, d v s det vattenstånd vid pegeln som motsvarar vattenföringen 0. Den kan i regel erhållas genom avvägning när vattenståndet är lågt.

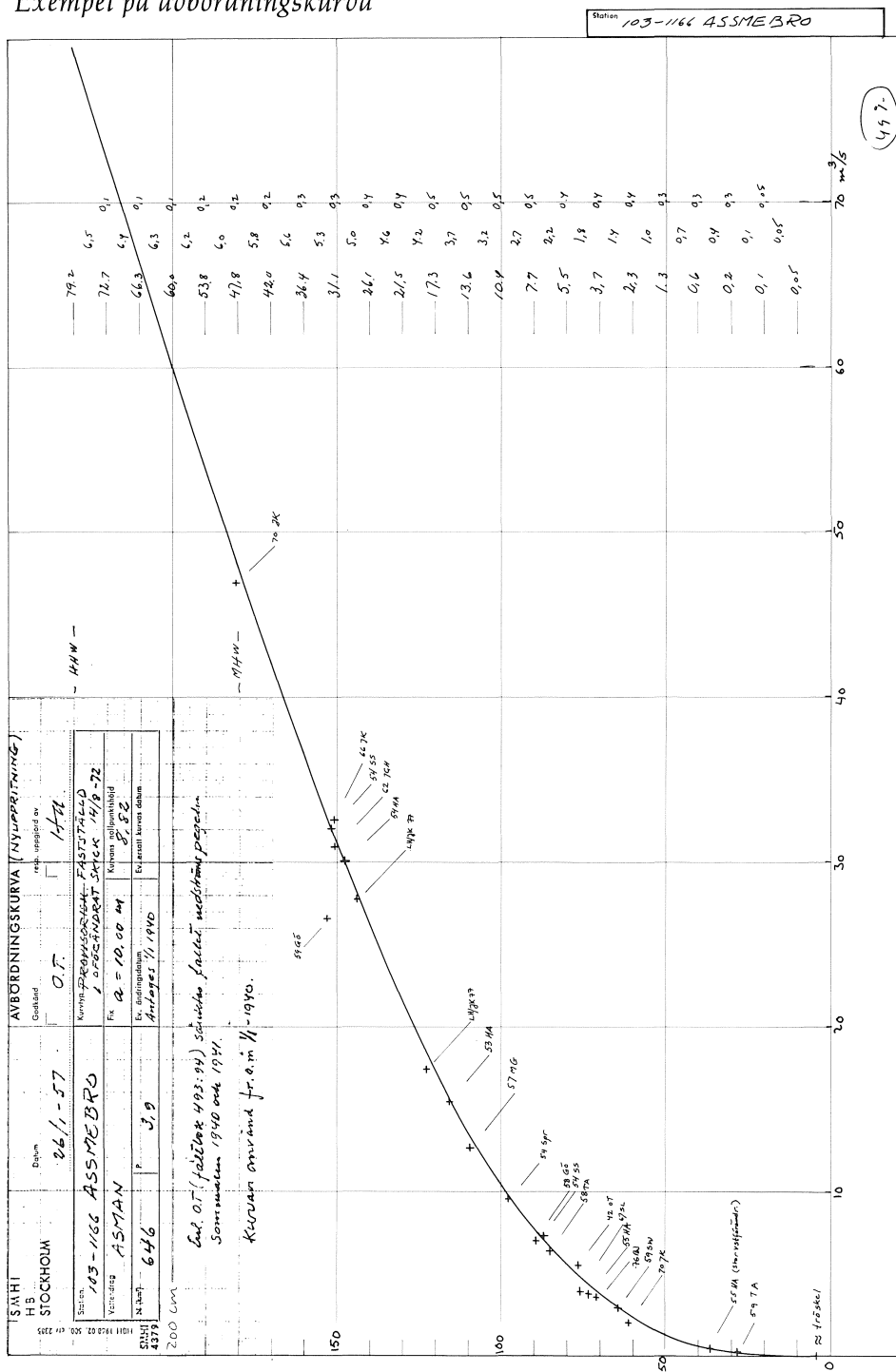
En *avbördningskurvas* 0-punkt är den höjd varifrån graderingen i diagrammet utgår. Den bör i regel ligga på ± 0 m i föreliggande höjdsystem. Om *pegelns* 0-punkt ligger på godtycklig höjd kan det ibland vara lämpligt att avbördningskurvan har samma 0-punkt. Man kan då gå in på avbördningskurvan direkt med ett avläst vattenstånd (vst) och erhålla vattenföringen (så blir fallet om pegel Assmebro i exemplet har 0-punkten + 8,82 m). Eftersom svårigheter lätt uppstår med databearbetningen vid en eventuell 0-punktsförskjutning för pegeln i ett sådant fall, rekommenderas dock det förstnämnda förfaringssättet.

En avbördningskurvas höjdsystem dokumenteras genom att en viss definierad fixpunkt i gällande höjdsystem anges vid kurvan.

Även om bestämmande sektionen för en pegel verkar mycket stabil bör kontrollmätningar företas med några års mellanrum. Om betydande förändringar i sektionen skulle äga rum bör förnyade mätningar företas så snabbt som möjligt, så att ny avbördningskurva kan upprättas. Datum för övergång till nya avbördningskurvan fastställs.

Arbetet med framtagning av vattenföringar underlättas om en "avbördnings-tabell" upprättas.

Exempel på avbördningskurva



Exempel på avbördningstabell

SVERIGES
METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA
INSTITUT
HYDROLOGISKA BYRÅN

Provisorisk. (Fastställt i glömdrat skriv 13-73)

Avbördningstabell

Datum *26.1 -57*

Vattenföring i *m³/s*

Vattendrag

Kanman

Pegel

103 — 116 Nulmebro

0-pkt

8.82

Vattenstånd dm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 cm
0										
1	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09
2	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19
3	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56
4	0.60	0.67	0.74	0.81	0.88	0.95	1.0	1.1	1.2	1.2
5	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
6	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0	3.1	3.3	3.4	3.6
7	3.7	3.9	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3
8	5.5	5.7	5.9	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.3	7.5
9	7.7	8.0	8.2	8.5	8.8	9.1	9.3	9.6	9.9	10.1
10	10.4	10.7	11.0	11.4	11.7	12.0	12.3	12.6	13.0	13.3
11	13.6	14.0	14.3	14.7	15.1	15.4	15.8	16.2	16.6	16.9
12	17.3	17.7	18.1	18.6	19.0	19.4	19.8	20	21	21
13	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26
14	26	27	27	28	28	29	29	30	30	31
15	31	32	32	33	33	34	34	35	35	36
16	36	37	38	38	39	39	40	40	41	41
17	42	43	43	44	44	45	45	46	47	47
18	48	48	49	50	50	51	51	52	53	53
19	54	54	55	56	56	57	58	58	59	59
20	60	61	61	62	63	63	64	64	65	66
21	66	67	68	68	69	69	70	71	71	72
22	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79
23	79									
4										
5										
6										
7										
8										
9										
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
0										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
0										
1										
2										
3										
4										

Bilaga 2d

7. Observationer, databehandling

Principiellt kan vattenståndsobservationer vid en pegel påbörjas så snart pegelplatsen utsetts. Förutsättningarna härför är att någon provisorisk men höjdstabil anordning finns att avläsa från och att vattenståndet vid pegelplatsen ej påverkas av pegelbygget. Mot bakgrund av denna risk är det dock säkrare att påbörja observationerna först efter det att pegeln byggs.

Förutom själva vattenståndet kan det ibland vara av intresse att notera följande iakttagelser vid stationen.

- ☐ Förändringar i flodbädden från pegeln och ned förbi bestämmande sektionen.
- ☐ Uppgifter om isförhållanden (gäller peglar som kan isdämmas och som avses vara i drift vintertid).
- ☐ Vegetationsförhållanden i vattendraget mellan pegeln och bestämmande sektionen.
- ☐ Uppgifter om extrema väderförhållanden (främst vind).

Om rapportering sker i den form som exemplet nedan visar blir utvärderingen av W och Q relativt enkel även om pegel och avbördningskurva råkar ha olika 0-punkter. W erhålles genom tillägg av pegelns 0-punkt till observerade värdena. Motsvarande Q erhålles därefter i avbördningstabellen.

En inkommande rapport bör undergå viss granskning före utvärdering av W och Q . Exempelvis bör uppenbarligen orimliga värden undersökas och rättas till och eventuellt överhoppade avläsningar införas. Vidare bör undersökas om notering gjorts på rapporten, som kan innebära att felaktiga vattenföringar erhålls vid utvärderingen.

Vid utvärderingen bör man vara observant på oförutsedda snabba variationer som kan medföra att tätare observationer behövs vid vissa tillfällen.

Medelvärden av vattenföringar får ej bildas genom medelvärdesbildning av vattenstånd och efterföljande utvärdering med hjälp av avbördningstabell. Medelvärdet skall istället bildas av de i tabellen eller kurvan erhållna vattenföringsvärdena, som motsvarar varje enskilt vattenstånd. Avbördningskurvans krökning medför nämligen att medelvattenföringen annars får ett felaktigt värde.

Skall observationer pågå vid stationen under många år, kan det visa sig lämpligt att införa de dagliga vattenföringsuppgifterna på årsblanketter. Exempel härpå och på andra typer av bearbetningsblanketter för allmänt bruk återfinns i bil 3.

Exempel på vattenståndsrapport

SVERIGES METEOROLOGISKA
OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
Hydrologiska byrån
(Insändes med första postgång i varje månad)

MÅNADSRAPPORT
ÖVER VATTENSTÄNDSIAKTAGELSER
Månad *November* År *1975*

Pegel				FULUNÄS		Nr		53 — 655	
Dag	Vattenstånd i cm		Hjälpeglar	Anmärkningar. Pegelkontroller. Isläggning, islossning, drivis, flötning, dämning. Ovanlig väderlek såsom stark bläst, stor nederbörd, stark köld eller värme för årstiden, orsaker till stora vattenståndsändringar o.s.v. Ev. extra vattenståndsiakttagelser.	Istjocklek i cm	Lufttemperatur	Vatten-temperatur		
	Huvudpegel	Kl							
1	17								
2	18								
3	17								
4	18								
5	18								
6	17								
7	16								
8	15								
9	14								
10	15								
11	15								
12	16								
13	14								
14	14								
15	13								
16	13			<i>Begn & smö</i>					
17	14			<i>smö</i>					
18	14								
19	14								
20	20			<i>Isdämt</i>					
21	24			<i>" "</i>					
22	24			<i>" "</i>					
23									
24									
25	16								
26	16								
27	16								
28	16								
29	18								
30	18								
31									
Nollpunkt		365,71		Ort	<i>Fulunäs</i>	Datum	<i>30/11</i>	Observatör	<i>Sigurd Olsson</i>

Bilaga 3

Vattenföringsinformation vid SMHI

	Sid
1. Historik	91
2. Den hydrometriska verksamheten	91
2.1 Verksinstruktion m m	91
2.2 Vattenföringsstationsnätet i Sverige	92
2.3 Utvecklingsarbeten (Representativa områden, kretsloppsmodeller)	92
2.4 Uppdragsverksamheten	93
3. Informationsutbudet	93
3.1 Publikationer, meddelanden o d	93
3.2 Förfrågningar	94
3.3 Pegelanläggningar, mätningar och utredningar	95
3.4 SMHI som kontrollant	96

Bihang

1. Vattenföringsstationsnätets nuvarande utbredning	97
2. Statistikförd vattenföringsinformation	99
2A Årsblankett över vattenföring, manuellt förd	99
2B Årsblankett över vattenföring, maskinellt förd	100
2C Blankett över månadsvattenföring, manuellt förd	101
2D Maximum- och minimumtabell, manuellt förd	102
2E Blankett över månadsvattenföring, jämte maximum- och minimumtabell, maskinellt förd	103
2F Blankett över frekvens och varaktighet	104
2G Ackumulerad varaktighet	105

Vattenföringsinformation vid SMHI

1. Historik

Historiskt sett började intresset för hydrologiska iakttagelser öka i slutet av 1800-talet och i början av 1900-talet. I början var hydrologiska problem huvudsakligen en fråga för jordbruket. Initiativ till allmänna hydrologiska arbeten togs nästan alltid av lantbruksingenjörer och lantmätare. I flera flodområden upprättades vattenståndsstationer varvid syftet i de flesta fall var att få fram underlag för sjösänkningar och torrläggningar. Vid sekelskiftet började vattenkraften att utbyggas i snabbare takt, varvid behov uppkom för en mera organiserad undersökningsverksamhet. En proposition lades fram av regeringen till 1907 års riksdag om inrättande av en ny och självständig hydrografisk byrå. Byråns verksamhet bestämdes i början av år 1908. Den skulle "samla och bearbeta alla uppgifter som för en uttömmande vetenskaplig och praktisk kännedom om de svenska färskvattnens hydrografi äro av nöden".

Byråns första huvuduppgift blev att planlägga och upprätta ett hydrografiskt observationsnät över hela landet för att kartlägga vattenföringen i de svenska vattendragen. På grund av tidsbrist måste man emellertid till en början inrikta sig endast på vissa utvalda vattendrag. Till följd av det nära samarbete som rådde mellan hydrografiska byrån och den dåvarande meteorologiska centralanstalten slogs de båda organisationerna samman år 1918 till Statens Meteorologiska – Hydrografiska Anstalt. I samband med viss omorganisation och övergång från jordbruksdepartementet till kommunikationsdepartementet ändrades namnet år 1945 till det nuvarande Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).

2. Den hydrometriska verksamheten

2.1 Verkinstruktion m m

Enligt den verksinstruktion som för närvarande gäller för SMHI har institutet bland annat till uppgift att med hänsyn till näringslivets och försvarets behov inhämta tillförlitlig kännedom om Sveriges hydrologi samt att delta i det internationella samarbetet på området. Det åligger därvid institutet särskilt att anordna och övervaka hydrologiska observationer och mätningar inom landet och vid kusterna samt att med uppmärksamhet följa och söka bidra till hydro-

Bilaga 3

logins utveckling. Resultaten av institutets arbeten skall göras tillgängliga på lämpligt sätt. Institutet må också utföra undersökningar och utredningar på uppdrag av offentlig myndighet eller enskild.

2.2 Vattenföringsstationsnätet i Sverige

För att rätt utnyttja och hushålla med vattnet i våra sjöar, älvar och åar fordras noggranna uppgifter över framför allt vattenföringen och dess variationer med tiden. I syfte att kunna delge myndigheter, företag och enskilda uppgifter härom, driver SMHI ett nät bestående av för närvarande drygt 300 vattenföringsstationer i Sverige. Man insamlar och bearbetar dessutom uppgifter om vattenföringar från ytterligare c:a 50 stationer, vilka är inrättade för regleringsändamål. Nätets nuvarande omfattning visas i bihang 1 till denna bilaga.

För att täcka det stora behov av hydrologiska data som alltmer gör sig gällande skulle stationsnätet behöva utökas väsentligt. Detta har också föreslagits i en utredning vid institutet 1971-03-22 "Vattenföringsstationsnätet i Sverige – inventering och utbyggnadsförslag 1970". Utredningen är fortfarande relativt aktuell. Den ger i kartor och sammanställningar en bild över nätets utbredning och över föreliggande utbyggnadsplaner.

De flesta vattenföringsstationer fungerar så att vattenståndet antingen avläses manuellt eller registreras på diagram. Vid SMHI konverteras vattenstånden till vattenföringar via avbördningskurvor upprättade efter serier av vattenföringsmätningar vid varje station. I stationsnätet ingår dock åtskilliga stationer där vattenföringar beräknas med hjälp av befintliga kraftverk och regleringsdammar.

Institutets strävan är att med hjälp av vattenföringsstationsnätet kunna bestämma exempelvis dygnsmedelvattenföringar med samma grad av tillförlitlighet i alla punkter i våra vattendrag. Man tvingas dock ofta acceptera betydande variationer härvidlag. Dels skiftar de naturliga förutsättningarna för upprättande av vattenföringsstationer på olika platser. Dels har graden av genomförda vattenbortledningar och regleringar i vattendraget avgörande betydelse för om framräknade vattenföringar kan jämföras med vattenföringar vid närliggande platser.

2.3 Utvecklingsarbeten (Representativa områden, kretsloppsmodeller)

Ett väl fungerande vattenföringsstationsnät är på sikt ej tillräckligt för att täcka det ökande behovet av olika typer av vattenföringsuppgifter. Omfattande undersökningar av avrinningsbildningen har bedrivits inom den Internationella Hydrologiska Dekaden (IHD). Fem "representativa avrinningsområden" i olika delar av landet har studerats vad beträffar nederbörd, markvatten, grundvatten, snöackumulering och snösmältning samt avrinning och avdunstning liksom sambandet och samvariationer mellan dessa storheter under naturliga förhållanden. Genom fortsatta undersökningar skall kunskapsunderlag skapas för att sambanden skall kunna generaliseras att gälla för större områden. Arbetet fortgår inom IHD:s fortsättning Internationella Hydrologiska Programmet (IHP), inom vilket SMHI tar aktiv del i bildande och drift av ett stort antal hydrologiska

"fältforskningsområden" (FF-områden).

Ett stort tillskott på sikt till ökad hydrologisk information väntas de sk matematiska avrinningsmodellerna ge. Med hjälp av dessa och med kännedom om bland annat nederbörden kan man beräkna avrinningen från ett område med kända fysioGRAFiska data. Studier på detta område pågår inom SMHI.

2.4 Uppdragsverksamheten

Såsom tidigare nämnts bedrivs en betydande uppdragsverksamhet vid SMHI inte minst beträffande hydrometriska frågor. Härvid erhåller SMHI ersättning enligt av regeringen fastställd taxa.

I många vattenmål angående sjöregleringar och kraftverk erfordras särskild kontrollant för att tillse att bestämmelser rörande vattenhushållning efterlevs. Kontrollanten utses då av regeringen eller av vattendomstolen. SMHI innehar för närvarande förordnanden såsom kontrollant vid ca 170 regleringsobjekt.

SMHI erhåller uppdrag från myndigheter, företag och enskilda att beräkna vattenföringar av olika slag. Bland andra uppdrag som kan röra vattenföringsbestämning kan dessutom nämnas medverkan vid inrättande av vattenföringsstationer, vattenföringsmätningar och upprättande av avbördningskurvor samt granskning av hydrotekniskt material.

3. Informationsutbudet

3.1 Publikationer, meddelanden o dyl

SMHI publicerar hydrologisk information i årsboken *"Hydrologiska iakttagelser i Sverige"* och *"Månadsöversikt över väderlek och vattentillgång"*. Den förstnämnda skriften ger framförallt information om SMHI:s vattenstånds- och vattenföringsstationer. Vattenföringens månads- och årsvärden vid ett antal stationer anges också. I den senare publikationen lämnas bland annat uppgifter om vattenståndsvariationer och magasinsfyllnad på ett antal platser. I informationsserierna *"Meddelanden"* och *"Rapporter"* ingår tidskriftsartiklar, uppsatser och rapporter från utrednings-, utvecklings- och forskningsarbeten som bedrivs vid institutet. Betydelsefulla arbeten av detta slag för ifrågavarande sammanhang är följande.

"Vattenföringen i Sveriges floder" av Ragnar Melin 1954 ger information för långa perioder vid ett antal vattenföringsstationer om bl a vattenföringens karakteristiska värden, avrinningens medelvaraktighet och vattenföringens månadsmedelvärden. På grund av sin ålder är boken dock ej helt aktuell. En nyutgåva planeras till 1979.

"De svenska vattendragens arealförhållanden" 1950 informerar bl a om avrinningsområdenas storlek i ett stort antal punkter i våra vattendrag och om sjöarealer.

"Runoff map of Sweden" av Olof Tryselius 1971 är en karta över medelavrinningen i olika delar av landet.

Från de representativa områdena som tillkommit i anslutning till den internationella hydrologiska dekadern erhålls stora mängder data som bearbetas och sammanställs till rapporter. Dessa ger information om de hydrologiska sambanden i naturen inklusive vattenbalansen.

Bilaga 3

De skrifter som nämnts kan erhållas efter beställning vid SMHI:s bibliotek. Institutet står också till förfogande för rådgivning i frågor rörande annan hydrologisk litteratur.

3.2 Förfrågningar

Efter hänvändelse till SMHI antingen per telefon (011-10 80 00) eller genom skriftlig beställning kan en mängd olika typer av vattenföringsvärden erhållas. Vilka slag av uppgifter som avses, beskrivs i följande stycken. Bihang 2 till denna bilaga innehåller exempel på uppgifter som rutinmässigt beräknas.

Aktuella värden och olika typer av medelvärden m m som rutinmässigt framtages för vattenföringsstationerna kan normalt erhållas inom en vecka. För vattenföringar som måste beräknas särskilt, jämte karakteristiska vattenföringar, är leveranstiden normalt en till två månader. Sistnämnda uppgifter kan erhållas snabbare i brådskande fall. Leveranstiderna både vad gäller rutinmässigt beräknade värden och särskilt beräknade värden kan ibland bli längre än de ovan angivna. Detta gäller huvudsakligen uppgifter som avser tidpunkter vilka ligger omedelbart före beställningsdatum. Orsakerna kan då vara att en avbördningskurva ej hunnit upprättas, eller att nödvändiga korrekationer ej kunnat utföras. Avsikten är emellertid att alla rutinmässigt framtagna vattenföringsuppgifter skall finnas tillgängliga inom 3 månader från aktuellt datum.

För SMHI:s vattenföringsstationer anges för varje år varje dygns medelvattenföring på en blankett där även månadernas medelvattenföring finns angiven (årsblankett). Vidare anges medelvattenföringen för året samt maximalt och minimalt dygnsvärde under året. Från årsblanketter kan lätt erhållas uppgifter om maximala och minimala dygnsvärden för olika månader samt högsta och lägsta månadsvärden under året. Exempel på årsblankett utgör bihang 2 A och 2 B.

När vattenföringsmaterialet börjar omfatta flera år sammanställs på speciella blanketter uppgifter om varje års månads- och årsvärden jämte uppgifter om högsta och lägsta dygnsvärden för varje år (max- och minblankett). Exempel på dessa typer av blanketter utgör bihang 2C, 2D och 2E.

Vattenföringsvärden för vecka och timme beräknas för närvarande ej rutinmässigt utan framtages i varje särskilt fall. Timvärden är endast möjliga att framställa i de fall registrering föreligger. Kopior av nämnda blanketter erhållas till kopiekostnad.

Vad som sagts i föregående stycken gäller alltså för platser där vattenföringsstationer finns. Ofta begärs dock aktuella vattenföringsvärden från helt andra platser i vattendragen. Värdena kan då med mer eller mindre gott resultat beräknas med hjälp av uppgifter från närliggande stationer. Beräkningarna blir givetvis bäst för medelvärden över längre perioder såsom månad och år. Dessa beräkningar debiteras vanligen efter timtaxa.

En betydande del av förfrågningarna avser karakteristiska vattenföringar både för platser där vattenföringsstationer finns och för andra platser i vattendragen. Såsom nämnts tidigare räknas till dessa högsta högvattenföring (HHQ), medelhögvattenföring (MHQ), medelvattenföring (MQ), medellågvattenföring

(MLQ) och lägsta lågvattenföring (LLQ). Felaktigt används för de tre mellersta värdena fortfarande benämningarna normal högvattenföring, normal medelvattenföring respektive normal lågvattenföring. Även andra uppgifter, såsom medelvärden av månadsvattenföring, högsta och lägsta månadsvattenföring kan beräknas.

Uppgifter om frekvens och varaktighet för vattenföringsstationerna framställs i form av tabeller över år och över hela observationsperioder. Mest använda varaktighetsvärden är de vattenföringsvärden som motsvaras av 50, 75 och 95% varaktighet. Värdet vid 95% varaktighet ersätter ibland uppgifter om medellågvattenföringen. Exempel på frekvens och varaktighetsuppgifter utgör bihang 2F och 2G.

Vissa uppgifter erhålls från SMHI f n till en fast kostnad enligt prislista, varur nedanstående exempel är hämtade (gäller fr o m 1979-01-01). Beräkningsarbeten i övrigt debiteras efter timtaxa.

Karakteristiska vattenföringar	625:–
Medelvattenföring	375:–
Medelvärden av månadsvattenföring	750:–
Varaktighetsuppgifter	850:–
Karakteristiska vattenföringar + medelvärden av månadsvattenföring	1100:–
Karakteristiska vattenföringar + medelvärden av månadsvattenföring + varaktighetsuppgifter	1500:–

När uppgifter begärs samtidigt för tre områden eller fler kan 10% rabatt medges, om beräkningsarbetet relativt sett är klart mindre än vid beräkningar för ett enskilda område.

För brådskande ärenden utgår i regel 50% tillägg.

3.3 Pegelanläggningar, mätningar och utredningar

Många myndigheter och enskilda ställs någon gång inför behovet av att inrätta en vattenföringsstation. Såsom framgår av metodöversikten i huvudtexten kan en sådan anläggning vara ganska komplicerad både att inrätta och att driva. I synnerhet kräver rekognosceringen för en ny station specialistkunskaper.

SMHI kan lämna råd och anvisningar i sådana frågor. Detta sker f n ofta i samband med uppdrag från vattendomsstol. En kontakt med SMHI kan också innebära att befintliga och nyinrättade vattenföringsstationer av permanent karaktär bättre kan utnyttjas.

SMHI utför i egen regi ett stort antal pegelinspektioner och vattenföringsmätningar, dels vid egna stationer och dels på uppdrag av utomstående (i samband med vattenmål). SMHI åtar sig att bistå med sådana arbeten.

I samband med vattenbyggnationer av olika slag erfordras i många fall klarlägganden i olika hydrotekniska frågor. Det kan gälla kalibreringar av dammar och luckor, tillrinnings- och dämningberäkningar, upprättande av tappningsnormer, granskning av hydrotekniskt material o s v. I regel erhåller SMHI sådana uppdrag från vattendomsstolarna.

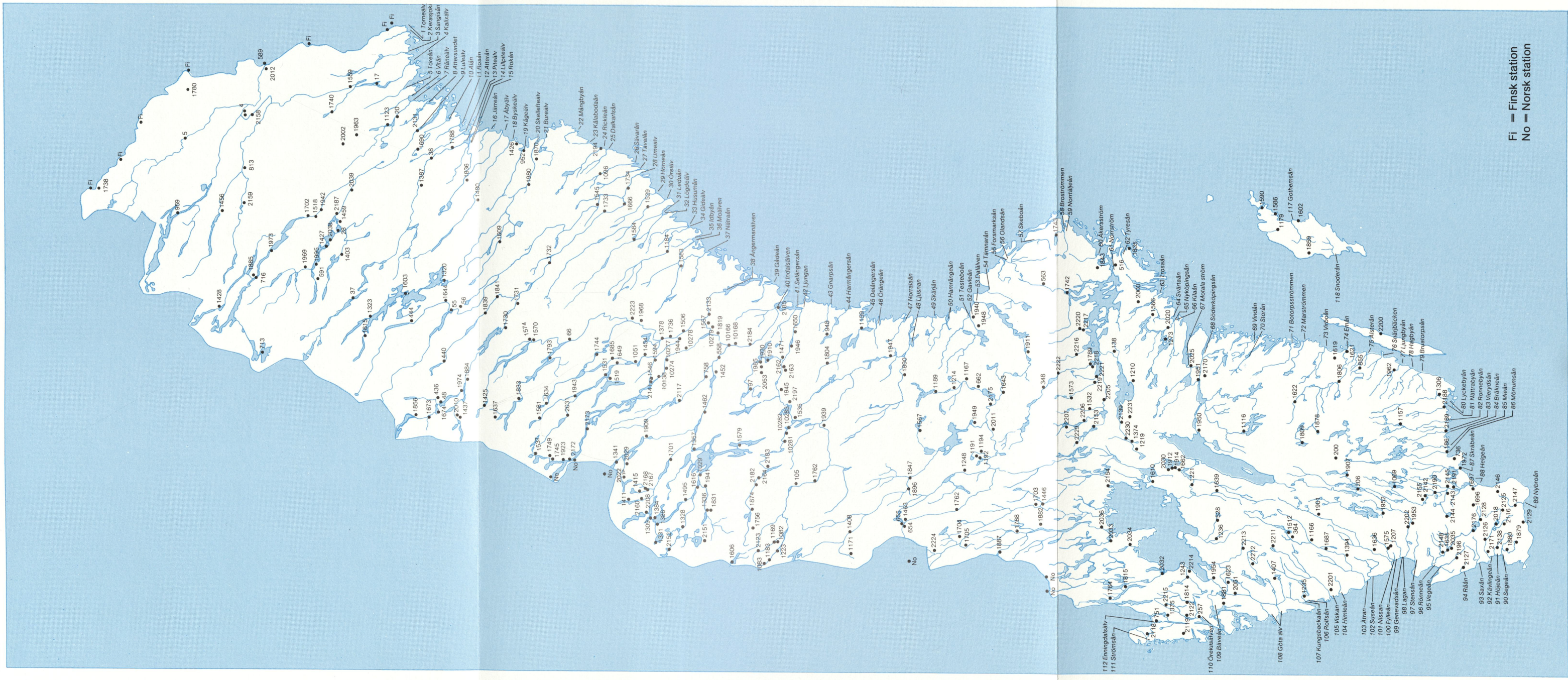
Bilaga 3

3.4 SMHI som kontrollant

Institutet är av vattendomstol förordnad kontrollant för vattenhushållningen vid större sjö- och älvmregleringar i landet. Kontrollarbetet innefattar pegelinspektioner, vattenföringsmätningar och granskning av inkommande rapporter. Institutet medverkar dessutom vid regleringsbestämmelsernas utformning, avgivande av direktiv för tappning, tappningsberäkning och flödesprognoser. Kompletterande föreskrifter om vattenstånds-, vattenförings- och nederbördsstationer utfärdas och samråd med sökanden sker vid anordnandet av mätanordningarna.

Kontrollverksamheten har i vissa fall utsträckts att avse regleringar för andra ändamål än kraftverksdrift, t.ex vattenförsörjning och sjösänkningar.

VATTENFÖRINGSSTATIONER 1978



Bilaga 3 Bihang 2A

Årsblankett över vattenföring, manuellt förd

SVERIGES METEOROLOGISKA
OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
HYDROLOGISKA BYRÅN

vatten föring i m^3/s
~~end i sek~~

Ar 19. **68**

Avb.kurva **13.4.1932**

Fix

O-pkt

Vattendrag

Fulvålvon

Pegel

53-655 Fulvålvon

Dag	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Dag
1	9.4	5.6	3.9	16.0	7.7	2.4	2.7	5.8	3.7	6.7	12.8	8.9	1
2	9.2	5.5	3.9	17.8	6.8	2.5	2.0	5.8	5.8	7.8	12.8	8.8	2
3	9.0	5.4	3.8	18.0	7.5	2.4	1.5	5.8	6.2	7.3	12.8	8.7	3
4	8.8	5.3	3.8	18.0	6.3	4.7	15.1	5.3	5.8	6.7	12.7	8.6	4
5	8.6	5.2	3.7	17.9	5.4	5.1	12.1	4.9	5.3	5.8	12.7	8.4	5
6	8.4	5.1	3.7	17.0	4.8	4.8	11.5	4.9	4.9	4.9	12.6	8.3	6
7	8.2	5.0	3.7	16.5	5.1	3.4	10.8	4.9	4.9	4.9	12.6	8.2	7
8	8.1	5.0	3.6	15.5	5.1	2.8	10.8	4.9	4.4	4.9	12.5	8.1	8
9	8.0	5.0	3.6	14.6	4.6	2.4	10.8	4.9	4.4	4.9	12.4	8.0	9
10	8.0	5.0	3.6	13.7	3.4	19.2	10.8	4.9	4.4	4.9	12.3	7.9	10
11	7.8	4.9	3.5	12.7	3.3	16.6	8.9	4.9	4.4	4.9	12.2	7.8	11
12	7.7	4.9	3.5	12.0	7.3	15.1	8.9	5.8	4.4	4.9	12.0	7.7	12
13	7.6	4.8	3.4	11.0	8.2	13.6	9.5	5.3	4.4	5.3	11.8	7.6	13
14	7.5	4.7	3.4	10.5	7.0	12.8	10.8	4.9	4.4	5.8	11.7	7.5	14
15	7.5	4.7	3.3	10.0	5.9	12.1	10.8	5.8	4.0	6.2	11.6	7.4	15
16	7.4	4.6	3.2	10.9	4.7	10.8	8.9	5.8	4.0	6.2	11.5	7.3	16
17	7.3	4.5	3.3	13.5	4.2	10.8	8.4	4.9	4.0	6.2	11.4	7.2	17
18	7.2	4.4	3.4	18.0	3.7	10.2	7.8	4.4	4.0	7.3	11.3	7.1	18
19	7.1	4.4	3.5	2.5	2.8	10.2	7.8	4.4	4.0	5.8	11.2	7.0	19
20	7.0	4.3	3.6	3.4	2.6	10.2	8.4	4.4	4.0	6.7	11.0	6.9	20
21	6.8	4.3	3.8	4.2	2.5	9.5	8.4	4.0	3.7	8.4	10.8	6.9	21
22	6.7	4.3	4.0	5.0	2.2	9.5	8.4	4.0	4.9	12.8	10.6	6.8	22
23	6.5	4.2	4.2	6.3	2.4	9.5	7.8	4.0	5.8	15.1	10.4	6.8	23
24	6.3	4.2	4.5	7.0	2.6	10.2	6.7	4.0	5.3	11.5	10.2	6.7	24
25	6.0	4.2	5.3	8.6	2.5	10.2	7.3	3.7	4.9	10.2	10.0	6.6	25
26	6.0	4.1	6.3	9.3	2.8	8.9	7.8	3.7	4.4	8.9	9.8	6.6	26
27	5.9	4.1	7.5	9.3	5.0	11.5	6.7	3.7	4.0	10.2	9.6	6.5	27
28	5.9	4.1	9.5	8.4	4.8	12.8	6.7	3.7	4.0	8.9	9.4	6.5	28
29	5.8	4.0	11.0	8.6	2.6	5.6	6.2	3.7	5.3	8.9	9.2	6.4	29
30	5.7		12.3	8.6	2.4	4.1	6.2	3.7	6.2	2.1	9.0	6.4	30
31	5.7		14.3		2.3		5.8	3.7		15.8		6.3	31
Med.	7.3	4.7	5.0	35.9	44.7	20.9	10.1	4.7	4.7	8.1	11.4	7.4	Med.
Summa	227.1	135.8	154.1	1075.6	1385.6	625.7	314.6	144.6	139.9	219.8	340.9	229.9	Summa

Anm. Interpolerade värden markeras med lodräta linjer

12.10.2

5023.0

164.9

Islossning den / Isläggning den

Arsmedeltal

13.7

13.7

Bilaga 3
Bilang 2B

Årsblankett över vattenföring, maskinellt förd

SVERIGE SWEDEN		VATTENFÖRING (S)CHARGE		M3/S		VATTENDRÄN FULUKÖN		1970 Q					
S M H I		FIX F: 370.58 M				PEGEL: 53-655 FULUNAS		655					
HYDROLOGISKA BYRÅN		AVB.KURVA: 1932- 4-13				N: 882 KM2 SJÖX: 2.6		ANM: Q					
	DAT	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
10	1	4.8=	3.4=	2.8=	2.3=	7.0=	59	8.4	29	7.8	13.6	24	13.8=
	2	4.7=	3.4=	2.7=	2.3=	10.0=	79	8.4	24	7.8	15.1	23=	13.7=
	3	4.7=	3.4=	2.7=	2.3=	15.0=	65	7.8	19.2	7.8	21	22=	13.5=
	4	4.6=	3.3=	2.7=	2.3=	20=	50	8.4	17.5	8.9	28	22=	13.3=
	5	4.6=	3.3=	2.7=	2.3=	30	54	8.4	15.1	12.1	26	21=	13.2=
	6	4.5=	3.3=	2.7=	2.3=	33	32	12.1	13.6	11.5	31	20=	13.0=
	7	4.5=	3.3=	2.6=	2.3=	46	29	10.2	12.8	9.5	38	19.7=	12.8=
16	8	4.4=	3.2=	2.6=	2.2=	50	53	8.9	11.5	8.9	34	19.3=	12.7=
	9	4.4=	3.2=	2.6=	2.2=	57	41	7.8	11.5	8.9	30	19.0=	12.5=
	10	4.3=	3.2=	2.6=	2.2=	67	26	7.8	11.5	9.5	41	18.7=	12.3=
22	11	4.2=	3.2=	2.6=	2.2=	77	23	11.5	10.8	10.8	32	18.3=	12.2=
	12	4.2=	3.1=	2.5=	2.2=	88	20	10.2	10.2	15.1	27	18.0=	12.0=
	13	4.2=	3.1=	2.5=	2.2=	99	16.6	8.9	9.5	12.8	25	17.7=	11.8=
	14	4.1=	3.1=	2.5=	2.2=	103	15.1	8.9	9.5	11.5	21	17.3=	11.6=
	15	4.1=	3.1=	2.5=	2.2=	101	14.3	9.5	9.5	15.8	21	17.0=	11.4=
	16	4.0=	3.0=	2.4=	2.2=	77	13.6	8.9	10.2	14.3	20	16.7=	11.2=
	17	4.0=	3.0=	2.4	2.2=	63	12.8	7.8	10.2	28	18.3	16.3=	11.0=
28	18	3.9=	3.0=	2.4=	2.2=	63	11.5	7.3	10.2	46	17.5	16.0=	10.8=
	19	3.9=	3.0=	2.4=	2.2=	68	11.5	7.3	15.1	37	21	15.8=	10.6=
	20	3.9=	3.0=	2.4=	2.2=	75	10.2	6.7	15.1	46	36	15.7=	10.4=
34	21	3.8=	2.9=	2.3=	2.2=	72	9.5	15.8	14.3	37	30	15.5=	10.2=
	22	3.8=	2.9=	2.3=	2.2=	67	8.9	24	14.3	27	37	15.3=	10.0=
	23	3.7=	2.9=	2.3=	2.2=	91	18.3	42	12.1	24	29	15.2=	9.9=
	24	3.7=	2.9=	2.3=	2.2=	59	23	36	11.5	20	24	15.0=	9.8=
	25	3.7=	2.8=	2.3=	2.2=	44	15.1	30	10.2	18.3	20	14.8=	9.7=
	26	3.6=	2.8=	2.3=	2.2=	51	10.2	24	9.5	15.8	17.5	14.7=	9.6=
	27	3.6=	2.8=	2.3=	2.5=	60	12.1	44	8.9	14.3	16.6	14.5=	9.4=
40	28	3.6=	2.8=	2.3=	3.0=	57	10.2	44	8.9	14.3	16.6	14.3=	9.3=
	29	3.5=		2.3=	4.0=	44	8.9	47	8.4	13.6	19.2	14.2=	9.2=
	30	3.5=		2.3=	6.0=	41	8.4	44	7.8	12.8	26	14.0=	9.1=
	31	3.5=		2.3=		44		37	7.8		24		9.0=
MED:		4.1	3.1	2.5	2.4	57	25	18.2	12.6	17.6	28	17.5	11.3
MAX: 103		14.5										53-655	
MED: 16.7													
MIN: 2.2		8.4		(19 DAGAR)								1970 6 700021	
				*INTERPOLATION									
				=KORR. AV DÄNNING									
				OBSERVATION: AVLYSNING									

Bilaga 3 Bihang 2C

Blankett över månadsvattenföring, manuellt förd

Katavogren för hög 4/2 1/0 69 n

SVERIGES
METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA
INSTITUT
HYDROLOGISKA BYRÅN

Medel -

vatten

föring i
stånd i cm

Avb. kurva
0-pkt

Vattendrag

Pegel

År	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Års- medel
1941	45	35	30	38	33.1	21.2	15.8	37.8	26.4	12.2	7.1	5.1	14.2
42	42	38	32	33.8	31.4	31.3	22.3	14.9	17.0	24.2	24.6	9.3	12.5
43	64	57	53	38.1	49.2	16.1	19.3	26.3	17.0	27.2	17.6	5.6	19.6
44	40	31	32	11.6	43.6	49.1	22.3	12.8	37.6	46.3	28.4	11.5	23.8
45	78	64	60	31.4	52.8	30.1	11.8	11.5	10.4	8.8	6.1	4.0	15.7
46	32	29	26	28.9	30.5	33.5	16.4	12.1	33.4	16.2	16.0	14.4	17.5
47	76	60	45	10.2	44.5	21.2	21.6	7.8	8.0	6.6	4.0	2.2	12.6
48	22	22	20	27.5	42.3	21.8	14.1	18.8	29.1	21.6	4.5	5.8	16.6
49	42	41	37	26.4	41.9	30.9	18.7	28.8	13.3	13.5	27.2	11.2	18.9
50	60	52	40	21.4	24.3	49.5	40.5	29.3	28.0	26.2	13.4	6.7	25.6
51	67	52	50	4.9	70.8	53.9	23.0	21.8	20.1	11.8	16.2	7.1	32.5
52	53	47	40	21.7	31.2	40.5	14.4	15.6	10.6	15.2	10.2	6.0	14.9
53	46	41	34	34.3	44.9	31.8	43.4	25.7	23.6	11.7	23.9	15.2	22.1
54	42	38	35	3.3	33.7	15.5	28.0	20.3	14.5	16.1	14.6	10.3	14.1
55	61	43	36	34	42.8	36.2	12.1	7.8	8.7	14.2	15.0	5.7	16.4
56	40	38	37	3.8	43.2	22.0	21.1	15.8	28.5	17.0	6.5	5.5	15.5
57	42	32	23	8.2	27.6	25.6	33.5	27.9	50.1	19.4	13.8	5.9	14.5
58	40	34	30	4.1	28.5	14.3	15.5	16.8	11.4	21.0	12.5	8.0	12.0
59	58	47	42	23.6	57.7	4.7	5.4	4.1	2.7	4.1	13.4	1.0	12.0
60	70	40	33	12.4	49.9	25.5	38.7	24.6	20.1	17.8	17.6	17.0	19.2
61	65	50	60	22.6	40.5	13.9	16.4	35.4	15.3	27.0	27.6	10.0	19.0
62	68	48	34	11.9	66.7	22.6	14.9	14.2	18.8	7.9	10.5	5.7	15.1
63	40	30	22	52.1	56.5	14.4	14.6	15.9	16.6	15.4	11.3	8.7	14.3
64	61	44	32	18.2	11.5	17.2	14.3	18.0	22.2	31.5	15.2	10.1	14.3
65	61	42	35	13.4	43.9	29.8	17.7	16.2	28.8	14.6	9.5	6.5	16.2
66	56	48	44	10.3	87.1	23.0	11.6	28.4	12.6	15.6	19.3	9.4	19.5
67	60	42	46	8.5	83.5	38.6	10.5	24.3	20.6	32.0	31.4	12.5	23.2
68	73	47	50	35.9	44.7	20.9	10.1	4.7	4.7	8.1	11.4	7.4	13.7
69	51	37	33	55	54.4	19.1	9.1	6.1	13.6	14.8	7.3	5.5	12.4
70	41	31	25	2.4	57	25	18.2	12.6	17.6	28	17.5	11.3	16.7

1941-50													18.3
Med.													548.2
1913-62	5.3	4.4	4.0	14.8	50.4	38.2	21.0	19.8	20.1	18.5	14.6	8.2	17.5
Summa	163.0	218.0	202.5	738.9	1519.8	1409.2	1051.4	988.1	1003.4	924.3	730.4	386.5	873.5

Bilaga 3

Bihang 2D

Maximum- och minimumtabell, manuellt förd

SVERIGES METEOROLOGISKA
OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
STOCKHOLM 12

MAX- OCH MINIMUMTABELL

vatten { -förling i *m*
-stånd i cm

Vattendrag		Pegel	Fix	Nollpunkt	
Entenäsbron		53-655 Förlum 23			
År	Maximum m ³ /s, 1/4 cm	Datum	Minimum m ³ /s, 1/4 cm	Datum	Momentant maximum
1946	75	21 sept.	2.5	11-28 mars	✓
47	68	9-10 maj	2.2	26-31 dec	✓
48	30	8 sept.	2.0	16 mars - 1 april	✓
49	93	5 juni	3.5	26 mars - 1 april	✓
50	122	29 juli	4.0	6 mars - 2 april	✓
51	140	21 maj	4.6	16-24 april	✓
52	133	20 juni	4.0	11 mars - 9 april	✓
53	99	6 juli	3.0	26-31 mars	✓
54	91	17 juli	3.0	25-30 april	✓
55	84	21 maj	3.0	11-20 april	✓
56	109	14 sept.	3.2	6-19 april	✓
57	112	16 sept.	2.0	21-23 mars	✓
58	68	1 juli	2.5	11-15 april	✓
59	260	1 maj	2.3	18-19 sept. 15-16 okt.	✓
60	95	11 maj	3.0	26 mars - 6 april	✓
61	91	3 aug.	3.5	31 mars - 7 april	✓
62	120	13-14 maj	3.0	26 mars - 15 april	✓
63	114	6 maj	2.0	1-8 april	✓
64	112	19 april	2.9	6-10 april	✓
65	72	9-10 sept	3.3	10 - 22 mars	✓
66	182	20 maj	4.3	13 mars - 7 april	✓
67	195	26 maj	3.8	1-5 april	✓
68	93	26-27 april	3.2	16 mars	✓
69	112		3.0	30 mars - 2 april	
70	103		2.4		
71	84		2.7		
72			~ 3	1 sept. - 10 okt. (max. 10.5)	
73			~ 2.5	11 sept. - 10 okt. (max. 10.5)	
74			~ 2.5		
75			2.6	11 aug.	
1913-50	1060		3.5		
1951-75	5200		10.4		
1976-81	1000		17.4		
1982-87	1000		17.4		
1988-93	1000		17.4		
1994-99	1000		17.4		
2000-05	1000		17.4		
2006-11	1000		17.4		
2012-17	1000		17.4		
2018-23	1000		17.4		
2024-29	1000		17.4		
2030-35	1000		17.4		
2036-41	1000		17.4		
2042-47	1000		17.4		
2048-53	1000		17.4		
2054-59	1000		17.4		
2060-65	1000		17.4		
2066-71	1000		17.4		
2072-77	1000		17.4		
2078-83	1000		17.4		
2084-89	1000		17.4		
2090-95	1000		17.4		
2096-01	1000		17.4		
2102-07	1000		17.4		
2108-13	1000		17.4		
2114-19	1000		17.4		
2120-25	1000		17.4		
2126-31	1000		17.4		
2132-37	1000		17.4		
2138-43	1000		17.4		
2144-49	1000		17.4		
2150-55	1000		17.4		
2156-61	1000		17.4		
2162-67	1000		17.4		
2168-73	1000		17.4		
2174-79	1000		17.4		
2180-85	1000		17.4		
2186-91	1000		17.4		
2192-97	1000		17.4		
2198-03	1000		17.4		
2204-09	1000		17.4		
2210-15	1000		17.4		
2216-21	1000		17.4		
2222-27	1000		17.4		
2228-33	1000		17.4		
2234-39	1000		17.4		
2240-45	1000		17.4		
2246-51	1000		17.4		
2252-57	1000		17.4		
2258-63	1000		17.4		
2264-69	1000		17.4		
2270-75	1000		17.4		
2276-81	1000		17.4		
2282-87	1000		17.4		
2288-93	1000		17.4		
2294-99	1000		17.4		
2300-05	1000		17.4		
2306-11	1000		17.4		
2312-17	1000		17.4		
2318-23	1000		17.4		
2324-29	1000		17.4		
2330-35	1000		17.4		
2336-41	1000		17.4		
2342-47	1000		17.4		
2348-53	1000		17.4		
2354-59	1000		17.4		
2360-65	1000		17.4		
2366-71	1000		17.4		
2372-77	1000		17.4		
2378-83	1000		17.4		
2384-89	1000		17.4		
2390-95	1000		17.4		
2396-01	1000		17.4		
2402-07	1000		17.4		
2408-13	1000		17.4		
2414-19	1000		17.4		
2420-25	1000		17.4		
2426-31	1000		17.4		
2432-37	1000		17.4		
2438-43	1000		17.4		
2444-49	1000		17.4		
2450-55	1000		17.4		
2456-61	1000		17.4		
2462-67	1000		17.4		
2468-73	1000		17.4		
2474-79	1000		17.4		
2480-85	1000		17.4		
2486-91	1000		17.4		
2492-97	1000		17.4		
2498-03	1000		17.4		
2504-09	1000		17.4		
2510-15	1000		17.4		
2516-21	1000		17.4		
2522-27	1000		17.4		
2528-33	1000		17.4		
2534-39	1000		17.4		
2540-45	1000		17.4		
2546-51	1000		17.4		
2552-57	1000		17.4		
2558-63	1000		17.4		
2564-69	1000		17.4		
2570-75	1000		17.4		
2576-81	1000		17.4		
2582-87	1000		17.4		
2588-93	1000		17.4		
2594-99	1000		17.4		
2600-05	1000		17.4		
2606-11	1000		17.4		
2612-17	1000		17.4		
2618-23	1000		17.4		
2624-29	1000		17.4		
2630-35	1000		17.4		
2636-41	1000		17.4		
2642-47	1000		17.4		
2648-53	1000		17.4		
2654-59	1000		17.4		
2660-65	1000		17.4		
2666-71	1000		17.4		
2672-77	1000		17.4		
2678-83	1000		17.4		
2684-89	1000		17.4		
2690-95	1000		17.4		
2696-01	1000		17.4		
2702-07	1000		17.4		
2708-13	1000		17.4		
2714-19	1000		17.4		
2720-25	1000		17.4		
2726-31	1000		17.4		
2732-37	1000		17.4		
2738-43	1000		17.4		
2744-49	1000		17.4		
2750-55	1000		17.4		
2756-61	1000		17.4		
2762-67	1000		17.4		
2768-73	1000		17.4		
2774-79	1000		17.4		
2780-85	1000		17.4		
2786-91	1000		17.4		
2792-97	1000		17.4		
2798-03	1000		17.4		
2804-09	1000		17.4		
2810-15	1000		17.4		
2816-21	1000		17.4		
2822-27	1000		17.4		
2828-33	1000		17.4		
2834-39	1000		17.4		
2840-45	1000		17.4		
2846-51	1000		17.4		
2852-57	1000		17.4		
2858-63	1000		17.4		
2864-69	1000		17.4		
2870-75	1000		17.4		
2876-81	1000		17.4		
2882-87	1000		17.4		
2888-93	1000		17.4		
2894-99	1000		17.4		
2900-05	1000		17.4		
2906-11	1000		17.4		
2912-17	1000		17.4		
2918-23	1000		17.4		
2924-29	1000		17.4		
2930-35	1000		17.4		
2936-41	1000		17.4		
2942-47	1000		17.4		
2948-53	1000		17.4		
2954-59	1000		17.4		
2960-65	1000		17.4		
2966-71	1000		17.4		
2972-77	1000		17.4		
2978-83	1000		17.4		
2984-89	1000		17.4		
2990-95	1000		17.4		
2996-01	1000		17.4		
3002-07	1000		17.4		
3008-13	1000		17.4		
3014-19	1000		17.4		
3020-25	1000		17.4		
3026-31	1000		17.4		
3032-37	1000		17.4		
3038-43	1000		17.4		
3044-49	1000		17.4		
3050-55	1000		17.4		
3056-61	1000		17.4		
3062-67	1000		17.4		
3068-73	1000		17.4		
3074-79	1000		17.4		
3080-85	1000		17.4		
3086-91	1000		17.4		
3092-97	1000		17.4		
3098-03	1000		17.4		
3104-09	1000		17.4		
3110-15	1000		17.4		
3116-21	1000		17.4		
3122-27	1000		17.4		
3128-33	1000		17.4		
3134-39	1000		17.4		
3140-45	1000		17.4		
3146-51	1000		17.4		
3152-57	1000		17.4		
3158-63	1000		17.4		
3164-69	1000		17.4		
3170-75	1000		17.4		
3176-81	1000		17.4		
3182-87	1000		17.4		
3188-93	1000		17.4		
3194-99	1000		17.4		
3200-05	1000		17.4		
3206-11	1000		17.4		
3212-17	1000		17.4		
3218-23	1000		17.4		
3224-29	1000		17.4</		

Blankett över månadsvattenföring, jämte maximum- och minimumtabell, maskinellt förd

Bilaga 3
Bihang 2E

SVERIGE																
MEDELVATTENFÖRING M3/S																
VATTENDRAG: BOLMAN																
PEGEL: 98- 1952 SKEENS KRV																
N: 1639 KM2 SJH%: 16,4 ANM: QR																
HYDROLOGISKA BYRÅN																
ÅR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	MAX DAT	MIN DAT	MEDEL	
1981	33	36	38	66	61	17,6	18,9	18,8	9,9	11,7	16,6	11,3	80 1304	5,2 1112	28	
1982	23	22	17,8	10,3	5,2	5,7	7,0	13,5	18,1	14,1	19,7	30	35 2412	5,0 1104	15,6	
1983	28	23	22	14,4	20	20	14,2	17,1	27	28	20	24	44 1302	0,00 1706	22	
1984	16,7	33	15,9	5,4	9,8	17,4	15,2	21	40	54	58	50	81 2410	0,20 0404	28	
1985	31	31	26	9,3	36	17,0	14,6	6,3	15,3	13,4	24	15,4	67 2205	0,20 0601	19,9	
1986	16,1	41	19,7	5,3	7,7	13,7	5,5	11,1	26	21	27	15,1	92 3101	0,20 0101	17,3	
1987	17,4	23	29	21	13,2	19,2	6,1	9,7	15,1	26	36	30	92 1706	0,20 0601	20	
1988	28	26	36	11,5	24	22	23	14,2	30	25	29	23	92 2502	0,20 0101	24	
1989	9,1	34	27	17,4	21	20	5,7	6,3	10,2	16,1	17,9	7,3	91 1405	0,00 2706	15,8	
1990	8,0	15,5	5,7	5,7	5,1	7,7	5,9	10,8	24	26	12,4	26	60 3012	0,20 0101	12,7	
1991	42	26	34	35	12,1	7,1	5,3	13,3	29	24	32	41	60 0101	0,20 0502	25	
1992	36	45	43	22	26	27	15,1	18,6	51	41	28	19,3	80 2801	0,20 1301	31	
1993	15,4	8,3	5,8	4,4	5,5	5,5	5,7	6,2	16,3	11,7	19,1	44	90 0312	0,20 1401	12,4	
1994	32	28	12,4	5,9	6,9	5,1	6,6	5,7	8,4	6,9	21	19,8	48 1411	0,20 1702	15,1	
1995	33	40	22	7,7	38	12,6	7,2	17,7	17,7	33	34	31	90 0802	0,20 2103	24	
1996	25	9,2	16,7	43	39	16,1	10,2	13,5	31	26	16,2	13,9	70 0805	0,20 0901	22	
1997	33	21	45	35	19,9	17,6	8,7	14,0	16,3	13,3	42	31	76 1703	0,20 0101	25	
1998	35	28	31	41	24	8,2	6,7	19,7	25	8,6	8,6	14,2	76 1004	0,00 2303	21	
1999	18,4	27	19,7	4,4	5,4	16,5	14,4	6,1	13,6	9,4	8,4	28	43 2502	0,20 0102	14,2	
2000	25	14,3	12,6	3,3	8,3	12,5	15,7	28	12,0	7,0	33	40	53 2511	0,20 1402	17,7	
2001	32	32	22	11,5	15,3	7,8	5,7	12,1	14,1	10,4	11,6	24	50 2904	0,20 2003	16,5	
2002	37	19,0	9,5	5,1	5,6	6,9	7,1	18,3	21	14,9	13,4	27	97 3112	0,20 0403	15,4	
2003	27	11,3	19,4	23	19,0	7,6	6,6	16,8	9,5	8,4	10,2	26	36 0101	0,20 2701	15,6	
2004	17,1	26	30	19,9	6,4	5,4	5,3	4,3	4,7	16,9	16,5	41	66 3012	0,20 1901	16,2	
2005	61	41	28	25	8,3	21	5,4	4,8	5,7	10,1	11,0	11,2	82 3001	0,20 2803	19,2	
2006	15,8	15,8	5,3	5,3	5,2	7,2	5,5	8,6	13,4	12,1	8,1	12,8	36 2601	0,20 0301	9,6	
2007	8,0	8,3	5,3	3,3	5,1	5,1	5,3	4,3	4,7	6,9	8,1	7,3	35 1952	0,00 1953	9,6	MIN
2008	27	26	23	17,6	17,3	13,2	9,5	12,9	19,4	18,8	22	25	59	0,55	19,3	MED
2009	61	45	45	66	61	27	23	28	51	54	58	50	82 1975	5,2 1951	31	MAX

104

Bilaga 3
Bihang 2G

Akkumulerad varaktighet

4	SMHI	AKKUMULERAD VARAKTIGHET OCH MEDELVARAKTIGHET AV VATTENFÖRING									
	HYDROLOGISKA BYRÅN	PEGEL: 67- 1914 SANNINGEN NEDRE									
6	L/(S*KM2)	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1967	
		-67	-68	-69	-70	-71	-72	-73	-74	-75	MEDELV
9	55-60			1	4	4	4	4	4	4	
	50-55			2	7	7	7	7	7	7	1
10	48-50			2	9	9	9	9	9	9	1
	46-48			4	11	11	11	11	11	11	1
12	44-46			4	12	12	12	12	12	12	1
	42-44			4	14	14	14	14	14	14	2
14	40-42			4	17	17	17	17	17	17	2
	38-40			5	21	21	21	21	21	21	2
16	36-38			5	23	23	23	23	23	23	3
	34-36			6	27	27	31	31	31	31	3
18	32-34	7	7	13	40	40	46	46	46	46	5
	30-32	17	17	23	55	55	63	63	63	63	7
	28-30	27	28	36	72	72	82	82	82	82	9
	26-28	35	45	59	99	99	112	112	112	112	12
22	24-26	50	63	82	124	124	139	139	139	139	15
	22-24	57	76	94	142	142	158	158	158	158	18
24	20-22	67	86	107	159	159	179	179	185	199	22
	18-20	67	98	121	184	184	215	215	227	252	28
	16-18	82	118	166	241	251	287	287	308	351	39
	14-16	94	142	194	277	304	347	347	378	423	47
28	12-14	136	213	274	367	401	460	460	515	568	63
	10-12	165	254	319	414	491	577	579	667	737	82
30	9-10	193	286	352	450	543	645	658	748	828	92
	8-9	195	315	393	495	594	701	724	815	907	101
	7-8	224	382	493	611	763	886	936	1034	1132	126
	6-7	228	438	570	707	869	999	1059	1168	1268	141
34	5-6	236	460	619	762	936	1110	1192	1310	1415	157
	4-5	244	470	645	795	990	1200	1289	1413	1529	170
36	3-4	254	485	662	837	1044	1317	1439	1586	1714	190
	2-3	270	507	686	876	1113	1437	1592	1773	1933	215
38	1-2	286	534	720	945	1232	1598	1764	1966	2138	238
	0.8-1	293	553	740	967	1254	1620	1789	1995	2168	241
40	0.6-0.8	299	572	762	1006	1294	1660	1835	2045	2220	247
	0.4-0.6	335	609	804	1070	1362	1728	1912	2136	2318	258
42	0.2-0.4	345	624	830	1109	1427	1793	2003	2250	2527	281
	0.0-0.2	365	731	1096	1461	1826	2192	2557	2922	3287	365
	AVRINNINGEN UNDER MINST 183 DYGN ÅR : 3.35 L/(S*KM2)										
	AVRINNINGEN UNDER MINST 274 DYGN ÅR : 0.26 L/(S*KM2)										
46	***	OBS: LÅNGT INTERVALL ***									
	AVRINNINGEN UNDER MINST 347 DYGN ÅR : 0.04 L/(S*KM2)										
48											
52											
54											
58											
60											
64											
66											
70											

Transport av lösta ämnen i vattendrag

Med transportberäkning menas att bestämma mängden av ett visst ämne eller dylikt som under en bestämd tidsperiod förts med vattendraget. En framgångsrik transportberäkning fordrar i regel en omsorgsfullt planerad mätningssamhet styrd av ett fastställt program. Denna information avser endast att ge en översiktlig inblick i hur en transportberäkning kan utföras och i vad som erfarenhetsmässigt bör iakttas vid valet av provtagningsplats.

Beräkningssätt

Transporten av ett ämne (flödet) utgörs av produkten av halten av ämnet och vattenföringen. Om halten (y) under en viss tidsperiod varierar enligt figur 1 och vattenföringen (Q) enligt figur 2 nedan, så varierar transporten, uttryckt i till exempel g per sekund, som produkten $y \cdot Q$. Den totala transporten av ämnet under tiden T utgörs av den streckade ytan i figur 3. Betecknas denna med F kan sambandet uttryckas med ekvationen

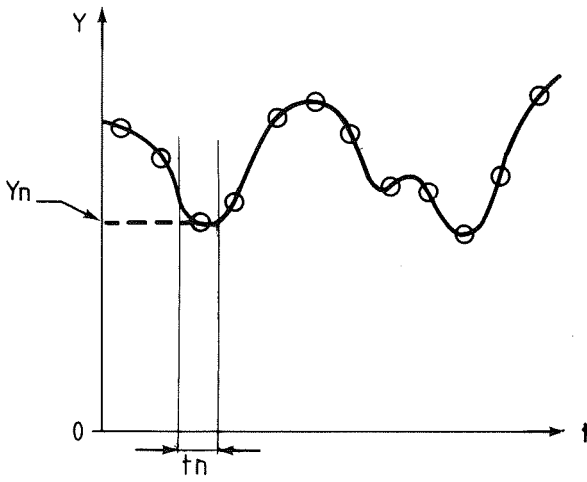
$$F = \int_0^T y Q \, dt$$

Om man med lämpliga arrangemang kontinuerligt registrerar halt och vattenföring blir transportberäkningen enkel. Man ritar endast upp produkten av de båda registreringarna och beräknar figurens yta. (Om man endast är intresserad av medeltransporten under perioden avläser man medelvärde). Att anordna såväl halt- som vattenföringsregistrering är dock kostsamt varför man i regel blir hänvisad att tillgripa en mera approximativ metod. En sådan metod består i att den period, under vilken transporten skall beräknas, indelas i ett antal intervall enligt fig 4 nedan. Under varje sådant tidsintervall antages halten vara konstant (och bestämd genom analys av ett vattenprov). Den totala transporten under tiden T beräknas då som summan av staplarnas ytor enligt ekvationen

$$F = \sum_{i=1}^n y_n Q_n t_n$$

där t_n avser det tidsintervall, varunder y_n och Q_n anses representativa.

Halt



○ = provtagning

Fig 1.

Vattenföring

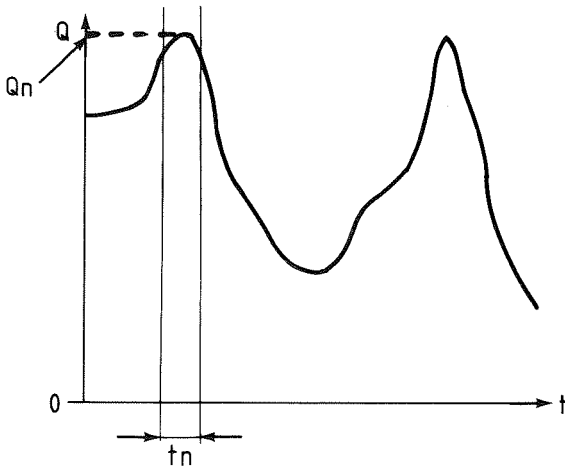


Fig 2.

Bilaga 4

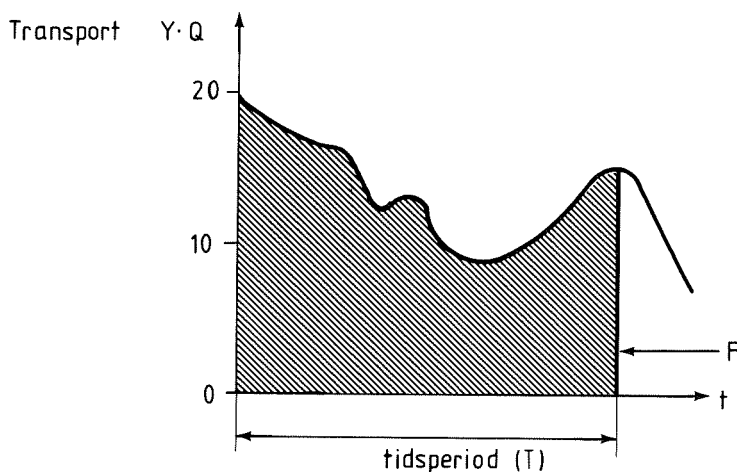


Fig 3.

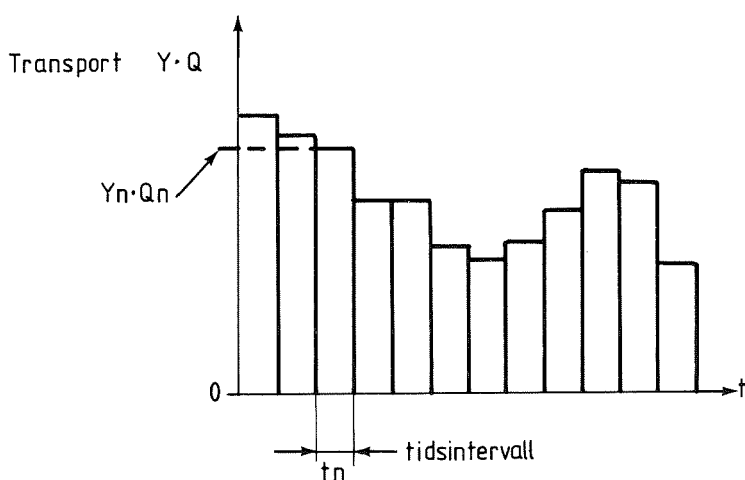


Fig 4.

Vid planläggning av ett transportberäkningsprogram bör frågan om lämplig provtagningsfrekvens noggrant övervägas. Denna avgör antalet tidsintervall och deras inbördes längdförhållande och har därför betydelse för valet av beräkningsmetod i det enskilda fallet (Se Eriksson och Holtan: Hydrokemi; ref nr 13).

Val av provtagningsplats

En provtagningsplats bör naturligtvis vara lättillgänglig och ha sådana förutsättningar att provtagning är möjlig. I övrigt bör valet av provtagningsplats i huvudsak ske med hänsyn till de yttre förutsättningarna för god omblandning längs efter vattendraget. Bl a bör följande synpunkter beaktas. Synpunkterna åskådliggörs i fig 5 nedan.

Vid transportberäkning i naturliga vattendrag bör i första hand väljas en provtagningsplats där halternas tidsvariationer är så små som möjligt. En sådan plats ger den säkraste bestämningen till lägsta kostnad. Med tanke på de relativt långa omblandningssträckor, som ofta krävs, för att vatten med skilda kvalitéer skall omblandas effektivt, kan det vara olämpligt att lägga en provtagningsplats omedelbart nedanför ett utsläpp av avloppsvatten eller ett tillflöde. Ett alternativ kan vara att förlägga provtagningen till en plats uppströms avloppsvattenutsläppet eller tillflödet och göra en särskild bestämning av utsläppets eller tillflödets innehåll av aktuella ämnen (se tillflöde A i fig). Goda platser med avseende på halternas variationer finns ofta vid utloppen från sjöar och sträckorna närmast nedströms härom.

En mängd olika formler för omblandningssträckors längd i naturliga vattendrag har framtagits. Sådana beräkningsmodeller har emellertid visat sig svåra att tillämpa i praktiken. Som ett riktvärde för omblandningssträckors längd kan dock nämnas att teoretiska beräkningar och praktiska erfarenheter visar att en godtagbar omblandning i de flesta fall nås efter ungefär 100–300 gånger vattendragets bredd. Detta riktvärde får endast betraktas som en grov uppskattning till hjälp vid en första utplacering av provpunkter i ett okänt vattendrag. Förhållandena i det enskilda fallet kan ligga långt utanför dessa gränser.

Omedelbart nedströms forsar eller fall erhålls i regel god turbulens och därmed god homogenitet, även om sådana provtagningsplatser inte är en garanti för en fullständig omblandning. Ur andra synpunkter kan det dock vara olämpligt att ta vattenprovet här. Exempelvis sker här en syresättning som ofta inte är representativ för vattendraget. Turbulensen i vattnet ökar också om vattendraget vindlar, har ojämna stränder och bottenstruktur. I breda, djupa lugnflytande vattendrag däremot är turbulensen liten.

Ofta vill man bestämma transporten i ett vattendrag vid mynningen i en sjö eller havsvik. Det är då viktigt att provtagningsplatsen ligger så långt uppströms mynningen att vattnet i sjön eller havsviken ej når upp till platsen. I annat fall erhålls stora och oregelbundna haltvariationer. Dessutom uppkommer svårigheter att bestämma vattenföringen, som ju vissa tider kan gå "baklänges". Samma problem kan uppstå strax uppströms om tillflöden.

Om provtagningarna skall användas för transportberäkningar bör provtagningsplatsen helst ligga i närheten av en vattenföringsstation, om en sådan finns inom aktuellt område. I många fall måste dock en skillnad i avrinningsområde på 10% eller mer mellan vattenföringsstationen och provtagningsplatsen accepteras. Vid översiktliga undersökningar kan större skillnader komma ifråga, liksom vattenföringsbestämning med hjälp av närbelägna stationer i andra vattendrag.

Bilaga 4

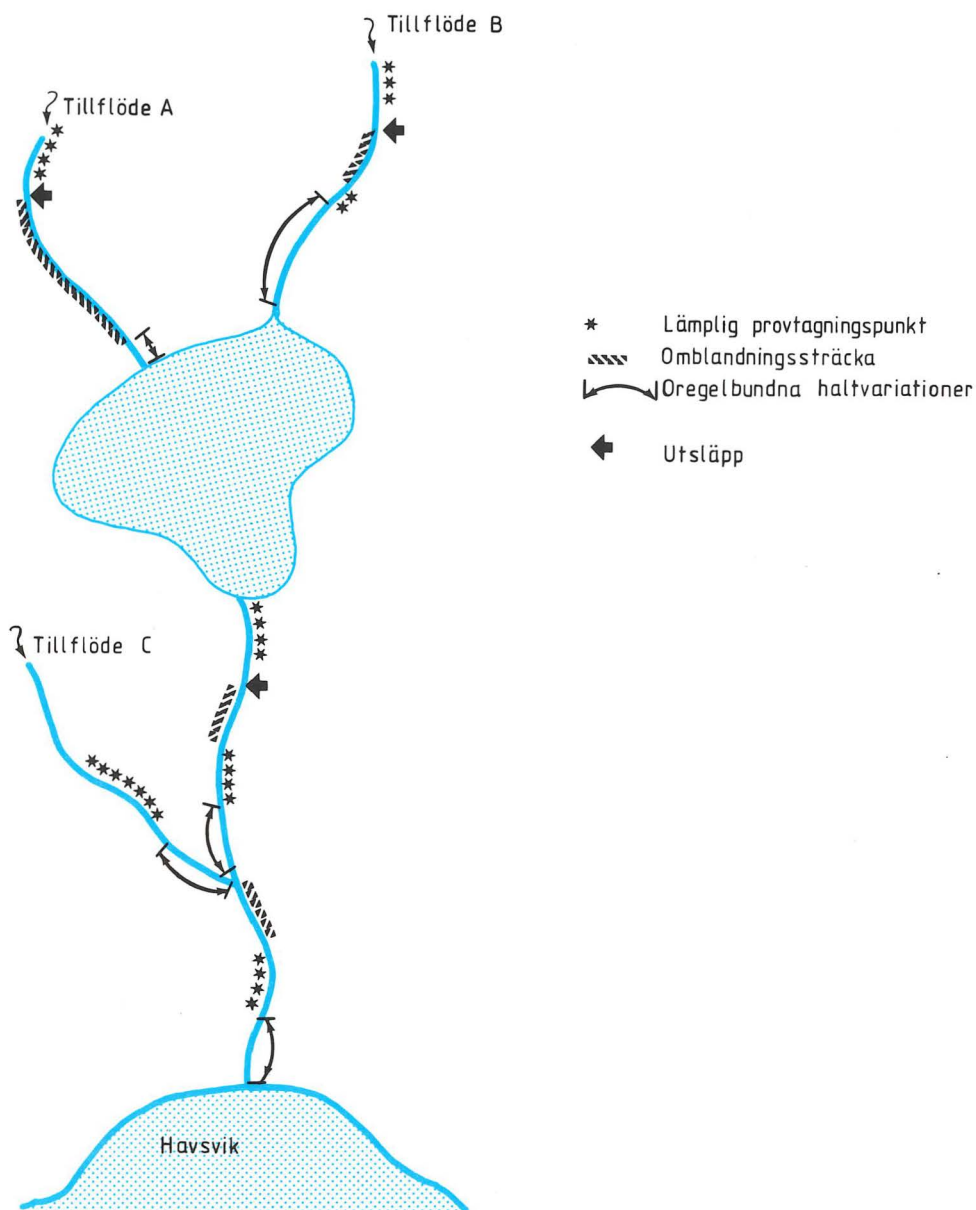


Fig 5. Synpunkter på val av provtagningsplats för transportberäkning.



LiberFörlag
Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-05055-2