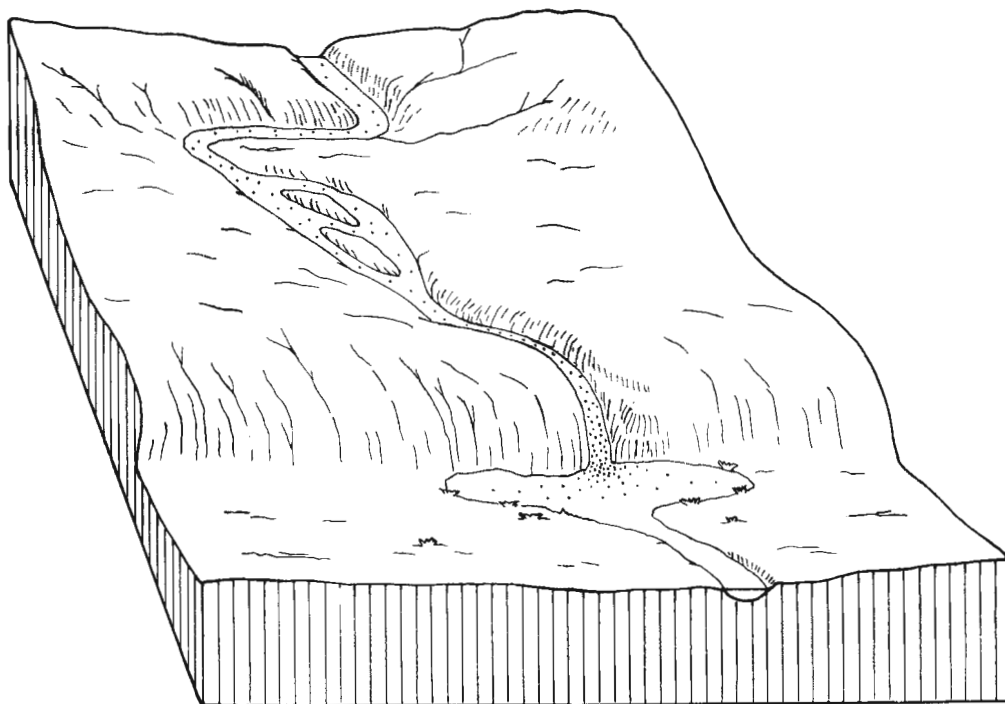
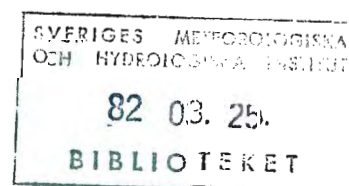




SEDIMENTTRANSPORT I SVENSKA VATTENDRAG

Sammanställning och generalisering av
data från sedimenttransportnätet

av Maja Brandt



SEDIMENTTRANSPORT I SVENSKA
VATTENDRAG

Sammanställning och generalisering av
data från sedimenttransportnätet

SEDIMENT TRANSPORT IN
SWEDISH RIVERS

Results and generalization of data from the
network for sediment transport

av Maja Brandt

Issuing Agency SMHI Box 923 S-601 19 NORRKÖPING SWEDEN		Report number RHO 33 (1982)	
		Report date February 1982	
Author (s) Maja Brandt			
Title (and Subtitle) Sediment transport in Swedish rivers. Results and generalization of data from the network for sediment transport			
Abstract The work with a network for sediment transport in Sweden started in 1966-67. It consists today of about 20 stations in rivers and 6 in small research basins. The following physical water quality parameters are measured: concentration of suspended inorganic and organic matter, concentration of dissolved matter, turbidity, conductivity, colour, pH and water temperature. The transports of suspended and dissolved matter are calculated. Characteristic values has been calculated for every station for the quarters of the year and the whole year. The effect of climate, different physiography, geology and land use on the physical water quality parameters are exemplified with results from the stations. Sweden is divided in eight regions and for every region has guidelines for the different physical parameters and the transport of matter been given.			
Key words Sediment transport Physical water quality parameters Swedish rivers			
Supplementary notes		Number of pages 67	Language Swedish
ISSN and title 0347-7827 SMHI Reports Hydrology and Oceanography			
Report available from: Liber Grafiska AB/Förlagsorder S-162 89 STOCKHOLM SWEDEN			

FÖRORD

Ett flertal personer har bidragit till att föreliggande rapport utarbetats. Speciellt vill jag nämna Sten Bergström som har framfört idén till den begreppsmässiga modell som redovisas i rapporten samt bidragit med stimulerande diskussioner. Karin Bäckman har utfört programmeringen för modellen och gjort modellkörningarna. Inger Nilsson har gjort redigering och utskrift av rapporten.

Till samtliga framföres ett varmt tack.

Norrköping i januari 1982

Maja Brandt

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Sammanfattning	1
1. <u>INLEDNING</u>	3
2. <u>BESKRIVNING AV NÄTET</u>	3
3. <u>SAMMANSTÄLLNING AV MÄTRESULTAT</u>	7
3.1 Karakteristiska värden för halt suspenderat material och lösta ämnen samt ledningsförmåga, grumlighet och färg	7
3.2 Hur yttre faktorer påverkar den fysikaliska vattenkvaliten	16
3.2.1 Klimatets inverkan	17
3.2.2 Fysiografins inverkan samt reglering	20
3.2.3 Geologins inverkan	24
3.2.4 Markanvändningens inverkan	26
3.3 Sedimenttransportberäkningar	28
3.3.1 Transport av lösta ämnen och suspenderat organiskt material	28
3.3.2 Transport av suspenderat oorganiskt material	28
3.4 Hur yttre faktorer påverkar transporterna	32
3.4.1 Klimatets inverkan	32
3.4.2 Fysiografins inverkan	33
3.4.3 Regleringens inverkan	34
3.4.4 Geologins och markanvändningens inverkan	36
3.5 Uppmätt sedimenttransport	37
3.6 Försök med en begreppsmässig modell för att beräkna transport suspenderat oorganiskt material	39
3.7 Trender i årstransport, halter och pH	47
4. <u>GENERALISERING AV FYSIKALISK VATTENKVALITET OCH SEDIMENTTRANSPORT I SVENSKA VATTENDRAG</u>	49
4.1 Allmänt	49
4.2 Försök att uppskatta transport i omätta vattendrag med regressionsförfarande	49
4.3 Indelning av Sverige i regioner och vattendrag i grupper	54
4.4 Riktvärden för vissa fysikaliska vattenkvalitetsparametrar och sedimenttransport i de olika regionerna	56
REFERENSER	66

Sammanfattning

Syftet med föreliggande rapport är att sammanställa de mätningar som gjorts inom sedimenttransportnätets ram under åren 1967-79 samt att försöka generalisera resultaten till områden i Sverige där inga mätningar utförts.

Sedimenttransportnätet omfattar för närvarande ca 20 mätstationer i svenska vattendrag, där följande fysikaliska parametrar mäts: halt suspenderat oorganiskt och organiskt material (svävande partiklar i vattnet), halt lösta ämnen (i jonform), grumlighet, ledningsförmåga, färg, pH och vattentemperatur. Transport av suspenderat oorganiskt och organiskt material samt lösta ämnen beräknas med hjälp av uppmätt vattenföring i vattendragen. Mätplatserna ligger i vattendrag som har större avrinningsområde än 300 km^2 . Sedan 1977 pågår även mätningar i ett antal små avrinningsområden ($2-20 \text{ km}^2$).

Mätningarna visar att för att beräkna transport av material i ett vattendrag krävs tät provtagning under perioder med stigande vattenföring. Då sker de största förändringarna i halter. Det nuvarande provtagningsprogrammet i de små avrinningsområdena -FFO- med provtagning en gång per månad samt några extraprover vid flöden är därför helt otillräckligt för transportberäkningar. Det övriga sedimenttransportnätets stationer har ett provtagningsprogram som är anpassat till vattenföringen.

För varje mätstation har karakteristiska värden (maximi-, medel-, minimivärden, standardavvikelse, variationskoefficient samt medelfel) beräknats kvartalsvis och för året.

Med resultat från de olika mätstationerna har de yttre faktorernas inverkan (klimatet, fysiografen, geologin, markanvändningen samt mänskliga ingrepp) på de fysikaliska vattenkvalitetsparametrarna exemplifierats. Halt suspenderat oorganiskt material uppvisar de största variationerna både längs ett vattendrag och mellan olika vattendrag.

De suspenderade partiklar som bortförs längre sträckor i Sverige kommer främst från alla vattendragens sidor och botten samt den allra närmaste omgivningen. Som vattendrag räknas då allt mellan de minsta bäckarna och rännilarna till de största älvarna. Eventuellt ytavspolat material på en sluttning avsätts i svackor m.m. så fort vattnet blir stillastående eller dräneras ner i marken. Vill man karakterisera ett vattendrag med hänsyn till t.ex. geologin eller markanvändningen kan man därför inte ange t.ex. % skog inom hela avrinningsområdet utan endast i närområdet.

För att uppskatta halter och transporter vid omätta platser har Sverige indelats i ett antal regioner och riktvärden för dessa har angivits. Eftersom stationsnätet är glest och har ojämna täckning över landet får värdena användas med försiktighet.

1. INLEDNING

Arbetet med ett sedimenttransportnät startades vid Naturgeografiska institutionen vid Uppsala Universitet 1966. Det utvecklades och leddes av Bengt Nilsson tills 1975, då det överfördes till SMHI.

Syftet med nätet är att insamla fysikaliska basdata från olika svenska vattendrag för att kunna bestämma den totala transporten av suspenderat material och lösta ämnen, för att återspegla de årliga variationerna i koncentrationer och i transporten samt för att följa eventuella långsiktiga förändringar.

Bengt Nilsson (1971 a,b) har sammanställt metodik och resultat från åren 1967-69 för 16 stationer.

Denna rapport avser att

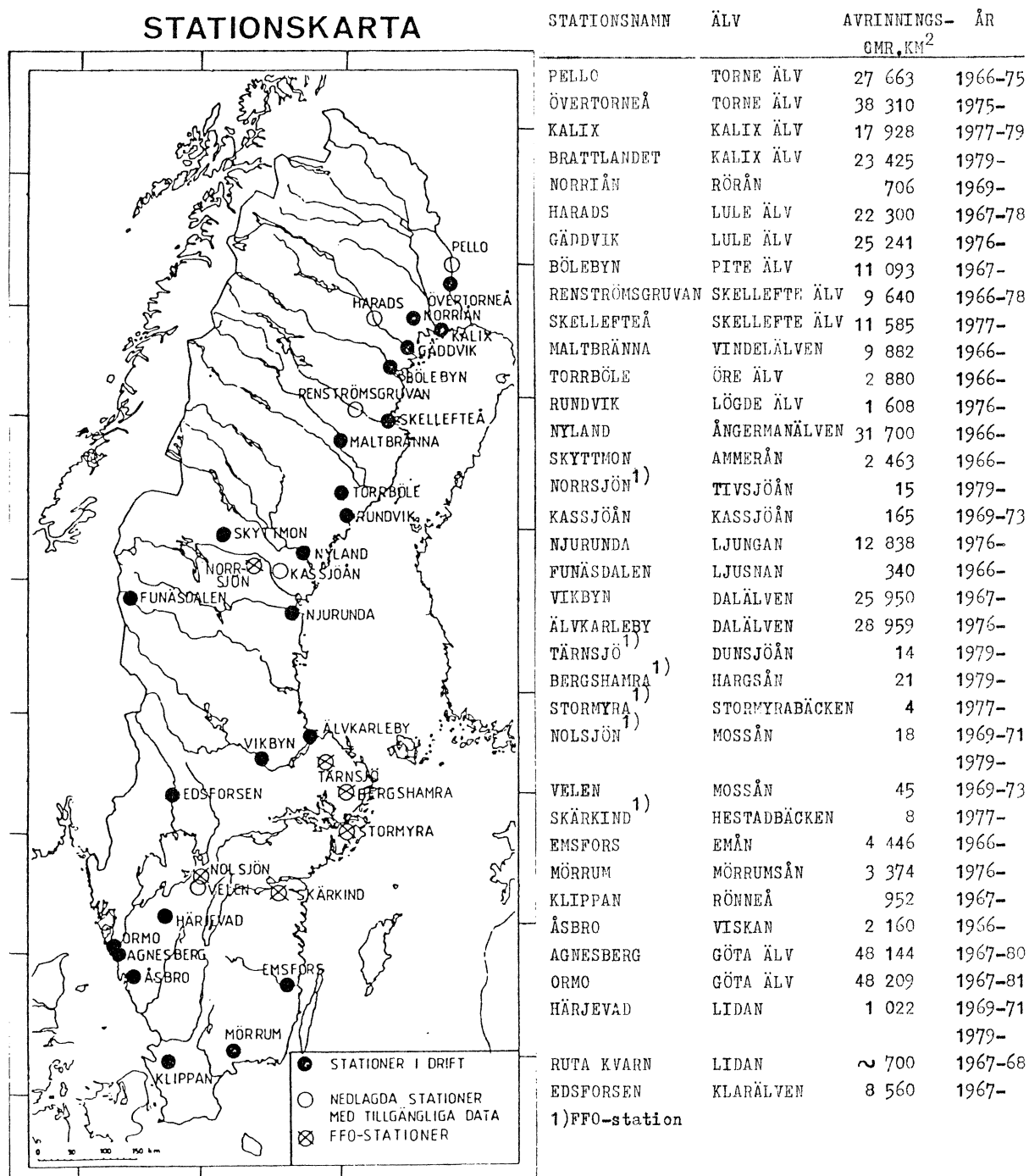
- sammanställa data från de olika sedimenttransportstationerna 1967-79
- försöka generalisera materialet så att även liknande information kan uppskattas för platser och vattendrag, där inga mätningar gjorts

Den skall sedan ligga som bakgrund för en bedömning av framtida insatser inom sedimenttransportnätet.

2. BESKRIVNING AV NÄTET

Bengt Nilsson (1971 a) har ingående beskrivit metodiken. Mätförfarandet är i princip detsamma alltjämt. SMHI (1978) har gjort en kort beskrivning av sedimenttransportnätet.

Nätet består f.n. av 21 stationer i 20 vattendrag. Dessutom tillkommer 6 stationer i de s.k. fältforskningsområdena (FFO). Stationernas läge, avrinningsområdenas storlek och mätår framgår av figur 1.



Figur 1. Stationskarta samt tabell över stationer, avrinningsområdenas storlek och mätår.
Sediment transport stations with information of drainage areas and measurement years.

Proverna tas normalt med en provtagare som insamlar vatten från ytan till botten i den mätvertikal i vattendraget, som genom mätningar befunnits vara representativ för vattendraget vid mätplatsen. Provtagningsfrekvensen varierar under året. I samband med kraftiga flöden tas prov varje eller varannan dag. Under islagd tid inskränks provtagningen till

var 14:e dag. Det innebär att upp till 80-90 vattenprov tas per år vid varje station. För FFO-stationerna tas dock vattenprov endast en gång per månad samt några extra-prov vid vår- och höstflöden.

Följande analyser utförs på proverna: halt suspenderat oorganiskt och organiskt material, lösta oorganiska och organiska ämnen (sort mg/l), grumlighet (sort Z-enheter), ledningsförmåga (sort mS/m), färg (mg Pt/l) och pH. Dessutom mäts vattentemperatur av observatören vid mättillfället. Färg har endast mätts sedan 1978.

Med suspenderat material menas partiklar som hålls svävande i strömmande vatten. Partiklarna frigörs från marken genom ytavspolning och erosion i vattendragets botten och sidor. Grovt material kan vid tillräcklig hög vattenhastighet rulla och glida längs botten, s.k. bottentransport. Inga mätningar eller beräkningar har utförts av bottentransporten inom sedimenttransportnätets ram.

Den totala mängden ämnen som befinner sig i jonform i vattnet benämns lösta ämnen och bestäms genom indunstning. Ingen korrektion av den del av bikarbonat som avdunstar i form av koldioxid har gjorts.

Samtliga analysresultat och dagliga vattenföringsvärden från de olika stationerna lagras på magnetband. Med dator beräknas månads- och årstransporter av suspenderat oorganiskt och organiskt material samt lösta ämnen. Dessutom beräknas månadsmedelhalt av suspenderat oorganiskt och organiskt material, lösta ämnen, ledningsförmåga, grumlighet, färg och pH samt månadsvattentemperatur. Alla beräkningar sker utifrån dygnsvärden för att fånga upp inverkan av varierande vattenföringar. För dygn när inga analyser utförts beräknas transport suspenderat organiskt material och lösta ämnen genom att haltvärden interpoleras fram och multipliceras med rådande vattenföring. Transport suspenderat oorganiskt material beräknas däremot med ett regressionsförfarande som utnyttjar ett logaritmiskt samband mellan uppmätt transport och vattenföring.

För stationer som pågått ett flertal år räknas sambanden fram månadsvis ur de tre senaste årens mätningar, i övrigt månadsvis.

Månads- och årsmedelhalterna samt transporterna sammanställs årsvis på en blankett för varje station. De redovisas f.o.m. 1979-års resultat i HB:s rapportserie (SMHI). Resultat fram till 1974 publicerades i IHD:s regi. Delredovisningar för åren 1967-79 återfinns i Miljöstatistisk årsbok.

3. SAMMANSTÄLLNING AV MÄTRESULTAT

3.1 Karakteristiska värden för halt suspenderat material och lösta ämnen samt ledningsförmåga, grumlighet och färg.

Vid flertalet av stationerna varierar de fysikaliska vattenkvalitetsparametrarna med vattenföringen. Eftersom vattenföringen i större delen av Sverige är säsongsbetonad med t.ex. vår- och höstflöden har karakteristiska värden beräknats kvartalsvis. I norra Sverige hamnar t.ex. i stort vårflödet i kvartal 2, medan det i södra Sverige hamnar i kvartal 1. Vid en generell utvärdering av analysresultaten har denna beräkning ansetts tillräcklig. För vissa typer av exaktare information från en viss mätplats rekommenderas att man plottar upp alla analysresultat och vattenföring för ett lämpligt antal år och analyserar dem. En dylikt plottningsrutin finns framtagen.

Följande karakteristiska värden har beräknats kvartalsvis på analysvärdena för åren 1967-79 (eller för de år som stationen funnits): maxi- och minimivärde, medelvärde, standardavvikelse, variationskoefficient och medelfel, där

$$\text{variationskoefficient} \quad Cv = \frac{Sx}{\bar{x}} \quad \text{och}$$

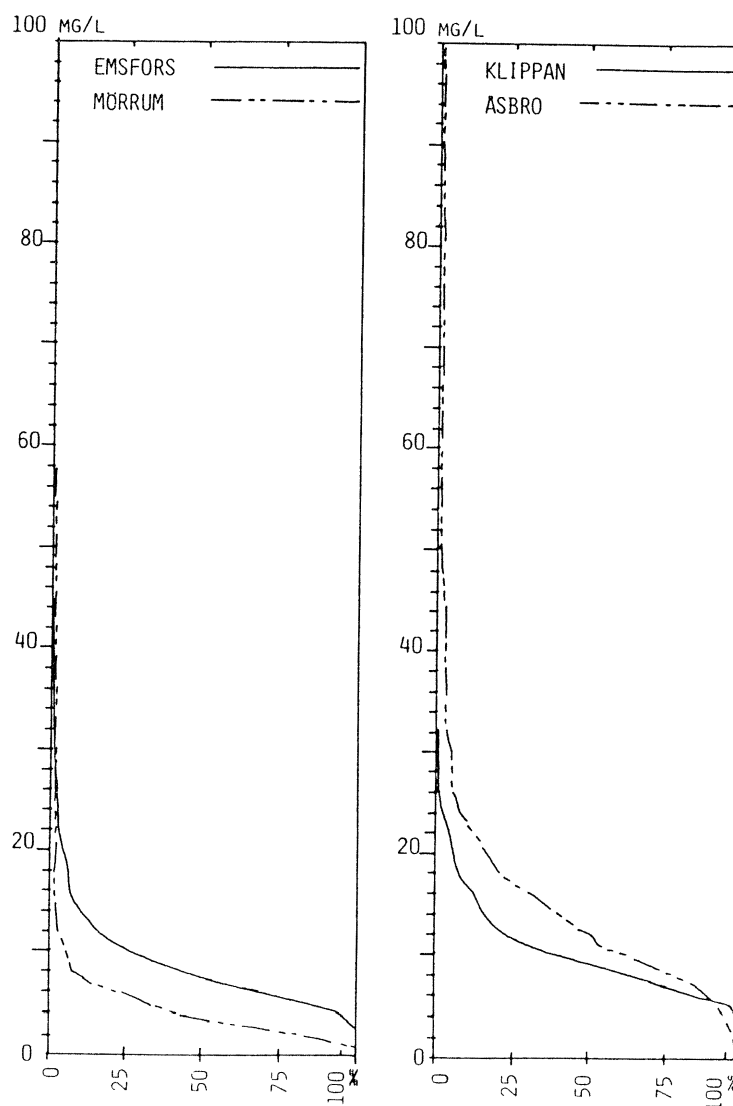
$$\text{medelfel} \quad Sm = \frac{100 \cdot Cv}{N}$$

Sx =standardavvikelse, $\bar{x}$ =medelvärde, N = antal mätningar

De karakteristiska värdena har beräknats för suspenderat totalt och oorganiskt material, lösta ämnen, ledningsförmåga och färg. Grumligheten har tyvärr inte alltid analyserats under perioder med höga flöden, vilket gör att det inte är riktigt att beräkna medel- och maximivärden. Karakteristiska värden för pH har inte beräknats i detta sammanhang. Vattenproverna skickas inte omgående till laboratoriet och den lagring som sker kan orsaka ett fel på uppskattningsvis $\pm 0,1$ enhet.

Provtagningsfrekvensen varierar kraftigt under året.

Direkt ur analysdata går det därför inte att beräkna varaktigheten och t.ex. medianvärde som kan vara ett bättre mått än medelvärde när värdena är skevt fördelade. För suspenderat material som har en markant skev fördelning under året har för de flesta stationerna 182 analysvärden av totala halten plockats fram jämt fördelade under året. I figur 2 återfinns exempel på varaktigheten av suspenderat totalt material vid några stationer i södra Sverige. 5%, 95%- varaktighet och medianvärden har avlästs ur diagrammen. Medelvärdet för året har beräknats ur kvartalsmedelvärdena.



Figur 2. Varaktighet under året av totalt suspenderat material vid några stationer.

Frequency of total suspended material during the year at some stations in the south of Sweden.

För varje station har en blankett sammanställts med ovanstående karakteristiska värden kvartalsvis och årsvis. Exempel på en dylik blankett finns i figur 3.

Station:	30-5 Torrböle	Flodområde:	Öreälven
Koordinater:	707163 168728	Vattendrag:	Öreälven
Startår:	1966	Avrinningsområde:	2880 km ²
Geologi:	65% morän	Sjöareal:	2,4% (8% mest för flottning, som upphörde 1977).
Skogs- och kustälv		Utbyggnadsgrad:	

Karakteristiska medelvärden

År	Vattenföring (1941- m ³ /s 1970)	Koncentration av (1967-79) susp. material (tot.) mg/l				
Max	460	239,7	P ₅ = 5% varaktighet			
P ₅	130	46	P ₉₅ = 95% varaktighet			
Medel	31	15,8	Std = standardavvik.			
Median	14,6	6,8	Cv = variationskoeff.			
P ₉₅	5,3	5,3	Sm = medelfel			
Min	3,2	0,8				
Kvartal 1	Susp. material		Löst material	Ledn. förmåga	Grumlighet	Färg
	Tot.	oorg.	Tot.			
Max	12,4	6,1	64,0	5,7		50
Medel	4,8	1,7	44,7	4,0		45
Min	0,8	0,3	31,0	2,9		35
Std	2,1	0,9	6,3	0,6		6,7
Cv	0,4	0,6	0,1	0,1		0,1
Sm	5%	7%	1%	1%		3%
Kvartal 2						
Max	239,7	229,4	133,0	5,7	3170	90
Medel	43,8	37,7	42,6	3,0		55
Min	1,2	0,8	21,0	1,6		35
Std	47,7	45,3	11,0	0,9		12,9
Cv	1,1	1,2	0,3	0,3		0,2
Sm	6%	6%	2%	2%		2%
Kvartal 3						
Max	71,1	67,4	88,0	5,8	2160	90
Medel	7,8	4,6	41,1	3,1		70
Min	1,7	0,2	23,0	2,0	40	40
Std	9,5	8,8	9,4	0,5		17,0
Cv	1,2	1,9	0,2	0,2		0,2
Sm	8%	12%	1%	1%		3%
Kvartal 4						
Max	52,5	46,6	73,0	4,8		90
Medel	6,7	3,3	43,1	3,2		75
Min	1,6	0,1	18,0	2,2		60
Std	6,1	5,3	8,3	0,6		9,5
Cv	0,9	1,6	0,2			0,1
Sm	8%	13%	2%	2%		2%

Figur 3. Exempel på sammanställning av karakteristiska medelvärden för en station.

Exampel of characteristic means of suspended and dissolved material, conductivity, turbidity and colour during the year and the four quarters of the year for one station.

Genomgående gäller för de olika mätplatserna att variationerna i halt suspenderat material är betydligt större än halt av lösta ämnen och ledningsförmåga.

Vid FFO-stationerna har provtagning skett endast ett fåtal år och mätningarna varit betydligt glesare. Det har därför bedömts vara för tidigt att redovisa karakteristiska värden för dem, men materialet visar att halt suspenderat material och lösta ämnen avviker markant i flera av stationerna från medelvärdena i närliggande områden. Det gäller främst Bergshamra (mestadels jordbruksområde i Uppland), Stormyra (kuperad skog- och hällmark i Södermanland) och Skärkind (jordbruksområde i Östergötland). De små områdena har betydligt högre halter suspenderat material och under främst lågvattenperioder högre halt lösta ämnen. Det kan för suspenderat material bero på att dessa områden saknar egentliga sedimentationsbäcken, vilket i så fall visar betydelsen av dessa. I de här små områdena ($3-20 \text{ km}^2$) dominerar markanvändningen på sedimenttransportförhållandena, medan vid sedimenttransportnätets övriga stationer med betydligt större avrinningsområden ($350-50\,000 \text{ km}^2$) dominerar mer klimatet, fysio-gra-fin och geologin.

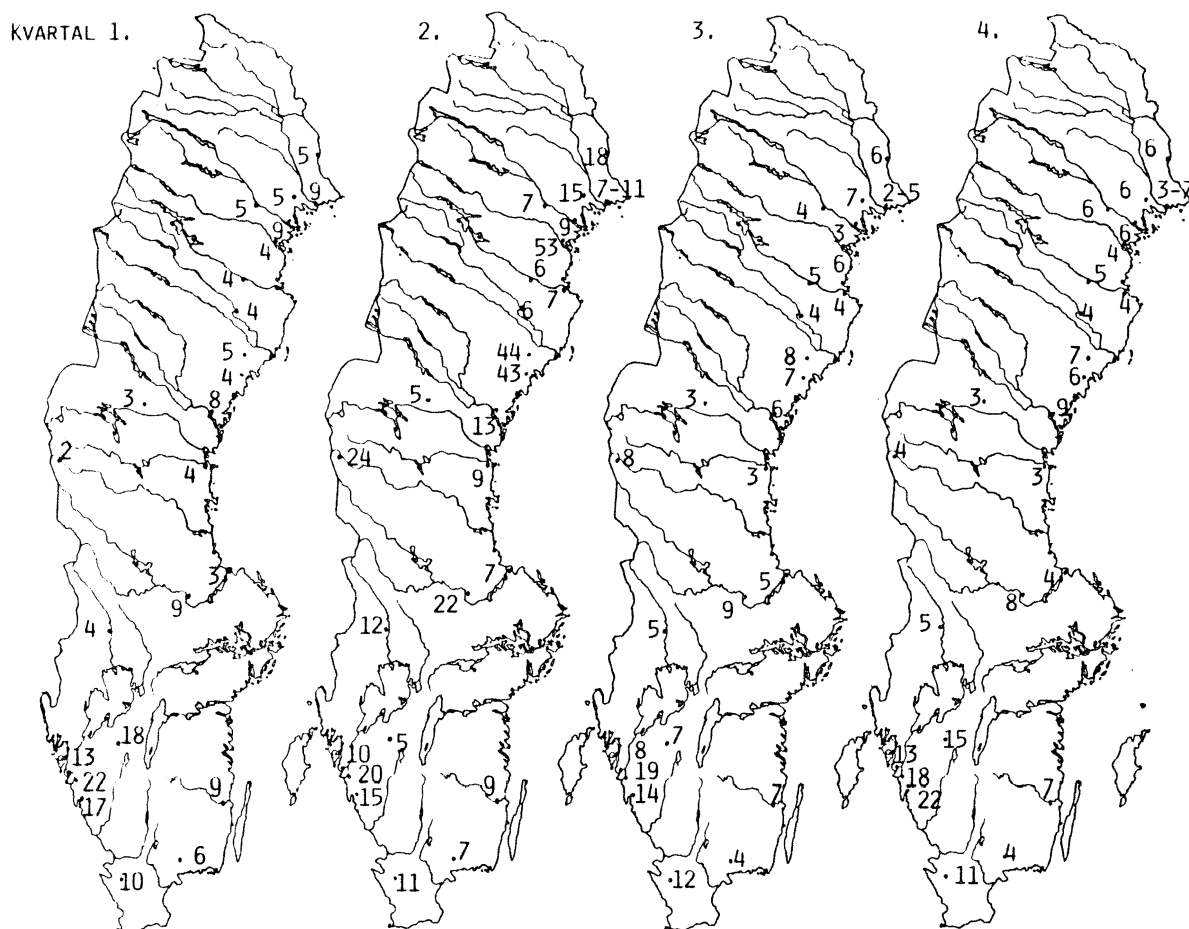
Var gränsen går mellan stora och små områden går inte att utläsa av detta material. I Kanada har man dragit gränsen vid ca 250 km^2 för områden där markanvändningen betyder mer än klimat, fysio-gra-fi och geologi (jfr. Slaymarker and McPherson 1973), men för Sverige har jag bedömt gränsen till snarare 100 km^2 .

De små bäckarna har ett brantare recessionsförlopp för avrinningen än de större vattendragens under torrperioder. Det beror på olika transporttider inom områdena, men det kan även bero på att vatten i djupliggande akvifärer under torrperioder inte når bäcken utan dräneras i utströmningsområden längre nedströms. En tänkbar förklaring till de höga halterna lösta ämnen i de små bäckarna i jordbruksområdena är en hög urlakning av de ytligare liggande göd-slade marklagren, marina leror m.m. samtidigt som vatten-

mängden i bäcken minskar på grund av avdunstning och att en del vatten dräneras i djupare skikt och aldrig når den lilla bäcken.

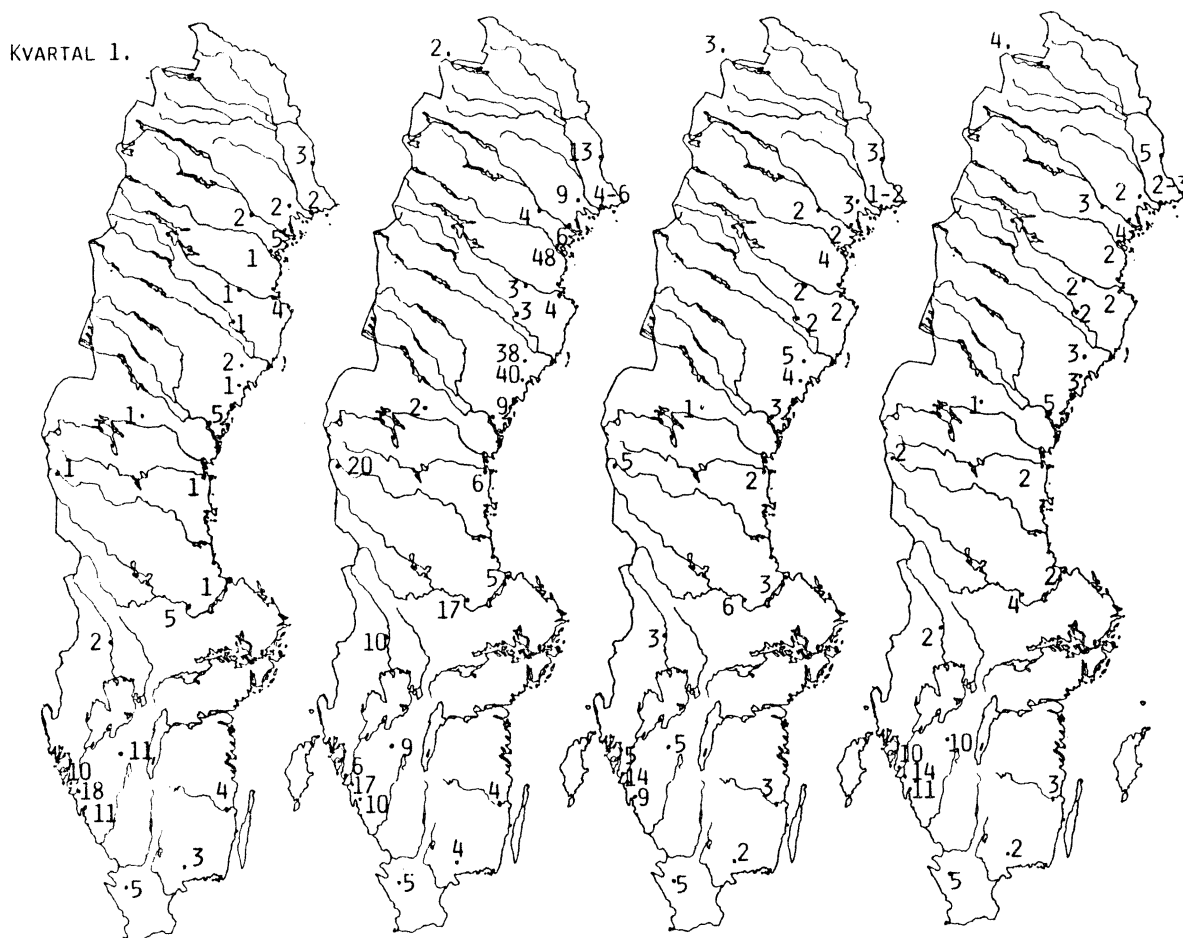
Slutsatsen av detta är i alla fall att uppmätta halter och analysvärden inte generellt kan överföras från ett litet avrinningsområde till ett stort.

I figur 4 har de beräknade medelvärdena av totalt suspenderat material lagts in på kartor kvartalsvis. FFO-stationerna har inte medtagits. Variationerna i medelhalt i södra Sverige är relativt små under året. I mellersta och norra Sverige är de det också bortsett från kvartal 2, när vårflödet i vissa av vattendragen ger markant högre halter.



Figur 4. Medelvärde av totalt suspenderat material (mg/l).
Means of total suspended material (mg/l) for the
four quarters of the year.

I figur 5 återfinns medelvärdena av suspenderat oorganiskt material på liknande sätt.

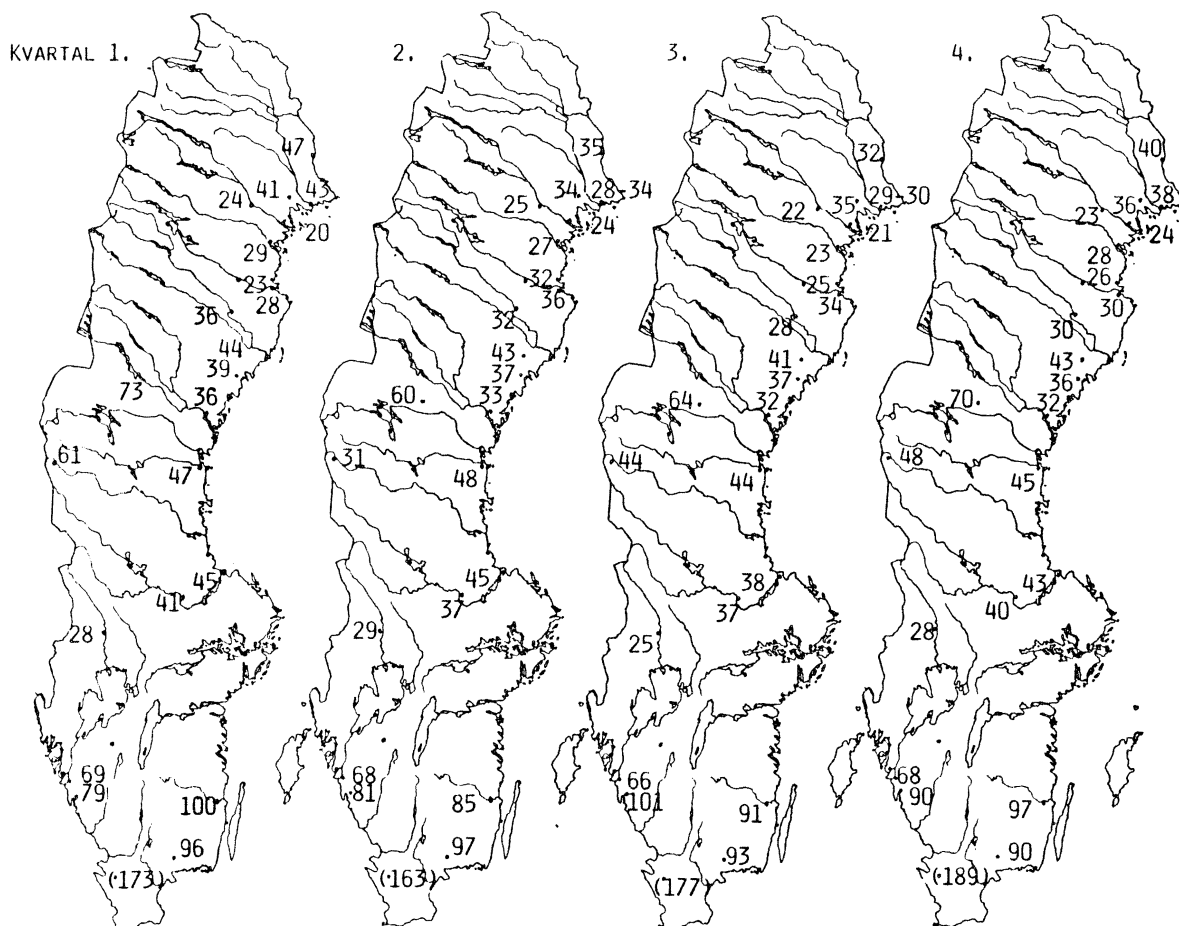


Figur 5. Medelvärde av suspenderat oorganiskt material (mg/l).

Means of suspended inorganic material (mg/l)
for the four quarters of the year.

Halt suspenderat organiskt material är mer årstidsberoende och mindre beroende av avrinningens storlek än halt suspenderat oorganiskt material. Det innebär att årstidsvariationerna normalt är mindre för det organiska materialet.

I figur 6 redovisas medelvärdena av lösta halter. De högsta halterna återfinns i södra Sverige. Variationerna under året är normalt lägre än för suspenderat material.



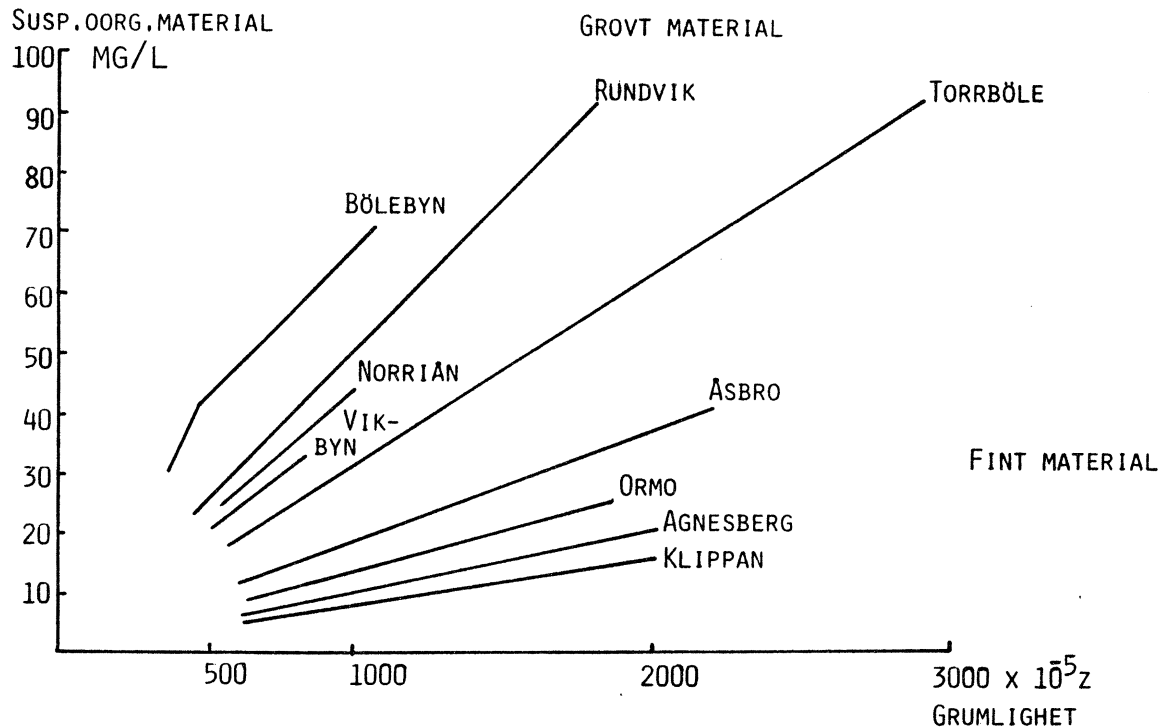
Figur 6. Medelvärde av lösta ämnen (mg/l)

Means of dissolved matter (mg/l) for the four quarters of the year.

För grumligheten (ljusspridningsförmåga) kan inte - som nämnts ovan - medelvärden beräknas. Det finns inget allmängiltigt samband mellan grumligheten och mängd suspenderat material. Grumligheten i vattnet beror på mängd material och kornstorleksfördelningen. Ett finkornigt material i ett vattenprov får högre grumlighetsvärde än ett grovkornigt med samma viktsmängd i provet. Eftersom kornstorleksfördelningen för det suspenderade materialet varierar med vattenhastigheten kan oftast inte något samband hittas mellan halt suspenderat oorganiskt material och grumlighet ens för en och samma mätstation.

I figur 7 har samband mellan grumlighet och suspenderat oorganiskt material plottats för de stationer där sådana har varit möjliga att konstruera. De ger en god uppfattning om det suspenderade materialet är fin- eller grovkornigt vid olika mätstationer. Kurvorna måste dock an-

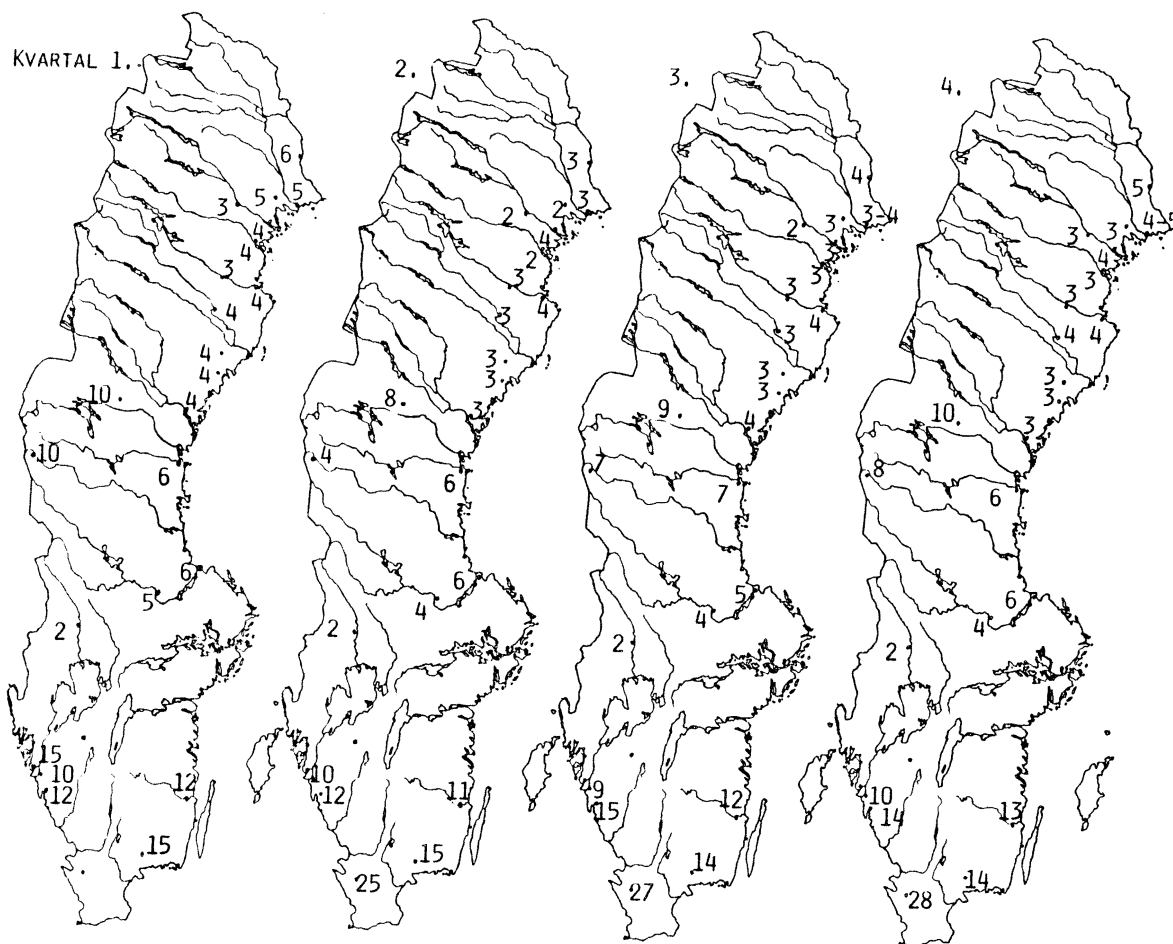
vändas med stor försiktighet. Kornstorleken i vattnet är beroende på tillgång på eroderbart material och vattenhastigheten. Finkornigt material tyder på att det suspenderade materialet är långtransporterat, medan grovt material på korttransporterat.



Figur 7. Ungefärliga samband mellan grumlighet och suspenderat oorganiskt material vid några av mätstationerna.

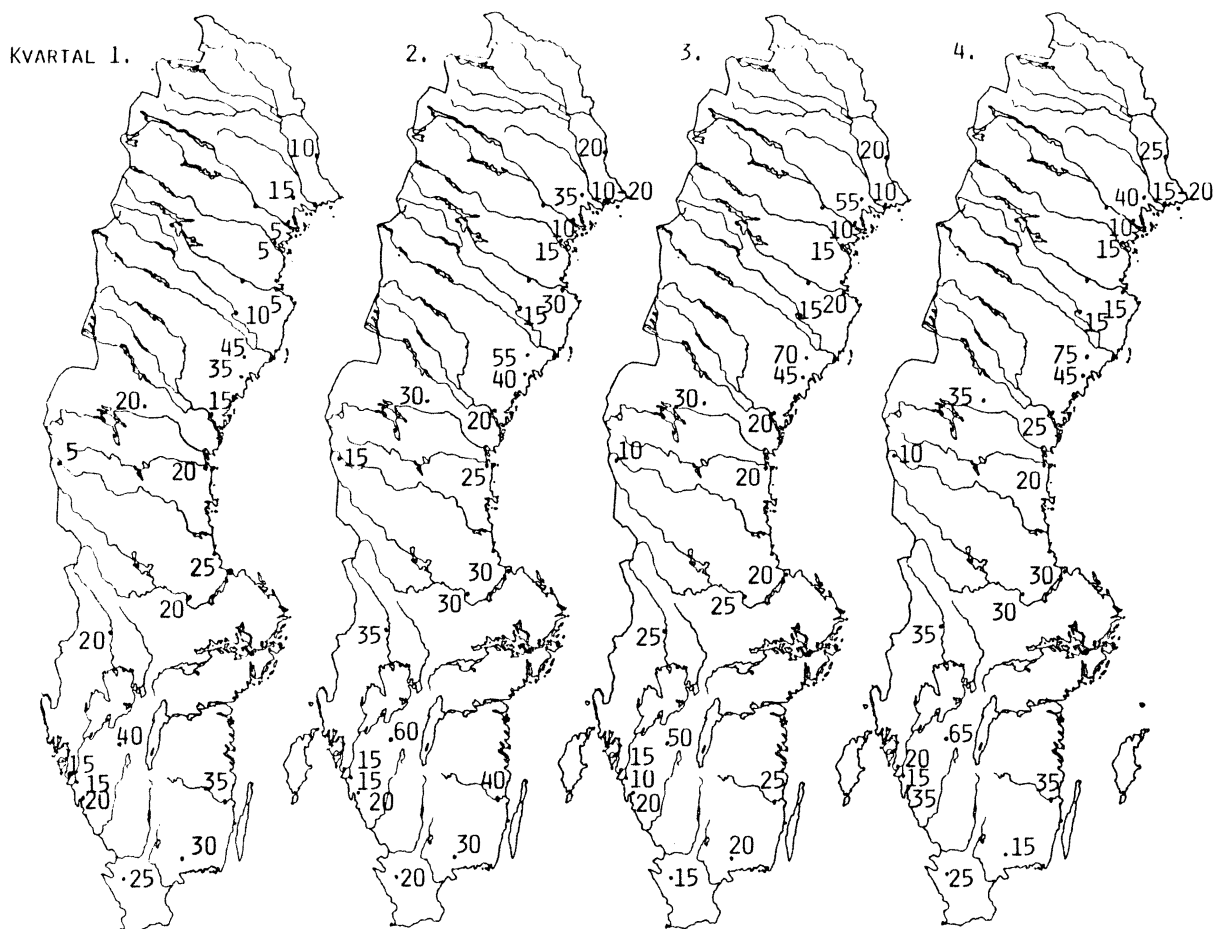
Relation between turbidity and suspended inorganic material at some stations.

Ledningsförmåga är ett mått på jonhalten i vattnet. Det innebär att det bör finnas ett samband mellan halt lösta ämnen och ledningsförmåga vid en mätplats. För ett stort antal av mätplatserna främst i Norrland med låg ledningsförmåga i vattnet har inget sådant samband kunnat hittats. Analys av lösta ämnen kan därför inte utan närmare undersökning av detta ersättas med ledningsförmågan i vattnet. I figur 8 redovisas medelvärden av ledningsförmåga för de olika mätstationerna kvartalsvis.



Figur 8. Medelvärde av ledningsförmåga (mS/m).
Means of conductivity (mS/m) for the four
quarters of the year.

Färgtalet är beroende av jordarter och markanvändning. Ju mer humusrikt ett vatten är ju högre färgtal har det. I figur 9 återfinns medelvärden för färgtalet kvartalsvis.



Figur 9. Medelvärde av färg (mg Pt/l)

Means of colour (mg Pt/l) for the four quarters of the year.

3.2 Hur yttre faktorer påverkar den fysikaliska vattenkvaliten

De yttre faktorerna som påverkar halt suspenderat material, lösta ämnen, ledningsförmåga, grumlighet och färg är i stora drag följande:

-klimat, speciellt nederbördsförhållanden och snösmältning. Avrinningens storlek och variation är beroende av nederbörden och avdunstningen.

-avrinningsområdenas fysiografi, speciellt vattendragets

lutning och topografi närmast omkring vattendraget samt sjöareal.

-geologin, främst jordarternas olika sammansättning och deras erosionsbenägenhet samt urlakningsförmåga.

-markanvändning

-mänsklig påverkan såsom regleringar m.m., som påverkar vattendragets fysiografi.

De olika faktorers inverkan exemplifieras nedan med material från sedimenttransportnätets data och liknande material. Helt renodlade exempel går dock inte att få eftersom många faktorer samverkar.

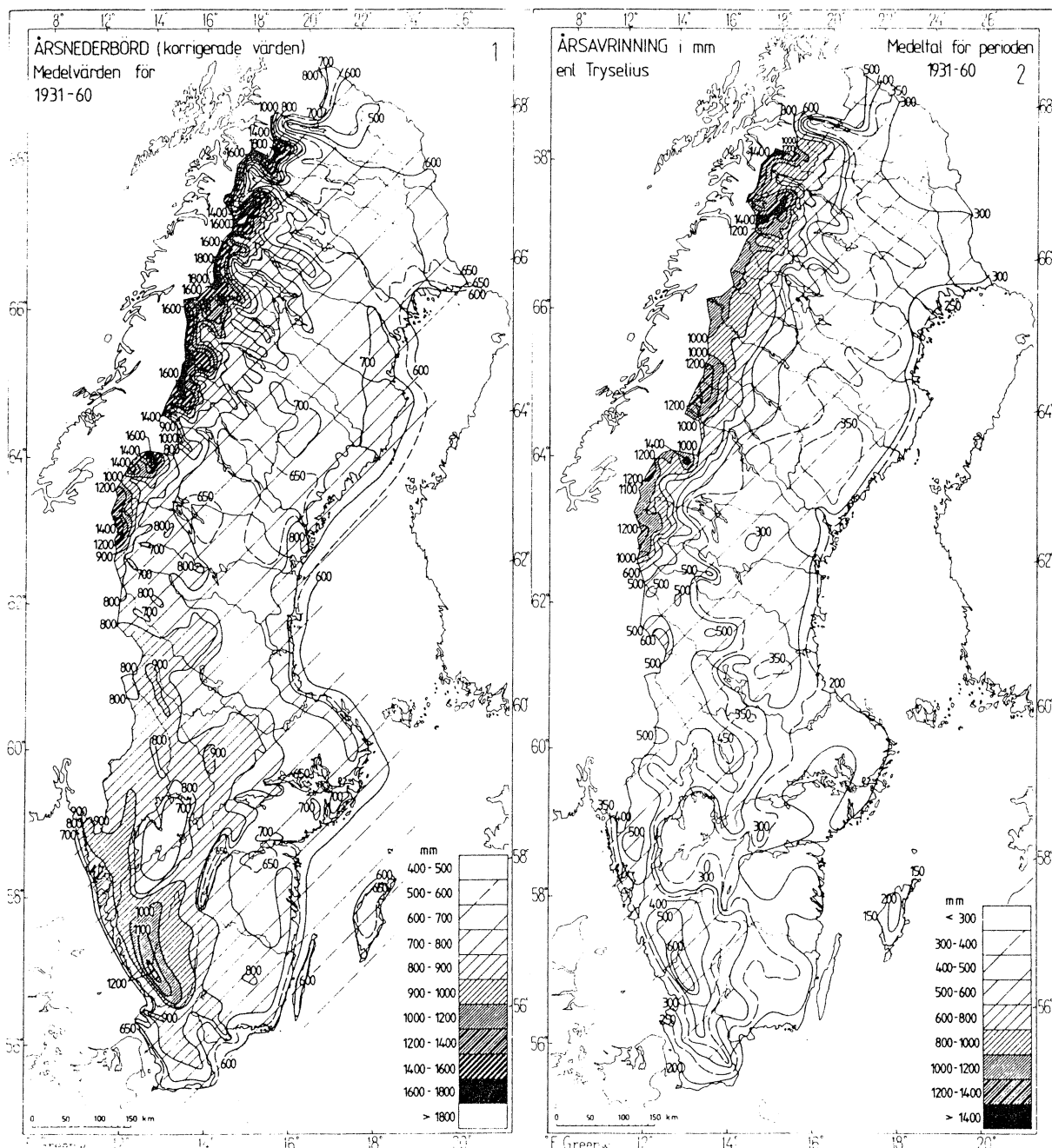
3.2.1 Klimatets inverkan

Nederbörd

I figur 10 återfinns en nederbördskarta över Sverige och i figur 11 en avrinningskarta.

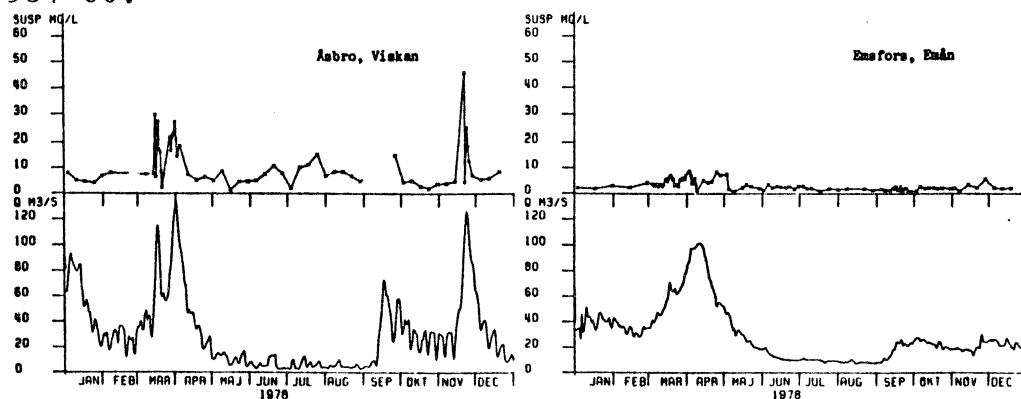
Den högsta årsnederbörden faller över de västra delarna av fjällkedjan samt över sydsvenska höglandets västra sida på grund av de förhärskande västvindarna och havets inverkan.

Det medför högre specifik avrinning i de vattendrag som avvattnar sydsvenska höglandet åt väster än åt öster, vilket i sin tur påverkar t.ex. halt suspenderat material. I figur 12 är plottat vattenföring och suspenderat oorganiskt material vid Åsbro i Viskan (västkusten) och vid Emsfors i Emån (ostkusten). I samband med vattenföringstopparna stiger halt suspenderat material markant i Åsbro. Halterna vid Emsfors är genomgående lägre (ca 3-5 mg/l) under året. De regelbundna vattenföringstopparna i Viskan i t.ex. oktober beror på reglering. I figuren återges den totala vattenföringen. Emåns avrinningsområde är ca dubbelt så stor som Viskans, dvs den specifika vattenföringen i Emån är hälften av Viskans.



Figur 10. Årsnederbörd (1931-60) Från Eriksson (1980).
Mean annual precipitation 1931-60.

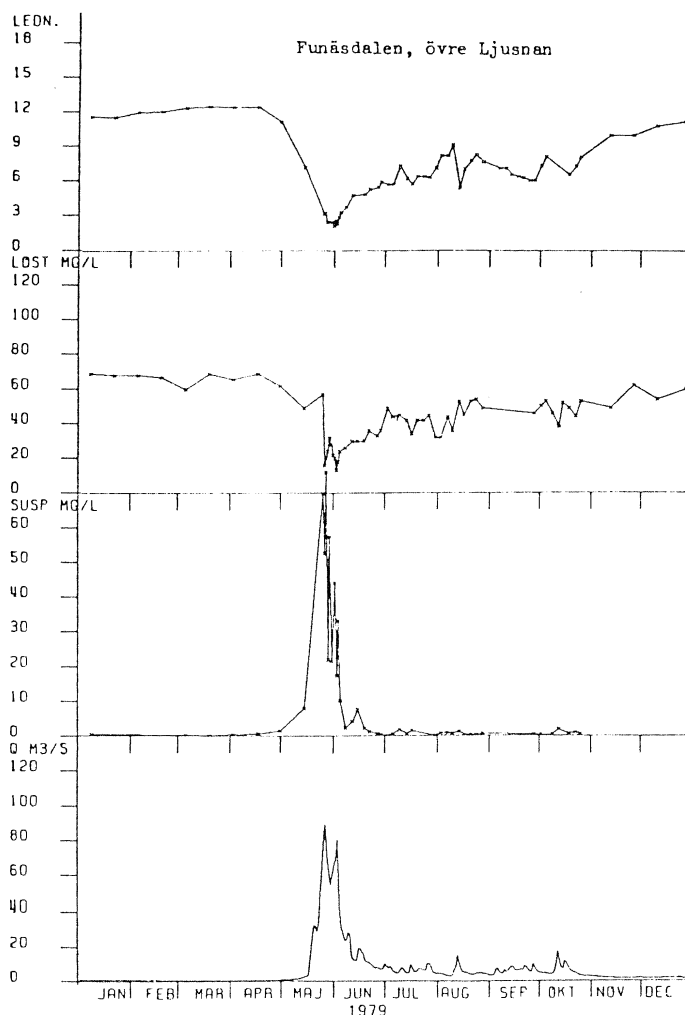
Figur 11. Årsavrinning i mm (1931-60) Från Eriksson (1980).
Mean annual runoff 1931-60.



Figur 12. Vattenföring och halt suspenderat oorganiskt material vid Åsbro i Viskan och vid Emsfors i Emån.
Runoff and suspended inorganic material at Åsbro in Viskan and at Emsfors in Emån.

Snösmältning

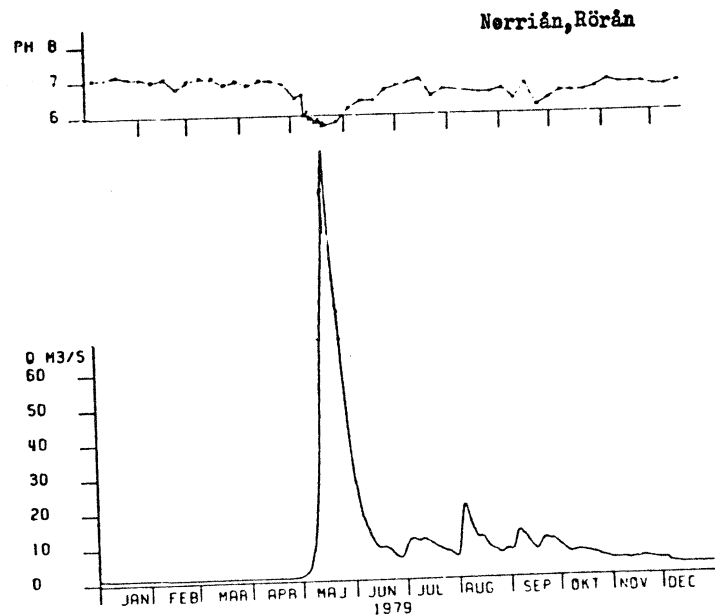
I norra Sverige sker under vintern en stor magasinering av nederbörd i form av snö, som när lufttemperaturen på våren stiger, smälter och ger upphov till kraftiga vårflöden. I figur 13 återges hur detta påverkar avrinningsförhållandena i t.ex. våra fjälltrakter (övre Ljusnan vid Funäsdalen). Under stora delar av året är avrinningen mycket låg, halt suspenderat material nära noll medan halt lösta ämnen är relativt hög. Det senare beror på stor andel äldre grundvatten. I samband med snösmältning och vårflödet förs stora mängder partiklar bort. Halt lösta ämnen sjunker eftersom smältvattnet med låg halt lösta ämnen dräneras dels ytligt och dels genom marken, vilket medför en minskad halt lösta ämnen i vattendraget.



Figur 13. Snösmältningens inverkan på halt suspenderat material, lösta ämnen och ledningsförmåga i övre Ljusnan vid Funäsdalen.

The effect of snowmelt on suspended material, dissolved matter and conductivity at Funäsdalen in Ljusnan.

Vid snösmältning på våren når stora mängder surt vatten ut i sjöar och vattendrag. Vid många av sedimenttransportnätets stationer uppmäts pH-sänkningar i samband med vårflodens början. Vid Norriån i Rörån sjönk pH markant vid t.ex. vårflödet 1979 (se figur 14) liksom vid Edsforsen i Klarälven.



Figur 14. pH-sänkning i samband med snösmältning vid Norriån i Rörån.

pH-sink at the snowmelt at Norriån in the north of Sweden.

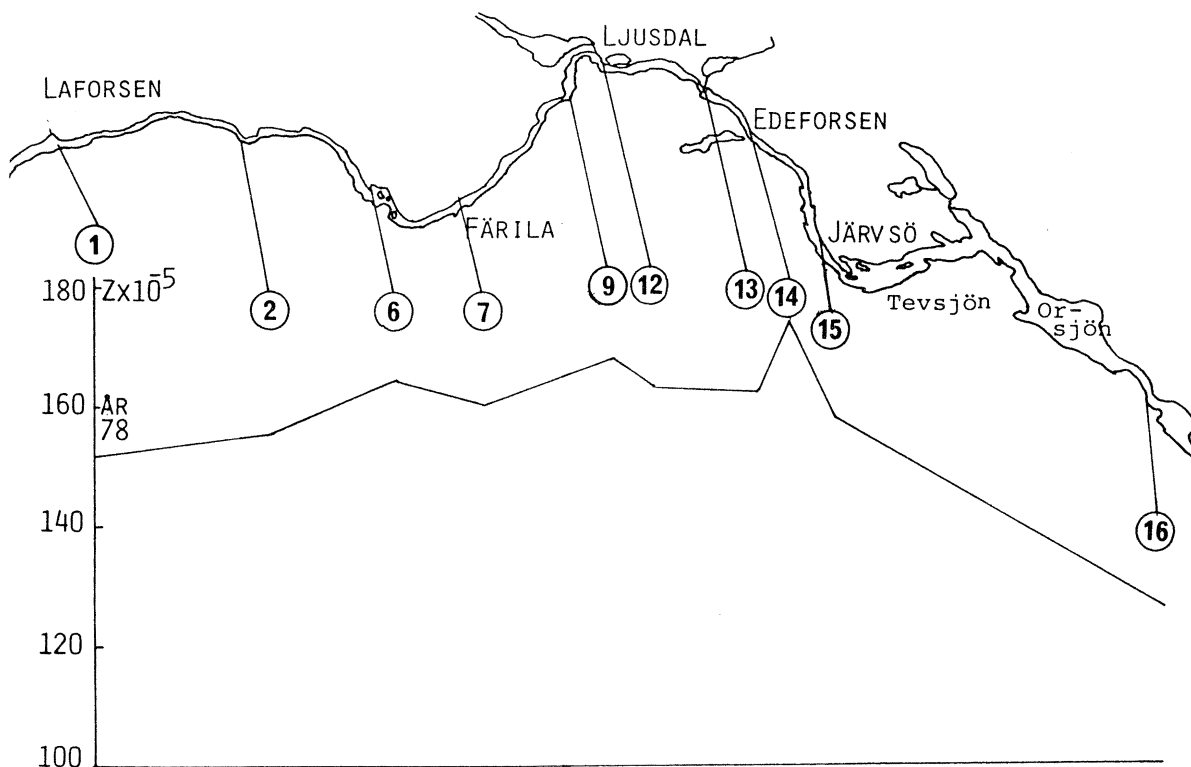
3.2.2 Fysiografins inverkan samt reglering

Topografi, lutning, sjöareal

Vattendragets fallprofil och lutningsförhållandena kring vattendraget och tillflödena har stor betydelse för halt suspenderat material i vattnet. I sel och sjöar sker deposition av det tyngre materialet och i forsar och partier med hög vattenhastighet lösgörs partiklar som transporteras till nästa sedimentationsbäcken. Det kan därför finnas stora variationer i halt suspenderat material längs vattendraget.

Sedimenttransportnätets punktmätningar kan därför aldrig direkt överföras till andra platser i samma vattendrag eller till närliggande. Vid varje typ av överföring av mätdata till omätta platser krävs därför en genomgång av de yttre förhållandena kring och uppströms den sökta platsen och deras inverkan måste bedömas.

Figur 15 redovisar årsmedelvärden av uppmätt grumlighet längs en sträcka av Mellanljusnan för år 1978. Högre grumlighetsvärden förekom i forssträckor mellan Laforsen och Färilaselet samt mellan Edeforsen och Järvsö och lägre i sel och sjöar såsom vid Ljusdal, i Tevsjön och Orsjön. Under perioder med hög vattenföring kan effekten bli betydligt större (SMHI 1980).



Figur 15. Grumlighetsvariationer (årsmedelvärden) längs Mellanljusnan 1978.
Mean annual turbidity along Mellanljusnan 1978.

Sjöar medför en sänkning i vattnets halt av lösta ämnen på grund av utfällning enligt undersökningar utförda av J.V. Eriksson (1929). Speciellt de organiska ämnena utfälls. Eriksson jämförde uppmätta halter vid stationer som låg efter varandra i ett och samma vattendrag och beräknade differenser. För Luleälv fann han t.ex. att halterna minskade efter de stora sjöarna. Även årsvariationerna utjämnas. Färgtalet minskar därför också efter sjöar på grund av utfällning av humus.

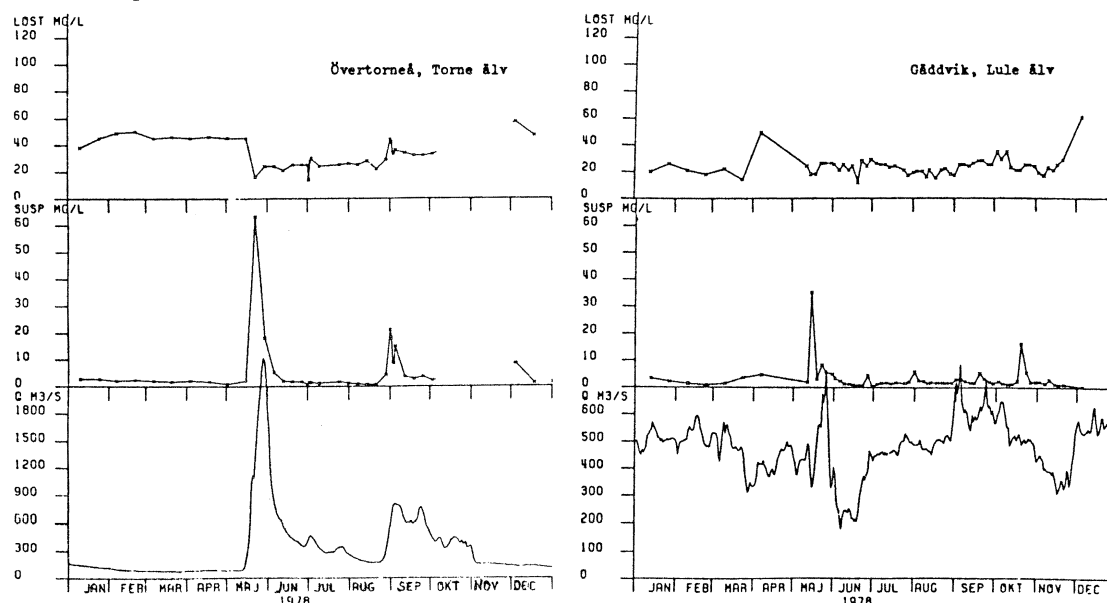
Reglering

I samband med regleringar skapar människan nya sjöar och sedimentationsbäcken samt minskar fallprofilen. Det saknas ett gott underlagsmaterial för att fastställa regleringens inverkan på halterna i olika älvar. Arnborg (1965) har för Umeälven vid Stornorrfors uppgett att medelhalten suspenderat oorganiskt material låg omkring 6-8 mg/l före Stornorrfordammens tillkomst och 0,9-1,0 mg/l efter skapandet. Senare mätningar av SMHI tyder dock på något högre medelvärde efter regleringen än Arnborgs värden. Regleringen medför dessutom att vattenföringens variation under året ändras. Vattenföringen ökar under vintern vilket kan medföra ökade halter medan vårfloden dämpas med lägre halter suspenderat material som följd. Korttidsregleringar kan medföra ändrade vattenhastigheter och erosionsförmåga.

SMHI har mätt grumligheten i den reglerade Umeälven och i den oreglerade Vindelälven sedan början av 1960-talet. Hörnberg (1974) har funnit att erosionen i de nedre delarna av Umeälven är betydligt större än i Vindelälven, medan SMHIs grumlingsmätningar visat att grumlingarna i stort är jämförbara i Umeälven och i Vindelälven (Brandt 1979, 1980). Det måste bero på att det eroderade materialet i Umeälven till övervägande del rasar ner på strandplanet och ut i vattnet samt stannar i närmaste regleringsmagasin eller sel. Vårflödet och isdämningar i nedre delen av Vindelälven ger däremot markanta grumlingar, som inte återfinns i Umeälven.

Regleringarna kan även påverka halt lösta ämnen. Det vatten som släpps fram vintertid är ytmagasinerat vatten med oftast lägre halt än i ett oreglerat vattendrag med större andel grundvatten vilket medför lägre halter i de reglerade vattendragen vintertid. Detta framgår av figur 6 för kvartal 1, där medelhalterna är ca 10 mg/l lägre i de reglerade norra älvarna än i de oreglerade.

I figur 16 redovisas vattenföring och uppmätta halter suspenderat material och lösta ämnen för Luleälv vid Gäddvik (reglerad) och för Torne älv vid Övertorneå (oreglerad) 1978. I Torne älv har vattenföringen en utpräglad vårtopp samt höstflöde medan Lule älv har mindre årsvariationer men större kortvariga förändringar. Ökningar i suspenderat halt vid Gäddvik går ej alltid att sammanbinda med vattenföringstoppar. Vid Övertorneå är halt suspenderat material låg och ungefär lika utom i samband med vattenföringstopparna. Halt lösta ämnen är relativt jämn under året vid Gäddvik (utom de två högre värdena i mars och april som inte återfinns andra år), medan det finns en årlig variation med högre halter under vintern och lägre vår-sommar vid Övertorneå.



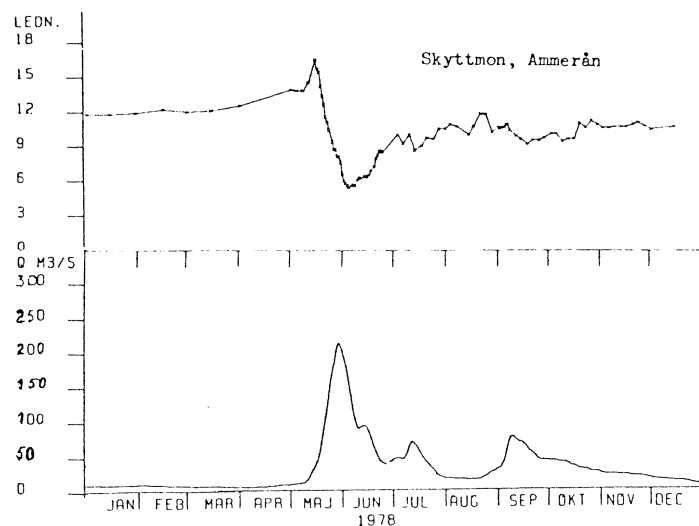
Figur 16. Vattenföring, halt suspenderat oorganiskt material och lösta ämnen i en reglerad älv (Gäddvik i Lule älv) och i en oreglerad (Övertorneå i Torne älv).

Runoff, suspended and dissolved matter in a regulated river (at Gäddvik in Lule river) and in an unregulated (at Övertorneå in Torne river).

3.2.3 Geologins inverkan

Jordarterna har stor betydelse för tillgången på material som kan eroderas och transporteras av vattnet. Berggrunden inverkar på jordarternas sammansättning. De kvartära inlandsisarna har spritt kross- och vittringsprodukter och gett upphov till sortering av de lösa avlagringarna. De lösa avlagringarna har sedan bearbetats av havet. Genom landhöjningar har älvarnas mynning successivt flyttats nedströms och älvfåran eroderar i tidigare avsatta älvlagringar.

Jordarterna påverkar i hög grad de lösta halterna i vattnet. Två av sedimenttransportnätets stationer är belägna inom kambrosilurområden nämligen Skyttmon i Ammerån i Jämtland och Härjevad i Lidan i Västergötland. Båda dessa har halter av lösta ämnen och ledningsförmåga som är ovanligt höga jämfört med omliggande områden. I Skyttmon ligger medelvärdet för lösta ämnen ca 30 mg/l högre än vid omliggande mätstationer. Av figur 17 framgår de årliga variationerna hos ledningsförmågan i Amnerån.



Figur 17. I kambrosilurområden (Skyttmon i Amnerån) är ledningsförmågans variationer under året avhängig vattenföringsförhållandena.

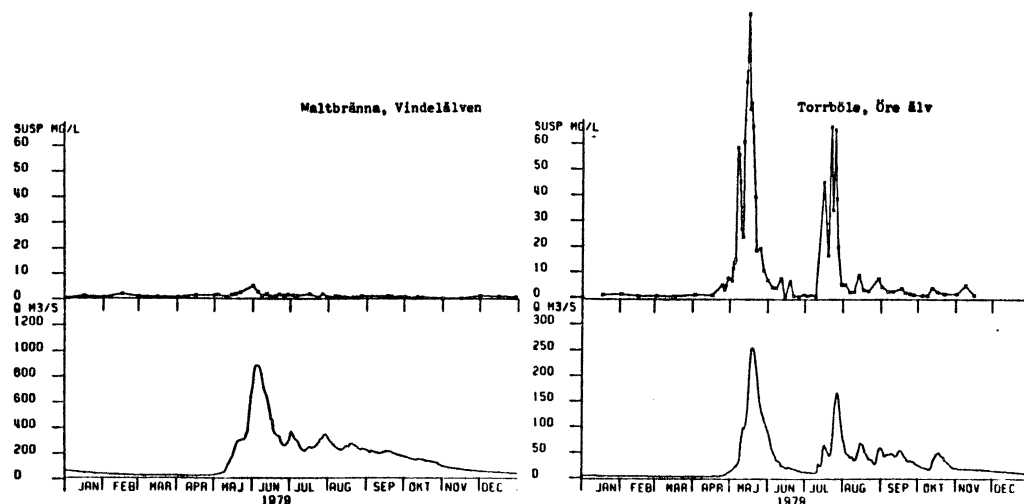
In district with lime bedrock (here Skyttmon at Amnerån) the variations of the conductivity during the year are dependent on the runoff variation.

Under vintern dräneras främst grundvatten till vattendraget. Det har hunnit urlaka marken och har hög ledningsförmåga. Vid snösmältningen sker viss ytavrinning av smältvatten med låg ledningsförmåga. Undersökningar av bl.a. Rodhe (1980) visar dock att stor del av smältvattnet filteras ned i marken, höjer grundvattennivån och medför ökad utströmning av grundvatten i lägre områden och i vattendragen. Det utströmmade vattnet har även det lägre halt eftersom det dräneras snabbare än under t.ex. vintern. Följden är att ledningsförmågan minskar under vårflödet för att öka igen under sommaren när dräneringen är långsammare i marken.

Vid Härjevad inverkar även de marina lerorna och jordbrukets gödsling. Stationen är flyttad några gånger och medelvärden kan inte presenteras. Under 1979 låg månadsmedelhalterna för lösta ämnen mellan 200 och 330 mg/l vilket är ca 100 mg/l mer än i vattendrag i det närliggande näringsfattiga Tivenden.

Vid vissa mätstationer uppmäts mycket höga halter suspenderat material i samband med flödestoppar medan andra stationer inte får några förhöjningar av betydelse. Det beror på vattenhastigheten och tillgången på lättroderbart material vid stranden och på botten.

I figur 18 återfinns som exempel uppmätta halter vid Maltbränna i Vindelälven och vid Torrböle i Öre älv 1979. Vid Maltbränna är det endast marginella förhöjningar av halt suspenderat material mot kraftiga höjningar i Öre älv i samband med vår- och sommarflöden. Torrböle ligger under högsta kustlinjen (HK) och vattendraget har uppströms mätplatsen partier med stor fluvial aktivitet. Vindelälven uppströms Maltbränna har däremot en flack lutning och materialet är vid och uppströms mätplatsen betydligt mindre erosionskänsligt än vid Torrböle. Stationen ligger även den strax under HK.



Figur 18. Halt suspenderat material i två oreglerade älvar (Maltbränna i Vindelälven och Torrböle i Öre älv) med olika tillgång på eroderbart material.

Suspended material in two unregulated rivers (Maltbränna in Vindelälven and Torrböle in Öre river) with different supply of material in the river bed.

Vid Rundvik i Lögde älv, där mätningar startade 1976 var halt suspenderat material mycket stor under vårflödet de första åren (halter överstigande 300 mg/l), men halterna förefaller att sjunka som följd av förstärkningsarbeten i meanderbågarna strax uppströms mätplatsen.

3.2.4 Markanvändningens inverkan

Jordarterna påverkar markanvändningen och marktäcket. Skogen växer främst på moräner och isälvssediment medan åkern oftast återfinns på lerområden.

Som nämnts ovan framgår markanvändningens inverkan främst i de små avrinningsområdena.

Under åren 1970-71 pågick en undersökning för att studera bl.a. markanvändningens inverkan på erosionen inom Verka-åns avrinningsområde norr om Stockholm (Edqvist 1972). I några småbäckar bestämdes halt suspenderat material.

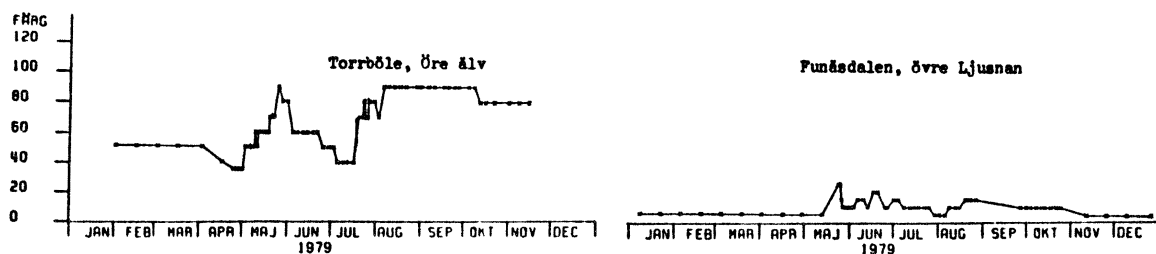
Bäckarnas avrinningsområde hade utvalts så att de skulle representera olika markanvändningar så gott det gick i ett område med likartat klimat. Undersökningarna visade att området närmast bäckarna i avrinningsområdena påverkar de borttransporten av suspenderat material ojämförligt mest. Ytavspolat material i sluttningar m.m. avsattes i svackor och nådde endast bäcken om någon tillfällig dräneringsfåra av viss omfattning uppstod. Det är därför inte riktigt att för detta ändamål karakterisera ett område, som täckt av t.ex. 50% skog, 40% åker osv.

I ett avrinningsområde (på $3,4 \text{ km}^2$) med till största delen skog låg halterna suspenderat oorganiskt material under perioder med högvatten i regel mellan 5 och 10 mg/l, medan i närliggande huvudsakligen jordbruksområden (på $2,5-5 \text{ km}^2$) varierade halterna samtidigt mellan 30 och 300 mg/l.

I Skärkind, vars avrinningsområde (på $7,6 \text{ km}^2$) domineras av jordbruk, varierar suspenderat oorganiskt material mellan 20 och 400 mg/l med de högsta värdena i samband med snösmältning och höstflöden, när delar av åkermarken är vegetationslös och plöjd. Under perioder med lågvatten ligger värdena i stort mellan 20 och 50 mg/l. I Stormyra, vars avrinningsområde (på $3,9 \text{ km}^2$) domineras av skog, hällmark och närmast mätstationen betesmark, varierar däremot halt suspenderat material mellan 3 och 20 mg/l under året.

Åkrarna gödslas med organiska och oorganiska närsalter vilka påverkar vattnets salthalt. Undersökningar i Verkaånområdet (Nilsson-Armolik) 1968-74 visar att vattnets salthalt ökar vid ökad åkerarealprocent. Inom mindre delområden i Verkaån varierar ledningsförmågan mellan 20-30 mS/m i skogrika områden mot 50-60 mS/m i jordbruksområden. Detta är en följd av både jordarter och markanvändning.

Markanvändningen och jordarterna påverkar färgtalet. Den humusrika skogsälven Öre har höga färgtal jämfört med det humusfattiga fjällvattnet i övre Ljusnan vid Funäsdalen (se figur 19).



Figur 19. Färgtal i det humusrika Öre älv vid Torrböle och i det humusfattiga Övre Ljusnan vid Funäsdalen.

Colour in the humus rich Öre river at Torrböle and in the humus poor Ljusnan at Funäsdalen.

3.3 Sedimenttransportberäkningar

3.3.1 Transport av lösta ämnen och suspenderat organiskt material

För att kunna beräkna transporten av material krävs någon typ av beräkning de dygn när analysvärden saknas. För lösta ämnen och suspenderat organiskt material uppskattas halterna genom linjär interpolering mellan mättillfällena och halterna multipliceras med medelvattenföringen respektive dygn.

3.3.2 Transport av suspenderat oorganiskt material

För suspenderat oorganiskt material beräknas dygnstransporten när analysvärde saknas med hjälp av s.k. slamavbördningskurvor, dvs. ett samband mellan vattenföring och transport av typ $T=A \cdot Q^B$, där Q =vattenföring, A och B =konstanter och T =transport. Efter logaritmering erhålls $\log T=a+b \cdot \log Q$.

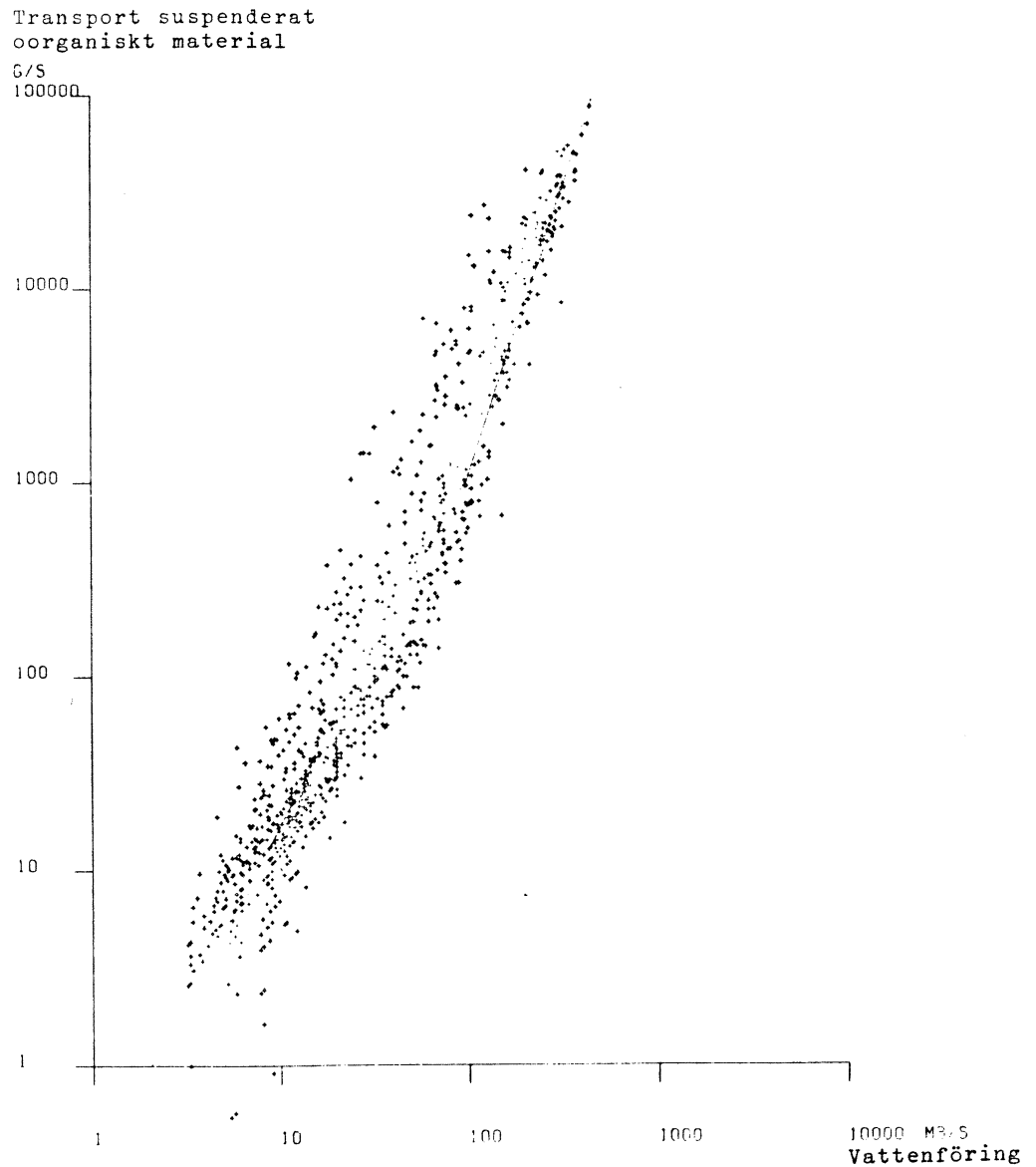
Mängden suspenderat material är beroende av om vattenföringen stiger eller faller och därför upprättas kurvor för både stigande och fallande vattenföringar. När det finns tillräckligt med mätdata att bygga kurvorna på görs en indelning månadsvis för att täcka inverkan även av andra yttre förhållanden såsom snösmältningsperiod.

Nilsson (1971 b) tolkar konstanternas värde på följande sätt i sin avhandling om Sedimenttransport i Svenska Vattendrag: "Om regressionskoefficienten b endast obetydligt överstiger värdet 1 antyder den flacka regressionslinjen en liten koncentrationsökning med ökad vattenföring. Kombinerat med högt värde på " a " ger ekvationen ändå relativt hög transport. Materialtillskottet genom erosion inom flodfåran kan i detta fall inte ha någon avgörande betydelse. Tillskotten kommer i huvudsak från ytavspolning och hålls i suspension under lång tid. På dessa grunder kan den slutsatsen dras att främst fin-kornigt material, finmo, mjäla-ler, transporteras och materialet sannolikt är långtransporterat. Mätresultaten från en sådan station kan sägas spegla hela avrinningsområdets ytavspolning, även om en viss sedimentation längs vattendraget förekommer". För sedimenttransportnätets stationer med stora avrinningsområden tycker jag dock att denna slutsats är farlig. Stora variationer i området kan säkerligen förekomma som helt dämpas efter en sjö.

"Den relativa betydelsen av erosion inom flodfåran ökar med högre regressionskoefficient och ökad vattenföring. Föreliggande material tyder på att svenska älvar där b -värdet i regressionen är större än 1,5 har stor andel grova partiklar i suspension, vilka genom det låga " a "-värdet kan sägas vara korttransporterat. Sådana älvsträckor kan sägas vara alluviala".

I figur 20 har alla uppmätta transporter plottats mot vattenföringen för station Torrböle i Öre älv. Vid plottningen har inte skiljts mellan stigande och fallande vattenföring eller olika perioder.

Värdena ligger väl samlade längs en kurva men eftersom skalorna är logaritmiska är spridningen större i den övre delen än som det förefaller av plottningen. Differenser på transporten av en tiopotens förekommer, vilket kan ge stora transportfel om provtagningen är gles under höga flöden.



Figur 20. Samband mellan vattenföring och transport suspenderat oorganiskt material vid Torrböle i Öre älv.

Relation between runoff and transport of suspended inorganic material at Torrböle in Öre river.

Slamavbördningskurvorna ser ut på liknande sätt för många av de andra mätstationerna, men med andra lutningar (konstant b) och basvärden (konstant a). För några av stationerna finns dock inga samband alls eller är mycket dåliga under vissa perioder eller hela året. Stationer i kraftigt reglerade älvar har i regel dåliga samband.

Den här beräkningsmetoden är den som främst används i

Sverige, men för de hårt reglerade vattendragen kan metoden diskuteras. För flera av mätstationerna ger den stora osäkerheter i transportberäkningar. I vattendrag med markanta flödestoppar och tät provtagning under dessa blir felen mindre.

Sammanställs a- och b-värdena för de olika mätstationerna kan följande utläsas om transportförhållandena vid de olika stationerna. Stationer med finkornigt och långtransporterat material är Skyttmon (Ammerån), Norriån (Rörån vid låga vattenföringar), Emsfors (Emån), Klippan (Rönneå), Ormo (Göta älv) och Åsbro (Viskan) vid låga vattenföringar. Till stationer med grövre och korttransporterat material kan t.ex. Bölebyn (Pite älv), Torrböle (Öre älv), Funäsdalen (Övre Ljusnan) räknas samt Norriån (Rörån), Edsforsen (Klarälven) under perioder med höga vattenföringar. Detta kan jämföras med figur 7, som bygger på samband mellan grumlighet och suspenderat oorganiskt material.

För att försöka finna ett bättre beräkningssätt har försök gjorts med en begreppsmässig modell, som mer tar hänsyn till den upplagring av eroderbart material som sker under perioder med lägre vattenföringar. Modellen beskrivs i avsnitt 3.6.

Försök med transportberäkningar för FFO-stationerna visar att den glesa provtagningen gör transportberäkningar mycket osäkra och tveksamma. För Stormyra har det ännu inte visat sig möjligt att hitta något regressions samband mellan vattenföring och transport. Undersökningar i Verkan och i Skärkind visar att för att kunna göra transportberäkningar krävs tät provtagning under flödestoppar som i små avrinningsområden kommer oftare än i stora. Endast för Skärkind har transportberäkningar utförts efter ett år med automatisk provtagning som möjliggjort ett godtagbart regressions samband. Det nuvarande FFO-programmet är således ej tillräckligt för transportberäkningar. Det ger endast ungefärliga halter under olika delar av året.

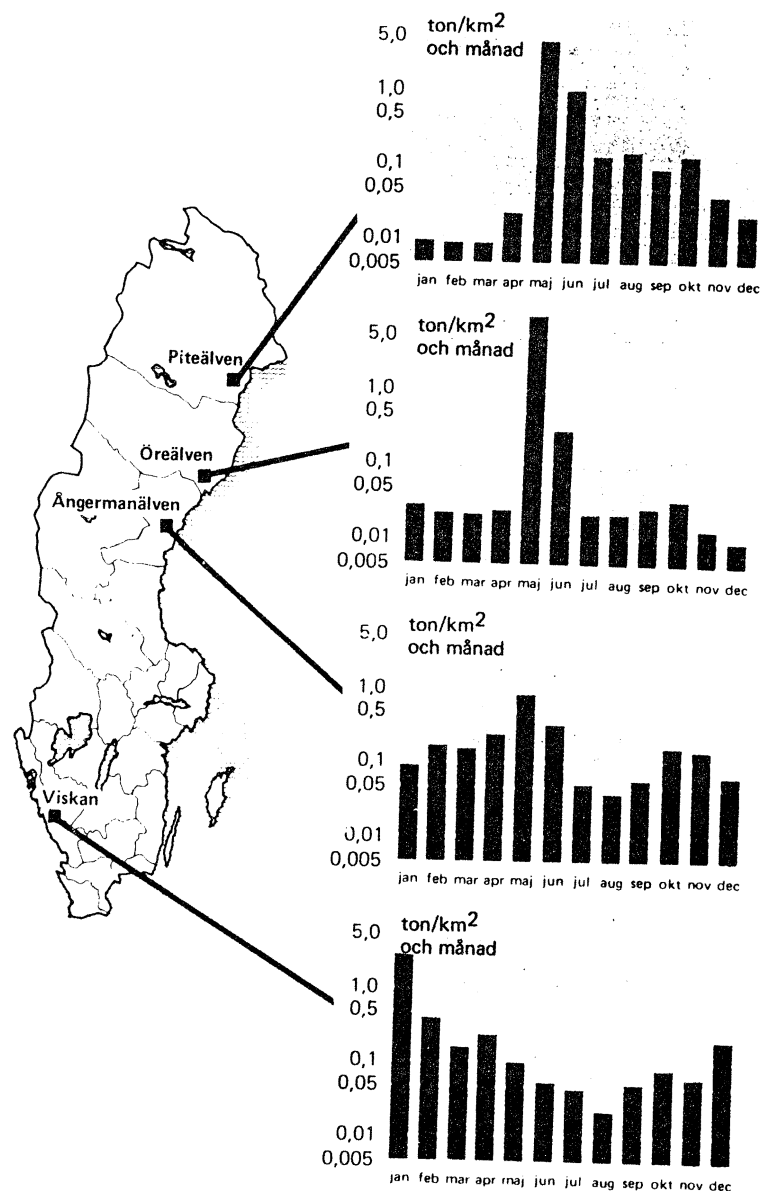
3.4 Hur yttre faktorer påverkar transporterna

Inverkan av olika yttre faktorer såsom klimat, fysiografi, geologi, markanvändning åskådliggörs i det följande med exempel från sedimenttransportnätets data och liknande undersökningar.

I det följande används oftast sorten $\text{ton/km}^2 \cdot \text{år}$ eller månad för transport. Transportmängden har dividerats med avrinningsområdets storlek. Det är för att få jämförbara storheter mellan transport i små och stora områden. Den siffran används ibland för att beräkna den areala denudationens storlek inom olika delområden, men som framgått ovan varierar transportmängden beroende på var i vattendraget man mäter - i alla fall när det gäller suspenderat material. Övervägande del av transport av suspenderat material härstammar dessutom i många områden från vattendragets botten och stränder samt de närmaste omgivningarna.

3.4.1 Klimatets inverkan

I figur 21 åskådliggörs beräknad transport av suspenderat oorganiskt material 1975 i fyra svenska vattendrag. Transporten anges i $\text{ton/km}^2 \cdot \text{månad}$. Observera att skalan är logaritmisk för transporten. I norr är transporterna störst under vårflödet. I Pite älv som avvattnar fjällområden är transporterna stora även sommartid på grund av sommarflöden från dem. I södra Sverige på västkusten dominerar däremot transporterna under vintern och vårvintern. De mer utjämnade transportförhållandena i Ångermanälven beror på reglering.

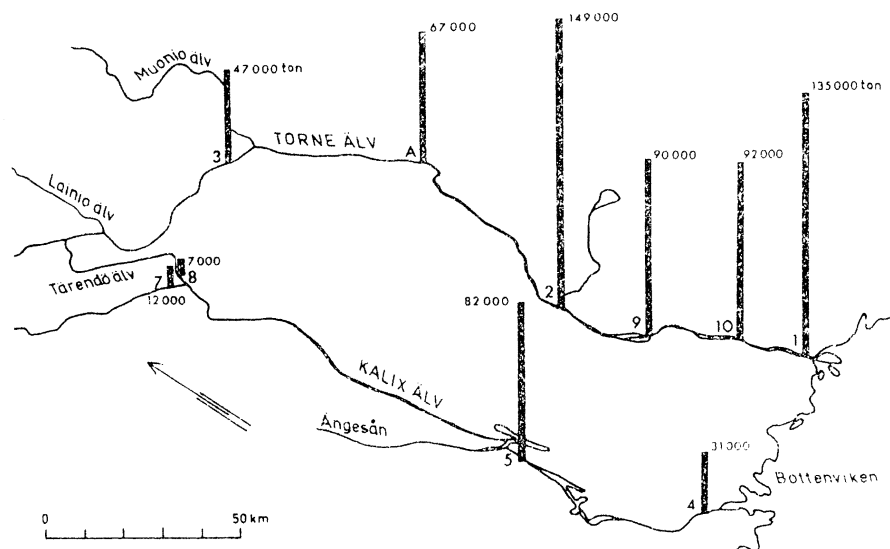


Figur 21. Transport av suspenderat oorganiskt material 1975. Ur Miljöstatistisk Årsbok 1977.
Transport of suspended inorganic material 1975.

3.4.2 Fysiografins inverkan

Det kan föreligga stora variationer i transport av suspenderat material längs vattendrag på grund av omväxlande erosion och sedimentation. I sel och sjöar avsätts material medan längs forssträckor kan partiklar rivas med.

Hjort (1972) har för Torne och Kalix älvar studerat skillnader i halt och transporter. I figur 22 återfinns en skiss som visar variationerna under juni månad 1968. Den visar tydligt skillnaderna i transport vid olika platser i älvarna.



Figur 22. Transport suspenderat oorganiskt material i ton under juni 1968 i Torne och Kalix älvar. Från Hjort (1972).

Variations along Torne and Kalix river in transport of suspended inorganic material (ton) during juni 1968.

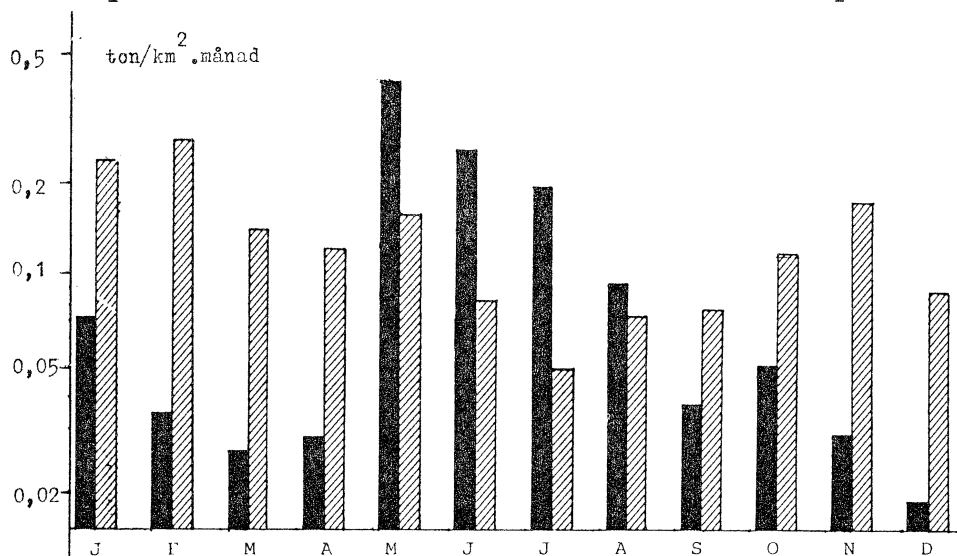
Axelsson (1967) beräknade i sina studier av Laitauredeltat att ca 90% av det suspenderade materialet från Rapaälven avlagrades i sjön Laitaure. Årstransporten sjönk från ca 230 ton/km^2 år uppströms sjön till 21 ton/km^2 år nedströms.

De nedre delarna av Dalälven är sjörika. Enligt sedimenttransportnätets mätningar är årstransporten av suspenderat oorganiskt material 40-80% lägre vid Älvkarleby nedströms sjöarna än vid Vikbyn uppströms. Studerar man variationerna under året uppstår den största differensen under vårflödet. Transporten under t.ex. maj månad 1977 var mer än 90% lägre vid Älvkarleby än vid Vikbyn.

3.4.3 Regleringens inverkan

Vid en reglering magasineras en del av flödena. Det magasinerade vattnet tappas under lågvattenperioder. Det innebär en utjämning av flödena men samtidigt kan de kortvariga fluktuationerna bli större i det reglerade vattendraget. Hur det kan påverka variationer i transporten under

året framgår av figur 23, som visar månadstransporten vid Maltbränna i den oreglerade Vindelälven och vid Renströmsgruvan i den reglerade Skellefteälven. Båda stationerna är belägna i inlandet och har låga halter. Stationsplatserna kan anses vara ungefär likvärdiga vad beträffar fysiografen och geologin. Förhållandena avser år 1976, som var mycket torrt, vilket medförde små transporter.



Figur 23. Transport av suspenderat material (totalt) i $\text{ton/km}^2 \cdot \text{månad}$ 1976 i den reglerade Skellefteälven (snedstreckat) och i den oreglerade Vindelälven (svart). Observera att skalan är logaritmisk för transporten.

Transport of suspended material for a regulated river (Skellefteälven ) and for an unregulated river (Vindelälven ) 1976.

Under vårflödet (månaderna maj-juni) transporteras i den oreglerade Vindelälven mellan 50 och 75% av totala års-transporten av suspenderat material mot mellan 15 och 35% i den reglerade Skellefteälven. Under vintermånaderna januari och februari transporteras däremot mindre än 5% av totala mängden i Vindelälven mot ca 15% i Skellefteälven. Liknande gäller även för transport av lösta ämnen trots att halterna i många vattendrag sjunker under större flöden.

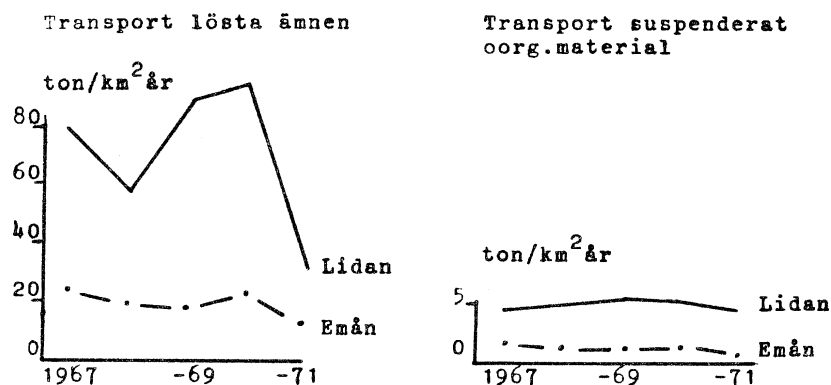
Det är dåligt belagt hur regleringarna i svenska vattendrag har påverkat transportförhållandena. Arnborg (1965) har för Umeälven beräknat att Stornorrforsens magasin medfört en reducering av årstransport av suspenderat material

med ca 80%. Senare mätningar av halter utförda av SMHI tyder på att medelhalterna efter regleringen ligger högre än vad Arnborg mätt och i så fall är transporterna efter regleringen underskattade och reduceringen något mindre. Nilsson (1976) har uppskattat att transport suspenderat material reducerats med ca 50% i Umeälven, ca 60% i Ångermanälven och ca 65% i Indalsälven.

3.4.4 Geologins och markanvändningens inverkan

I Verkaåns avrinningsområde, där geologins och markanvändningens inverkan studerats i små delområden med olika karaktär, var årstransporten av suspenderat material 2-7 ggr mer i ett jordbruksområde med lätteroderbart material än i ett skogsområde. Skillnaden i årstransport av lösta ämnen var mindre (1,2-2 ggr mer i jordbruksområdet) (enligt Edqvist 1972).

Eriksson (1929), som undersökte halt och transport av lösta ämnen i början av 1900-talet fann att i avrinningsområden med kalkhaltiga leror och stor jordbruksareal (Lidan) var årstransporten av lösta ämnen ca 4 ggr större än i avrinningsområden med kalkfattiga skogsområden (Emån). I figur 24 redovisas årstransport av lösta ämnen och suspenderat oorganiskt material för Ruta kvarn - Härjevad (Lidan - stationen nu flyttad) och för Emsfors (Emån) för åren 1967-71. Observera att skalorna är olika för lösta ämnen och suspenderat material. Skillnaderna beror på områdenas olika karaktär, men en viss betydelse har även den specifika vattenföringen som är lägre i Emån än i Lidan på grund av det geografiska läget.



Figur 24. Transport av lösta ämnen och suspenderat oorganiskt material i Lidan (Ruta kvarn - Härjevad) och Emån (Emsfors) 1967-71.

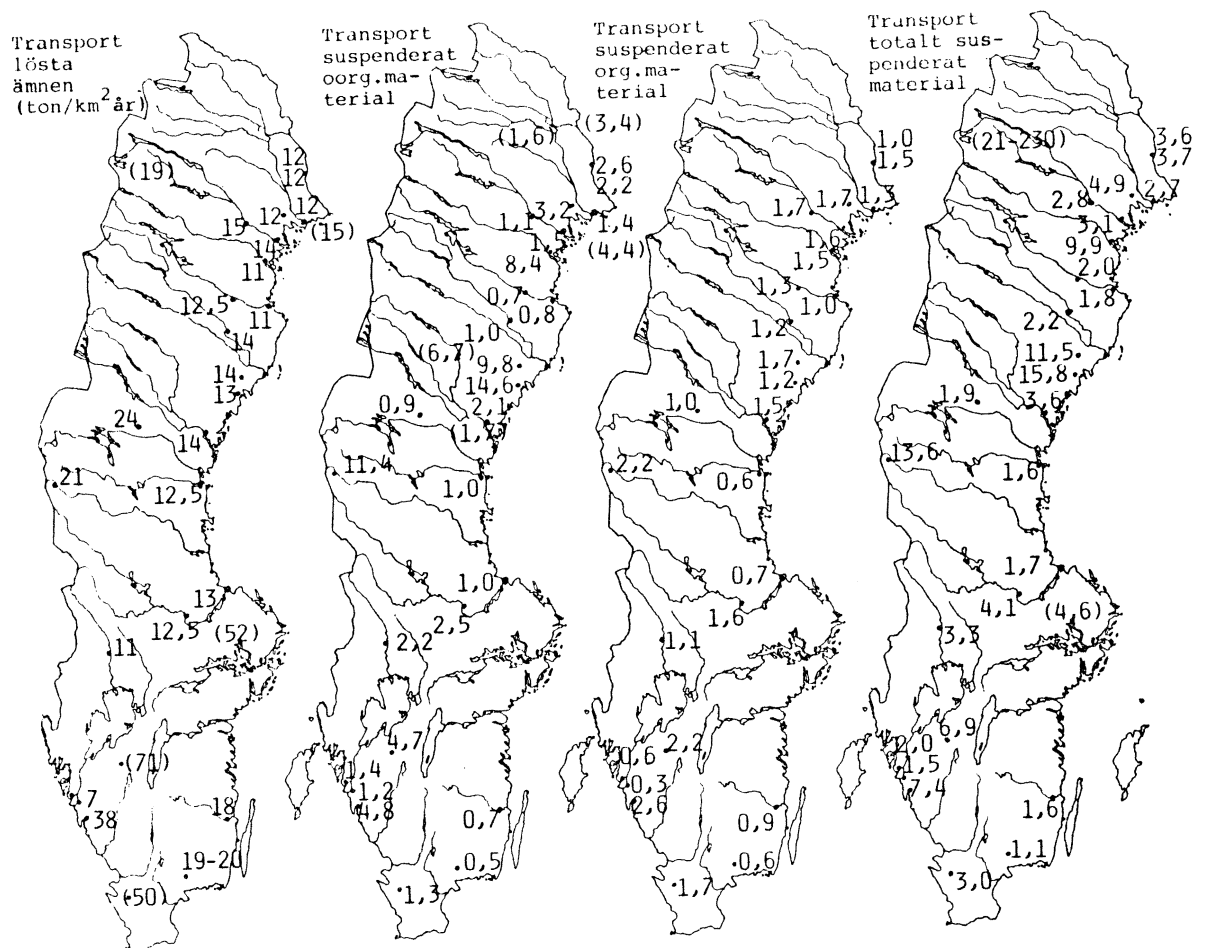
Transport of dissolved and suspended inorganic matter in Lidan and Emån 1967-71.

3.5 Uppmätt sedimenttransport

I figur 25 har medelvärdet av transport lösta ämnen och suspenderat material angetts för de olika stationerna de år som resp. station varit i funktion.

För några vattendrag kan värdet anses vara representativt för en längre sträcka medan för andra är det mer lokalt beroende. Den bedömningen måste göras utifrån kännedom om vattendragets karaktär.

Förutom sedimenttransportnätets värden har transportberäkningar vid några andra mätplatser lagts in som har bedömts komplettera bilden. De står inom en parentes. Värden från Laitaure i Rapaälven (Axelsson, 1967) ger mer information om förhållandena i fjällen, mätningar i Ångermanälven (Arnborg, 1959), mätningar i Kalix och Torne älvar (Hjorth, 1972) kompletterar bilden för Norrlands in- och kustland samt mätningar i Fyrisån (Hjulström, 1935) får visa förhållandena i Mälardalen. Mätningarna i Fyrisån gjordes på 1930-talet och värdet för lösta ämnen kan ha förändrats. Värden från avrinningsområden mindre än 100 km² har ej medtagits.



Figur 25. Transport lösta ämnen och suspenderat material i ton/km² . år (medelvärde).

Means of transport of dissolved and suspended matter in ton/km² . year.

3.6 Försök med en modell för att beräkna transport suspenderat oorganiskt material

Eftersom transportberäkningarna av suspenderat oorganiskt material med regressionsmetoden verkar ha en del brister för vissa utav sedimenttransportstationerna utfördes ett försök att finna en enkel begreppsmässig modell för att beräkna transporten på befintligt mätresultat.

Transporten beror på tillgången på eroderbart material och förmågan hos vattendraget att föra med sig materialet. I modellen efterliknas tillgången på material av ett tänkt magasin inom området. Tillförseln till detta magasin är beroende av vattenföringsändringen det sista dygnet.

Magasinets storlek beräknas med ekv.:

$$M(t) = M(t-1) - T(t) + (Q(t) - Q(t-1)) \cdot e \quad (1)$$

där $M(t)$ = magasinet dygnet t

$M(t-1)$ = magasinet dygnet $t-1$

$T(t)$ = transporten dygnet t

$Q(t)$ = vattenföringen dygnet t

$Q(t-1)$ = vattenföringen dygnet $t-1$

e = empirisk konstant

Om vattenföringen är fallande, dvs $(Q(t) - Q(t-1)) < 0$ sätts $(Q(t) - Q(t-1)) = 0$ i ekvationen, dvs tillskottet av material är 0.

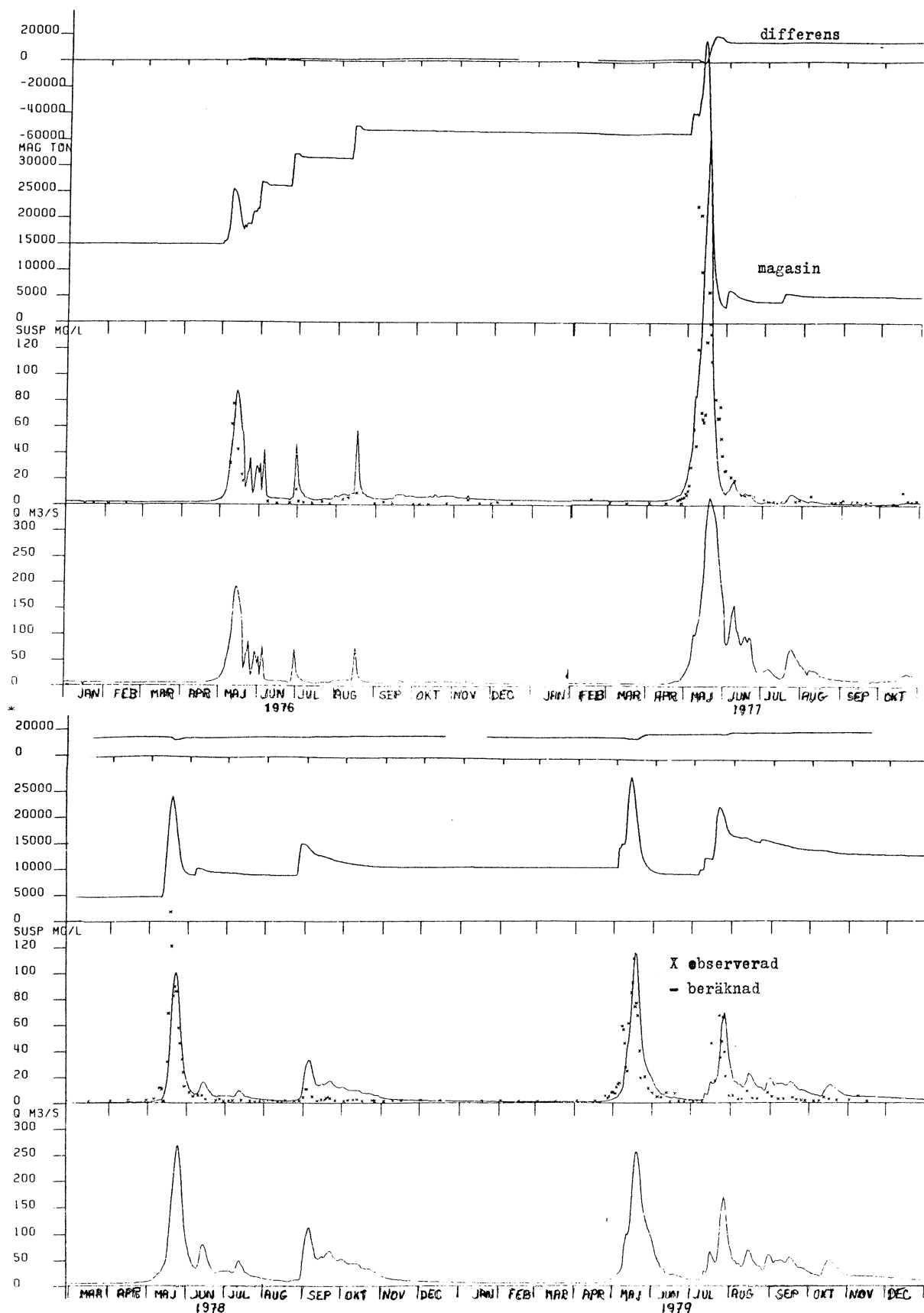
Transporten beräknas med följande ekv.:

$$T(t) = Q(t)^d \cdot M(t-1) \cdot b \quad (2)$$

där d = konstant (=2 i de utförda försöken)

b = empirisk konstant

Med hjälp av dessa två ekvationer och valda empiriska konstanter e och b simuleras transporten och koncentration suspenderat material dygn för dygn. I figur 26 redovisas en simulering av koncentrationen vid mätstationen Torrböle i Öre älv. Den nedersta kurvan åskådliggör uppmätt vattenföring. Kurvan ovanför illustrerar simulerad koncentration och kryssen är uppmätt koncentration suspenderat oorganiskt material. Därefter återfinns en kurva för det beräknade magasinet enligt ekv.(1) och överst den ackumulerade differensen mellan beräknad och uppmätt transport, dvs. volymfelet.



Figur 26 . Vattenföring, halt suspenderat oorganiskt material, magasinförändring och differens mellan beräknad och uppmätt transport i Torrböle, Öre älv. Runoff, observed(x) and calculated(-) concentration of suspended material, changes in storage and differences between computed and observed transport at Torrböle, Öre river.

För att finna de bästa empiriskt konstanterna e och b kördes modellen med fem olika e -värden och fem b -värden och den simulering som gav det bästa R^2 -värdet (förklarad varians) plottades upp.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=0}^T (S_{\text{obs}}(t) - \overline{S_{\text{obs}}})^2 - \sum_{t=0}^T (S_{\text{ber}}(t) - S_{\text{obs}}(t))^2}{\sum_{t=0}^T (S_{\text{obs}}(t) - \overline{S_{\text{obs}}})^2} \quad (3)$$

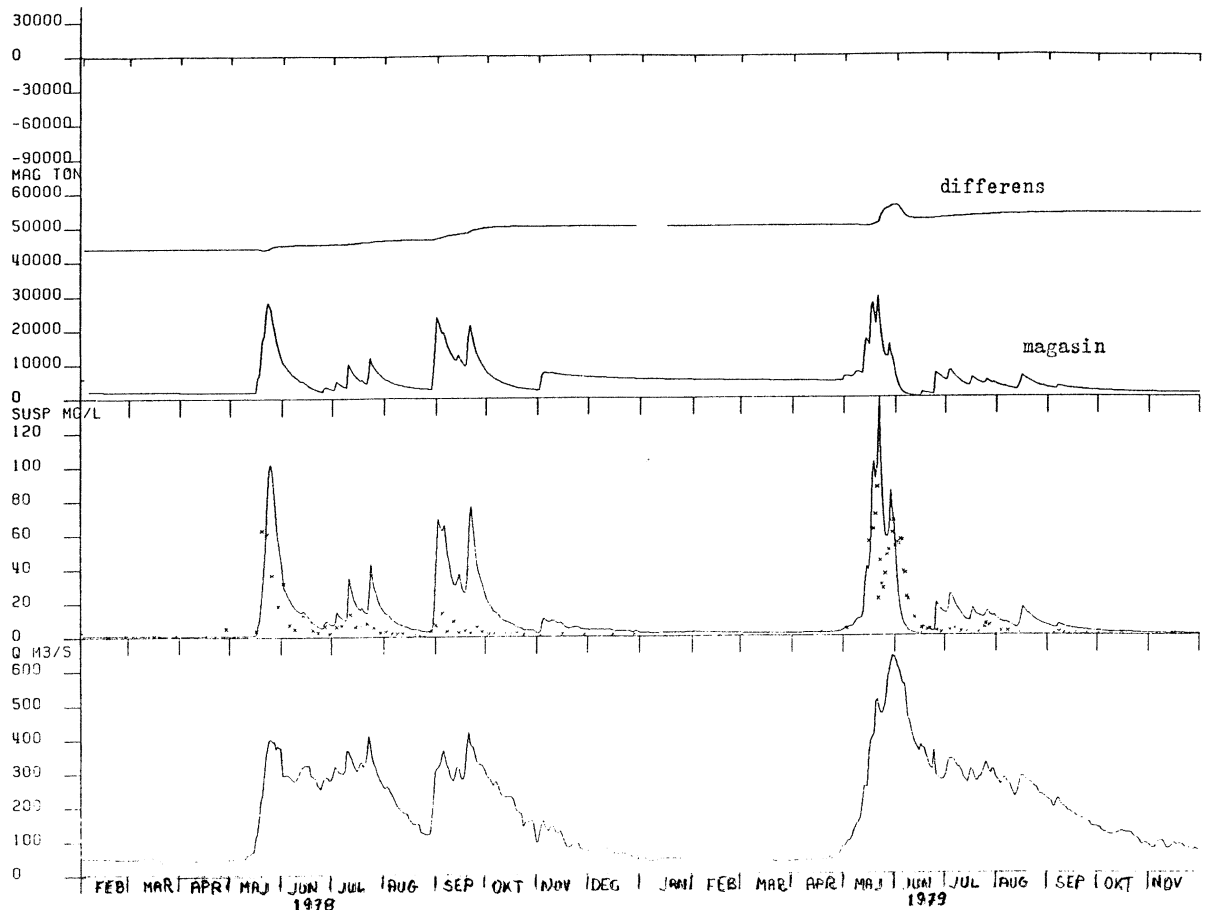
där $S_{\text{obs}}(t)$ = observerad koncentration suspenderat material
 $\overline{S_{\text{obs}}}$ = medelvärde av koncentration suspenderat material
 S_{ber} = beräknad koncentration av suspenderat material
 T = total tidsperiod

Det visade sig dock att optimeringen inte är möjlig förän den beräknade och observerade koncentrationen är helt i fas. För stationen Torrböle behövdes några dagars förskjutning av vattenföringsvärdena.

Den beräknade koncentrationen i figur 26 bedöms som relativt god. Flottningen i Öre älv upphörde 1977. Under slutet av maj och början av juni 1976 framgår flottningens inverkan på vattenföringen, vilket även påverkar den beräknade transporten och koncentrationen. För att kunna använda modellen i reglerade älvar krävs att större vikt läggs vid den lokala tillrinningen eftersom den ger upphov till materialtillskottet i närområde som i de flesta fall betyder mest och ger de höga haltökningarna. Någon dylik ändring i modellen har för närvarande inte gjorts.

Modellen har en tendens att ge för höga halter under sommar- och hösthögvatten. Det framgår t.ex. av figur 27 september 1978 och 1979. Det visar sig svårt att med bara vattenföringsberoende klara av att efterlikna de processer som styr erosion och transport. I regressionsekvationerna för beräkning av suspenderat materialtransport har man tagit fram ett samband för varje månad och får på det sättet med säsongsb beroendet. I samband med snösmältningen har marken "luckrats upp" efter tjällossningen och hela

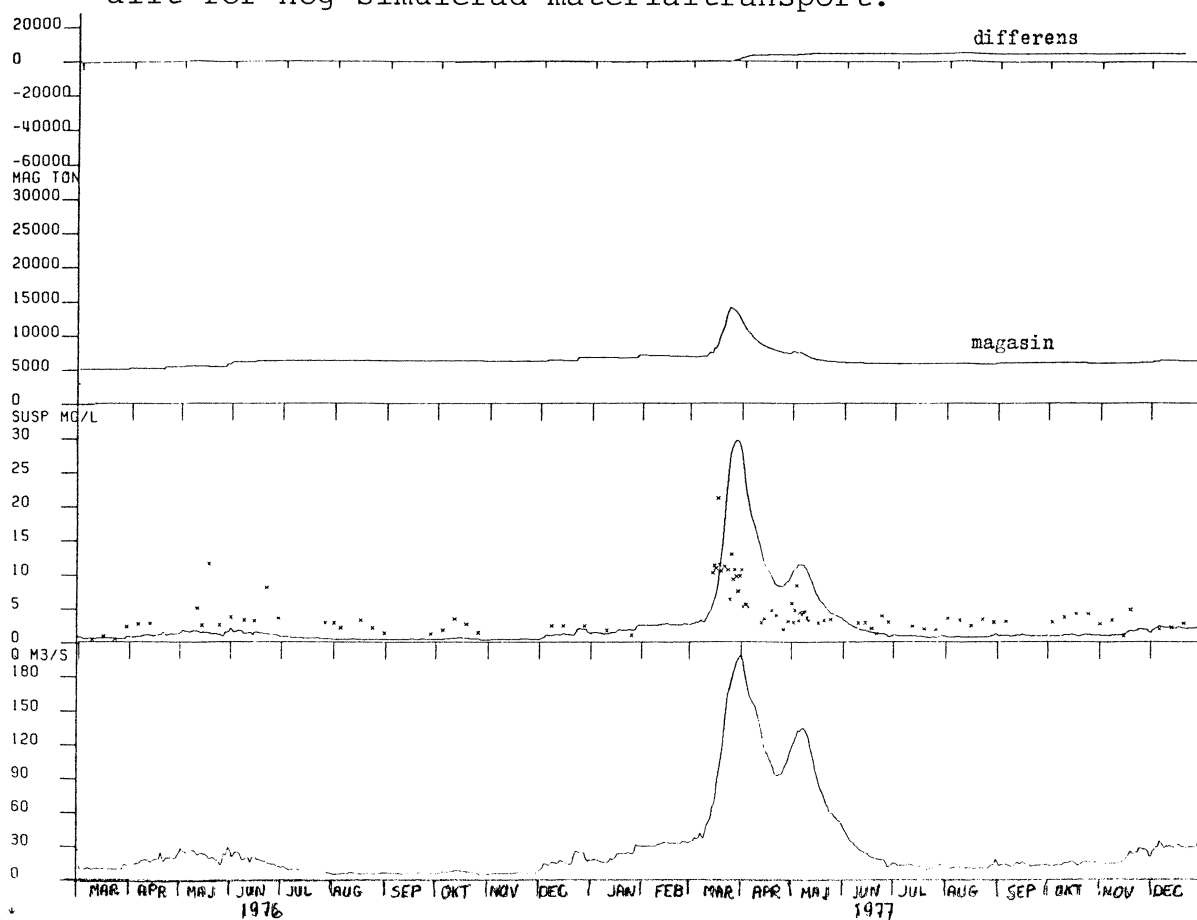
markytan är uppblött. Förutsättningen för höga materialtransporter och koncentrationer är då betydligt större än i samband med sommar-höstregn, när marken är vegetations-täckt. Problemet framgår tydligt av simuleringen för Bölebyn i Pite älv, som åskådliggörs för åren 1978 och 1979 i figur 27. Piteälvens avrinningsområde är stort och om det smälter snö eller regnar kraftigt i fjällen orsakar det stigande vattenföring i hela älven men ger liten ökning i halt suspenderat material nere vid kusten.



Figur 27. Vattenföring, modellsimulering av halt suspenderat oorganiskt material (-) och observerad (x), magasinförändring samt differens i uppmätt och beräknad transport i Bölebyn, Pite älv. Runoff, observed (x) and calculated (-) concentration of suspended material, changes in storage and differences between computed and observed transport at Bölebyn, Pite river.

Ett sätt att klara av detta är att göra konstanten b säsongberoende eller ge ett extra tillskott till magasinet vid tjällossningen för att efterlikna den uppluckring i marken som sker då.

Simuleringen för Emsfors i Emån visar även den att modellen är för enkel för att helt klara av att åskådliggöra halterna i vattnet. I figur 28 återfinns de två sämsta åren utav körningarna. År 1976 var ett extremt torrt år och 1977 ett år med kraftig snösmältning. Trots att vårfloden i stort saknades 1976 finns några observerade "höga" halter, som inte går att efterlikna med samma konstanter som 1977:års vårflod, som här har fått allt för hög simulerad materialtransport.



Figur 28. Vattenföring, halt suspenderat oorganiskt material (x=observerad, - = modellberäkning), magasinförändring och differens mellan beräknad och uppmätt transport vid Emsfors i Emån. Runoff, observed (x) and calculated (-) concentration of suspended material, changes in storage and differences between computed and observed transport at Emsfors in Emån.

Resultatet med modellsimuleringen kan jämföras med den nu använda metoden att beräkna transport suspenderat material med regressionsmetoden (se avsnitt 3.3.2) för sedimenttransportnätet. Den använda regressionen bygger på hela datamaterialet från varje månad. Det finns dock en förfining av den som bygger på två samband för varje månad -en för dygn med stigande vattenföring och en för dygn med fallande. Kvadratsumman av skillnaden mellan beräknad och observerad suspenderad halt har beräknats i tabell 1 för varje år för Torrböle dels för modellkörningen och dels för de två beräkningarna med regressionsmetoden.

År	Modell	Regressionsmetod alla data	Regressionsmetod uppdelad i stigande + fallande fas
1976	283	237	145
1977	2 354	6 256	1 273
1978	301	382	267
1979	<u>279</u>	<u>341</u>	<u>202</u>
1976-79	885	2 025	513

Tabell 1. $\sum \frac{(S_{\text{ber}} - S_{\text{obs}})^2}{n}$ (koncentrationsdifferens) beräknad för Torrböle för modellen och de två regressionsmetoderna.

Differences between concentrations of computed and observed suspended material for the station Torrböle calculated for the modell and the two regression methods.

Det framgår av tabellen att uppdelningen i stigande och fallande fas har minskat felet. Modellsimuleringen ligger nära den senare metoden.

Materialtransporten bestäms genom att multiplicera vattenföringen med halt suspenderat material. I modellen beräknas den med hjälp av ekv.(2) och för regressionsmetoderna genom att använda sambanden mellan vattenföring och transport. I tabell 2 redovisas differensen mellan beräknad och uppmätt transport dels i ton/år och dels i procent i

förhållande till den totala årstransporten (här har använts transport beräknad med den förfinade regressionsmetoden med uppdelning i stigande och fallande vattenföring).

Station: Torrböle, Öre älv

År	Modell		Regression, alla data				Regression, stig. + fallande Q	
	Diff.	%	Diff.	%			Diff.	%
1976	1 930	23	-27	-3			153	2
1977	12 965	24	-10 387	-19			-8 514	-16
1978	1 499	8	-1 277	-7			-1 515	-6
1979	4 811	21	-2 606	-11			-1 355	-6

Station: Emsfors, Emån

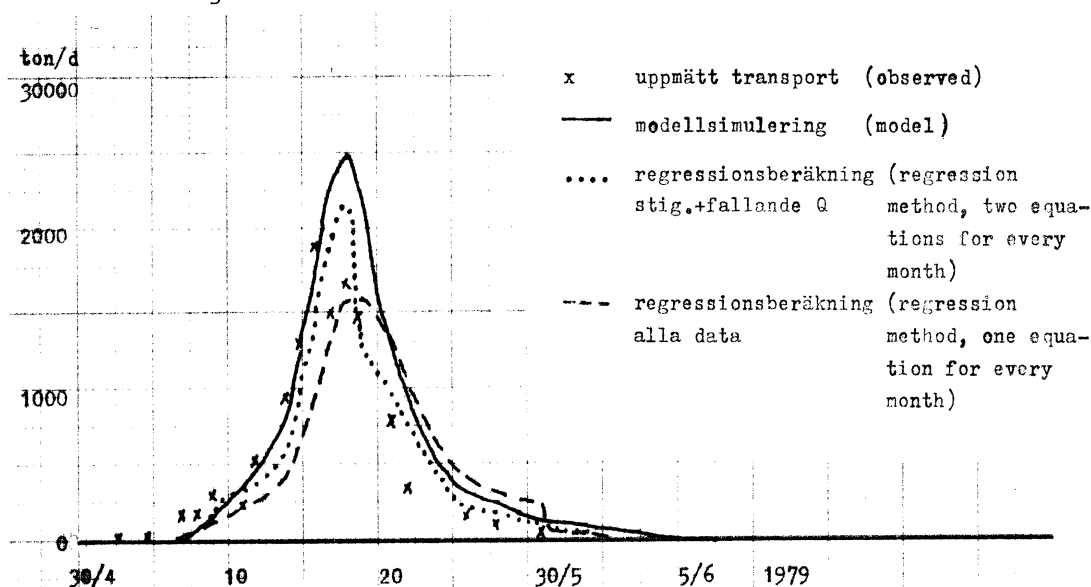
År	Modell		Regression, alla data				Regression, stig. + fallande Q	
	Diff.	%	Diff.	%			Diff.	%
1976	-74	-7	2	0			-3	0
1977	4 844	79	-344	-6			-185	-3
1978	670	21	30	1			54	2
1979	1 067	29	-212	-6			-116	-3

Station: Bölebyn, Pite älv

År	Modell		Regression, alla data				Regression, stig. + fallande Q	
	Diff.	%	Diff.	%			Diff.	%
1976	4 508	25	1 435	8			1 197	7
1977	-65 005	-42	-35 140	-23			-34 333	-22
1978	-19 116	62	-2 810	-9			-2 623	-9
1979	10 872	16	4 702	7			4 828	7

Tabell 2. Differens mellan beräknad och uppmätt transport i ton/år och i % av total årstransport beräknad med regressionsmetod uppdelad i stigande och fallande vattenföring. Differences between observed and computed transport in ton/year and in % of total annual transport for three stations.

Det framgår av tabellen att modellsimuleringen ger sämre resultat än de båda regressionsmetoderna. Regressionsmetoden ger i stort för låga transporter, medan modellen ger för höga. Simuleringar med modellen har inte optimerats för Emsfors och Bölebyn på grund av problem med tidsförskjutningen och modellkörningarna kan troligen förbättras något för dessa. För Torrböle har transporter under vårfloden 1979 plottats upp dels den uppmätta och dels med de tre olika beräkningsmetoderna i figur 29. Kryssen anger uppmätt dygnstransport (bygger på ett prov (om 1 l) under dygnet multiplicerat med dygnsmedelvattenföringen. Modellen är körd för fyra år och ger under vårfloden 1979 för höga transportvärden. Den verkar dessutom vara något dygn ur fas. Regression byggd på ett samband ger för låga transporter före vattenföringstoppen och för höga efter.



Figur 29. Beräknad och uppmätt transport vårfloden 1979 i Torrböle, Öre älv.

Computed and observed transport in May 1979 at Torrböle, Öre river.

Slutsatsen är att för mätstationer med bra samband mellan materialtransport och vattenföring och flera års mätningar ger regressionssambanden för varje månad (helst uppdelad i stigande och fallande vattenföring) bättre eller lika bra resultat som modellsimuleringen. I reglerade vattendrag är det problem med båda metoderna.

Modellen skulle troligen kunna förbättras med följande förändringar.

1. Mer tonvikt läggs vid den lokala tillrinningen i reglerade vattendrag.
2. Modellparametern "e" som styr magasinssuppbbyggnaden görs årstidsberoende.

För att få ytterligare förbättringar av precisionen hos modellen krävs troligen ett annat synsätt som tar hänsyn till nederbörd, snösmältning och markförhållanden mer i detalj.

3.7 Trender i årstransport, halter och pH

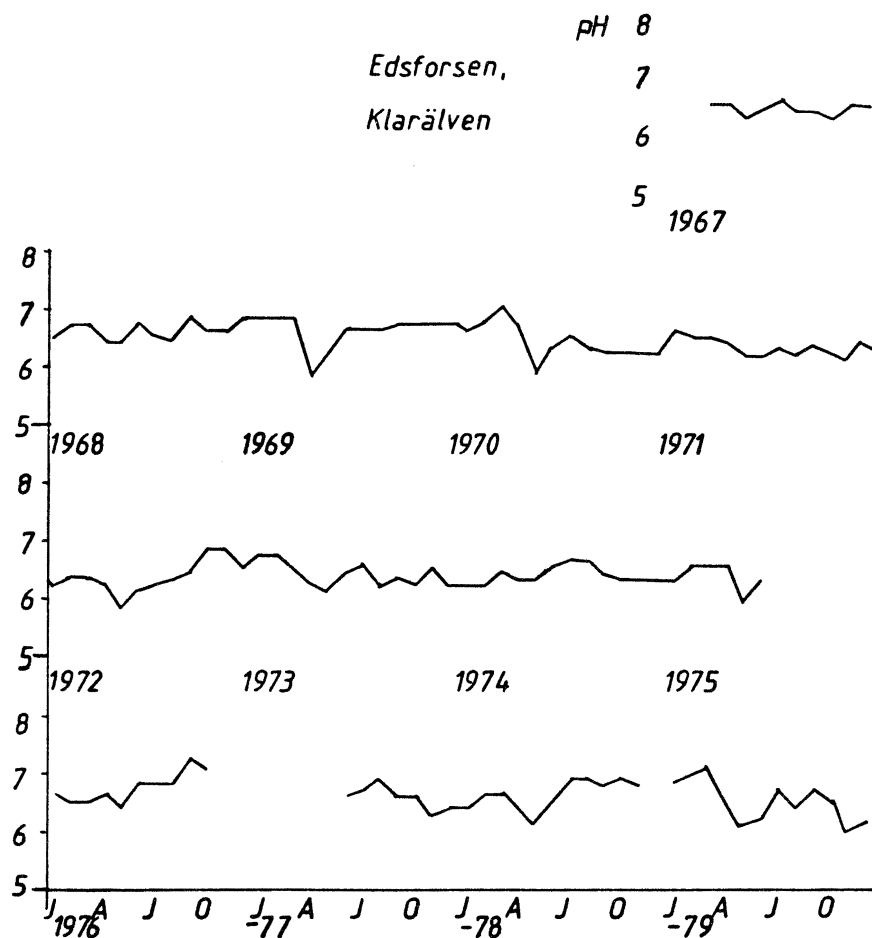
Ett av syftena med sedimenttransportnätet är att följa eventuella långtidsförändringar. Under dessa år som mätningarna har pågått kan man inte finna någon uttalad trend för transporterna. Dessa är starkt beroende av vattenföringen och följer dess variationer under dessa år. Endast för Rundvik förefaller transporterna och halterna ha minskat på grund av förstärkningar i slänterna uppströms mätplatsen.

Jämförs sedimenttransportnätets mätningar med Erikssons (1929) mätningar av lösta ämnen under åren 1909-25 kan man dock finna vissa förändringar. Värdena är inte helt jämförbara eftersom filtreringen idag sker med membranfilter som är tätare än pappersfiltren som användes förr. Det innebär att Erikssons analysmetod kan ge något högre värden jämfört med sedimenttransportnätets. Hur stor avvikelsen är beror på kornstorleksfördelningen i proven.

Det finns fyra stationer med samma läge i de två undersökningarna. Utav dessa har medelhalterna (kvartalsvis) stigit vid Mörrum (med ca 30%) och vid Åsbro i Viskan (med 5-20%) medan de sjunkit vid Edsforsen i Klarälven (med ca 15%) och vid Renströmsgruvan i Skellefte älv (30-40%). Sänkningen beror troligen delvis på analysmetodiken, men regleringen av älvarna kan även ha inverkat. Erikssons värden bygger på betydligt färre analyser.

Ytterligare några stationer kan jämföras fast mätplatserna inte helt överensstämmer. I Torne älv, Lule älv och Pite älv är halterna idag ca 10% lägre vilket troligen beror på skillnader i analysmetodik. I Emån är däremot halterna idag ca 20% högre och i Rönneå 20-25% högre. Jämförelserna tyder på en ökning av halt lösta ämnen i södra Sverige.

PH-värdena varierar under året och mellan olika år, men någon trend framgår inte för mätstationerna i sedimenttransportnätet. Avrinningsområdena är relativt stora. Försurningen i Sverige har hittills mest drabbat små sjöar nära vattendelarna. I figur 30 redovisas månadsmedelvärde för pH för åren 1967-79 vid Edsforsen i Klarälven. Efter vårvintrar med stora snömängder sjunker pH-värdet markant på grund av smältvattnets surhet (se t.ex. 1969).



Figur 30. Månadsmedelvärde av pH vid Edsforsen, Klarälven
Monthly mean of pH at Edsforsen in Klarälven

4.1 Allmänt

Som framgår av de ovannämnda exemplen från sedimenttransportnätets stationer varierar de fysikaliska vattenkvalitetsparametrarna dels från plats till plats och dels under året. För vissa av parametrarna såsom suspenderat oorganiskt material är i vissa vattendrag variationerna stora och halterna är - liksom följdaktligen även transporterna - svåra att förutsäga. Transportmängderna är dessutom starkt beroende av vattenföringen, dvs. om det är ett torrt eller blött år.

Det känns dock angeläget att göra någon typ av generalisering av förhållandena för att med ledning av den kunna göra en bedömning vid omätta platser eller vattendrag, när en sådan information behövs.

Sedimenttransportnätet består av relativt få stationer och de är ojämt spridda över Sverige. Den nordvästra delen av Norrland är t.ex. inte representerad liksom Mälardalen. Flertalet av mätstationerna är belägna nära vattendragens mynnningar i havet, vilket beror på ett av de ursprungliga målen när sedimenttransportnätet startade. Man önskade studera materialtransporten till våra hav.

Några olika sätt att göra generaliseringen har prövats. För att beräkna transport av löst respektive suspenderat material i omätta vattendrag har multipelregression prövats. Försöken med detta diskuteras i nästa avsnitt.

4.2 Försök att uppskatta transport i omätta vattendrag med regressionsförfarande

Ett sätt att uppskatta och beräkna transport av löst och suspenderat material i vatten är med multipelregression av typ: $T = a \cdot H + b \cdot F + c \cdot G + d \cdot M + e \cdot I + \dots$ där H, F, G, M, I osv. är parametrar för vattenföringens, fysiografins, geologins, markanvändningens resp. mänskliga ingrepps inverkan

på transporten och a, b, c, d, e osv. är framräknade konstanter ur sedimenttransportnätets värden.

Vilken form många av parametrarna skall ha är dock oklart, eftersom processerna inte är kända. Nedan följer en sammanställning över vilka parametrar jag tror är viktiga att få med.

För transport oorganiskt suspenderat material:

-vattenföring. Den specifika vattenföringen har mycket stor betydelse. Vattendragets regimtyp, dvs. variationer under året (många små toppar eller bara ett flöde) och amplitud inverkar. H bör uppdelas i åtminstone H_s = specifik vattenföring och H_r = regimtyp. Det kan bli problem med älvar som rinner genom fler hydrologiska regimer.

-fysiografi. Här spelar sjöarealen och lutningen en stor roll. Det har dock betydelse var inom avrinningsområdet sjöarna ligger och storleken på dem. Det suspenderade oorganiska materialet består i princip dels av finkorntigt långtransporterat material och dels av grövre korttransporterat material. Gränserna mellan lång- och korttransporterat material är naturligtvis diffusa. Det är det korttransporterade materialet som ger upphov till de stora variationerna i halt längs vattendraget och storleken på det beror bl.a. på närområdets fallprofil. Omväxlar sel, sjöar och forssträckor uppströms mätplatsen eller är det en jämn lutning med meandrar uppströms? Det långtransporterade materialet kan kanske klassas med någon typ av sjöarealprocent för avrinningsområdet samt lutningstal för vattendraget. Men frågan är vilka parametrar som skall användas för det korttransporterade materialet? Någon typ av kartering längs vattendraget uppströms kanske kan ge värden av typ: fallprofil, släntförhållande längs vattendraget, inslag av sel, tillflöden osv., men det är inte klart hur långt upp närområdet skall bedömas.

-geologi. Här är diskussionen ungefär densamma, dvs. den långtransporterade andelen som under lågvatten dominerar beror på de geologiska förhållandena i avrinningsområdet längs vattendraget medan den korttransporterade andelen, som i många vattendrag står för den absolut största delen av transporten, beror på närområdets inverkan. Det fungerar inte med någon klassning av typ -% sand-mo-jord i avrinningsområdet eller delar av det utan i så fall måste en kartering göras längs vattendraget av stränder och slänter samt detsamma för tillflöden.

-markanvändning. Det har visat sig att det inte fungerar att ange t.ex. % av åker, skog osv. för att klassificera ett avrinningsområde med hänsyn till transport och halter i vattendraget. Åkerarealens läge i förhållande till vattendraget betyder mycket mer. Det är möjligt att för stora avrinningsområden markanvändningens inverkan kan bakas in i geologins.

-männsliga ingrepp. Som framgått av exemplen av olika inverkan ovan betyder reglering av våra vattendrag tidvis mycket för transportförhållandena. Det är inte endast regleringens storlek (dvs. regleringsgraden i vattendraget) som inverkar utan även storleken på magasinet och hur regleringen sköts (omfattning av korttidsreglering mm). Mr kan kanske uppdelas i Mr_1 som är regleringsgraden och Mr_2 som är något index på hur regleringen utförs. Ingrepp av typ kalavverkning, torvtäkt mm. behöver troligen inte tas någon hänsyn till i stora avrinningsområden om de inte är av mycket stor omfattning eller belägna mycket nära mätstationen.

För transport lösta ämnen kan troligen en del av parametrarna ovan utgå:

-vattenföring. Specifik vattenföring är mycket viktig. Regimtypen har viss betydelse. Kommer nederbörden i form av snö med snabb avrinning i ytskiktet eller regn med långsammare avrinning?

-fysiografin. Lutningen har viss betydelse eftersom ur-

lakningen i ett vattendrag torde bero på vattenhastigheten. I ett sakta flytande vattendrag bör urlakningen vara större än i ett forsande vattendrag. Sjöarealen spelar roll för utfällning. Troligen får dessa faktorer relativ liten viktning i multipelregressionen.

-geologin. Kalkhalten har den största betydelsen enligt nuvarande kunskaper. Den kan kanske anges i % av hela avrinningsområdet.

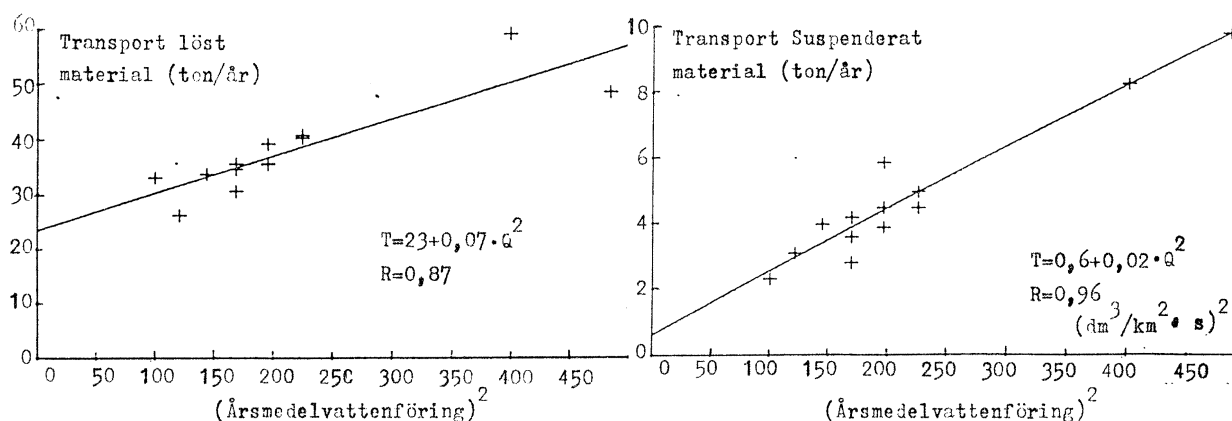
-markanvändning. Jordbruksareal har betydelse men hur skall den klassas?

-mänskliga ingrepp. Transportförhållandena under året påverkas av regleringen eftersom vattenföringsförhållandena ändras. Magasinen kan ha en viss utfällande effekt, men den är inte klarlagd. Ingrepp såsom torvtäkt, kalavverkning mm. i större omfattning vet vi för lite om ännu.

Som ett första försök att pröva regressionsmetoden för att beräkna transport av suspenderat och löst material har olika samband mellan årsvattenföring och årstransport prövats. Ett samband av typen $T=a+b \cdot Q^2$ visade sig användbart och gav för flertalet av sedimenttransportnätets stationer ett tämligen hyggligt samband. I figur 31 är årstransport suspenderat oorganiskt material resp. årstransport lösta ämnen (i kg/km^2) plottad mot årsmedelvattenföring (i $\text{dm}^3/\text{km}^2 \cdot \text{s}$) i kvadrat för Åsbro i Viskan.

För mätplatser med stor fluvial aktivitet var sambandet suspenderat oorganiskt material och vattenföring dock dålig. Extremår såsom torråret 1976 och det nederbördsrika 1967 avvek sambandet i några av områdena, vilket visar att även vattenföringsförhållandena under året spelar in. Konstanterna a och b varierade från område till område. Det finns tydliga tendenser till att a och b har likheter i delar av Sverige, men de ger för stora fel om någon typ av medelvärde av a och b skulle framräknas för en del av Sverige (typ Norrlands norra inland) och användas för årsberäkning av transport lösta ämnen i ett vat-

tendrag där inga mätningar av halter utförts.



Figur 31. Samband mellan årsmedelvattenföringen och transport löst resp. suspenderat material vid Åsbro i Viskan.

Relation between annual mean runoff and transport of dissolved resp. suspended matter at Åsbro in Viskan.

För vissa av sedimenttransportnätets mätplatser kan kanske däremot sambandet utnyttjas för att uppskatta transporter utan att några mätningar görs. I södra Sverige sker den snabbaste ökningen av transport lösta ämnen (dvs b är högt) när årsmedelvattenföringen stiger, medan den stiger långsamt i de undersökta älvarna i norra Norrlands inland (dock ej Torne älv). För transport suspenderat oorganiskt material är b -värdet mer beroende av vattendragets karaktär.

Arbetet fortsatte därefter med försök att införa sjöprocenten i regressionen. Det visade sig då att den inte förbättrade resultatet så att man kan hitta ett användbart regressionssamband att bestämma transport suspenderat eller löst material för en region eller del av region.

De olika försöken med regressionssamband visar att med befintliga mätresultat från ett antal stationer i Sverige som ligger i stora komplexa områden och med de brister som finns i kunskapen om olika faktorerers inverkan är det inte för närvarande möjligt att ta fram multipelregressionssamband för att uppskatta transport av löst respektive suspenderat material i Sverige eller delar av Sverige.

Med befintlig kunskap och mätverksamhet bedöms den bästa generaliseringen vara att dela in Sverige i ett antal regioner och ange riktvärden för dessa.

4.3 Indelning av Sverige i regioner och vattendrag i grupper.

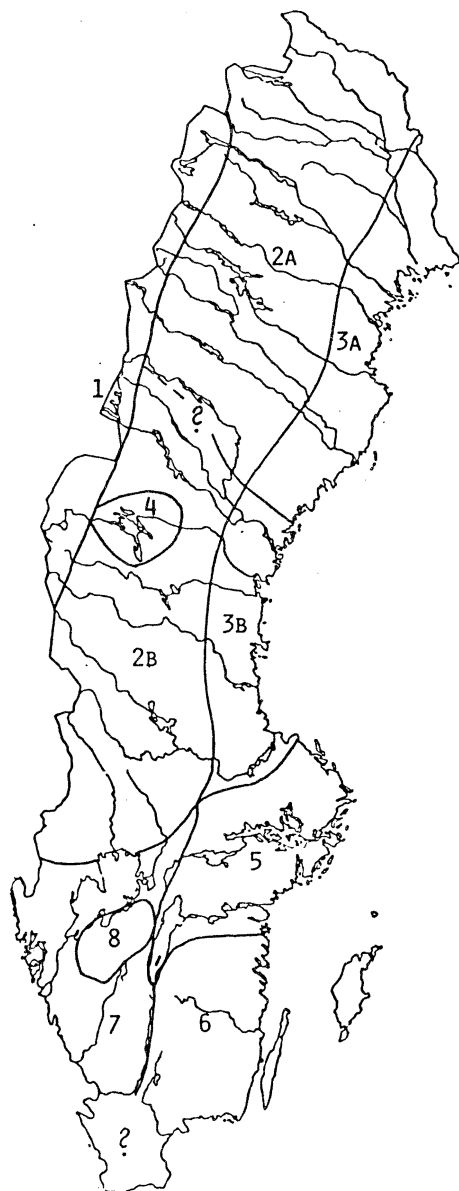
Indelningen av Sverige i regioner har skett med utgångspunkt från analysresultaten från sedimenttransportnätets stationer. Störst hänsyn har tagits till årsvariationer i halt suspenderat oorganiskt material och lösta ämnen samt årstransporten av dessa. Eftersom nätets stationer är relativt få och delar av Sverige är bristfälligt eller inte alls representerade är det inte möjligt att göra gränsdragningar enbart med stöd av mätresultaten.

De fysikaliska vattenkvalitetsparametrarna är starkt beroende av de hydrologiska och naturgeografiska samt klimatiska förhållandena. Dessa har därför fått styra gränsdragningen till en viss grad. Dessutom har resultat från andras undersökningar av vattenbeskaffenhet tagits hänsyn till. Bland dessa undersökningar kan nämnas Eriksson (1929) som har sammanställt mätdata från början av 1900-talet med avseende bl.a. på lösta oorganiska och organiska ämnen. Han har mätdata från betydligt fler mätstationer än sedimenttransportnätets.

Gottschalk (1980) har gjort en regionindelning grundad på hydrologiska regioner av Sverige. Den har i stora drag fått ligga som underlag för den regionsindelning av sedimenttransport och fysikalisk vattenkvalitet i Sverige som presenteras nedan och i figur 32.

Två mindre områden har helt tillkommit utöver de hydrologiska regionerna på grund av inverkan av markens kalkriki. Gränsdragningen mellan Norrlands inland och kustland har för sedimenttransportindelningen förskjutits mer mot kusten till ett läge som i stort återspeglar högsta kustlinjen eftersom den delvis avgör tillgången på eroderbart material.

I södra Sverige har gränsen tills vidare dragits längs vattendelaren mellan vattendrag som avvattnar Sydsvenska höglandet åt väster resp. öster. Det saknas mätstationer i de inre delarna. För Mälars- och Hjälmarsregionen samt Östgötaslätten saknas mätningar i större vattendrag. De har fått bilda en egen region, eftersom området bedöms avvika från omliggande regioner.



Figur 32. Indelning av Sverige i fysikalisk vattenkvalitets- och sedimenttransportregioner.
Sedimenttransport and water quality regions in Sweden.

Regionerna är följande:

1. Norrlands fjälltrakter
2. Norrlands inland med underindelning i norra (2a) och södra (2b)
3. Norrlands kustland med underindelning i norra (3a) och södra (3b)
4. Jämtlands kambrosiluområde
5. Mellersta Sverige kring Mälaren-Hjälmaren och Östgöta-bygden
6. Götalands ostkust
7. Götalands västkust
8. Götalands kambrosiluområde

Många av de norrländska älvarna passerar genom fler av regionerna och får en sammansatt karaktär. Eftersom fysioografi och reglering ibland inverkar markant på den fysikaliska vattenkvaliteten särskiljs olika grupper av vattendrag inom resp. region när det behövs.

4.4 Riktvärden för vissa fysikaliska vattenkvalitetsparametrar och sedimenttransport i de olika regionerna.

De halter transporter mm. som anges nedan är riktvärden som främst bygger på erfarenheter från sedimenttransport-nätet. Vid en användning av värdena skall hänsyn tas till detta. Observera att riktvärdena endast gäller för större avrinningsområde ($\geq 100 \text{ km}^2$) om inte annat anges.

1. Norrlands fjälltrakter:

Mätstation: Funäsdalen i övre Ljusnan (samt mätningar i Rapaälven).

Mätplatserna är för få för att vara helt representativa. Variationerna är troligen relativt stora inom området och längs vattendragen.

Susp. totalt material: medianvärde 2-5 mg/l under vintern, 5-10 mg/l under sommaren vid Funäsdalen. Halterna under vårflod är beroende av tillgång på eroderbart material och vattenhastighet. Vid Funäsdalen är medelvärdet 25 mg/l med maximivärden över 400 mg/l. Halter-

na kan vara betydligt högre inom regionen.

Susp. oorg. material: medianvärde 1-3 mg/l under vintern, 4-8 mg/l under sommaren. Vårflod se susp. totalt. Lösta ämnen: 40-70 mg/l under vinterhalvåret, 20-30 mg/l under vårflödet i övre Ljusnan. Helt lösta ämnen varierar troligen i olika delar av fjällkedjan på grund av berggrundens och jordarternas sammansättning. Enligt Eriksson (1929) har fjällen de lägsta halterna löst oorganiskt material i Sverige. Variationerna inom regionen är ej kända.

Ledningsförmåga: 9-12 mS/m under vintern, 3-6 mS/m under vårflod samt 6-9 mS/m under sommaren. Se för övrigt kommentar till lösta ämnen ovan.

Färg: 5-10 mg Pt/l under vintern och sommaren, 15-20 mg Pt/l under vårfloden.

Transport suspenderat material: Stora variationer förekommer på grund av fallprofil mm. I den slamförande Rapaälven $230 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ mot $21 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ nedströms Laitauresjön. I övre Ljusnan varierar årstransporten oorganiskt material mellan 6 och $25 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$. Andelen organiskt material är låg (ca $2 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$).

Transport lösta ämnen: Mellan 15 och $30 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ i övre Ljusnan och värdet i Rapaälven av den storleksordningen också. Medelvärde för Eriksson's stationer (1929) var $25 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$. Han mätte endast längst i norr.

2. Norrlands inland (utom Jämtlands kambrosilurområde):

En uppdelning i norra och södra delen har bedömts vara behövlig för att ange riktvärden för halterna men inte för transporterna. Transportförhållande anges därför sist i texten för hela regionen.

2a. Norra Norrlands inland:

Mätstationer: Maltbränna, Renströmsgruvan, Harads, varav de två senare upphört.

Stora delar av inlandet består av relativt flacka myr- och skogsområden, vilket ger relativt låga halter

suspenderat oorganiskt material året om. Värdena grundas på mätstationer, som är belägna i älvar, vars källflöden återfinns i fjällen. De tre mätstationerna, som utnyttjas för generaliseringen är belägna vid HK eller strax nedanför vilket gör att tillgången på fint material kan vara större än uppströms mätplatserna.

Susp. totalt material: 3-6 mg/l, endast smärre förhöjningar i samband med vår- och höstflöde.

Susp. oorg. material: 1-3 mg/l, under vårflöde något högre.

Lösta ämnen: medelvärden 20-30 mg/l i reglerade älvar, 30-40 mg/l i oreglerade under vintern, under sommaren 20-35 mg/l. Enligt Eriksson (1929) är halterna lägre i Lule och Pite älvar än i övriga.

Ledningsförmåga: 2-4 mS/m

Grumlighet: $40-110 \times 10^{-5}$ Z-enheter

Färg: endast regelbundet mätt i Vindelälven, där medelvärdena ligger kring 10-15 mg Pt/l. Vid snösmältningen stiger de till 20-30 mg Pt/l. 1979 var färgtalet under juni månad ca 10 enheter högre i Umeälven än i Vindelälven.

2b. Södra Norrlands inland: (utom kambrosiluruområdet i Jämtland):

Mätstationer: Edsforsen och Vikbyn

Både Klarälven och Dalälven, där mätstationerna ligger som representerar denna del av regionen, är reglerade samt har sina källflöden i fjällområden. Klarälven har lägre halter än Dalälven och liknar i vissa fall mer norra Norrlands inland.

Susp. totalt material: medelvärde 4-10 mg/l med genomgående högre halter i Dalälven än i Klarälven. Under vårfloden stiger värdena.

Susp. oorg. material: medelvärde 2-6 mg/l, högre under vårflod på grund av tillgång på lättroderbart material längs flodbäddarna.

Lösta ämnen: 15-50 mg/l. I Klarälven ligger medelvär-
det mellan 20 och 30 mg/l och i Dalälven kring 40 mg/l.
Ledningsförmåga: 2-5 mS/m med de lägsta värdena i Klar-
älven.

Färg: 10-40 mg Pt/l.

Transport suspenderat material: Medelvärdena är låga
för samtliga sedimenttransportnätets stationer i denna
region. I norra delen ligger de kring 2-3 ton/km². år
med något högre andel organiskt material än oorganiskt.
Mätningar i Ångermanälven och i Kalix samt Torne älvar
visar att transport oorganiskt material stiger så fort
fallprofilen ökar och det finns tillgång till lättero-
derbart material. I de sydligt belägna Dalälven och
Klarälven är transport oorganiskt material större (2-
5 ton/km². år med upp till 9 ton/km². år under vissa
nederbördsrika år), medan transport organiskt material
är ungefär lika som i norr.

Transport lösta ämnen: 8-20 ton/km². år med snittvärde
kring 12 ton/km². år.

3. Norrlands kustland

För halter mm. har en indelning gjorts i norra och
södra delen. Transportförhållandena anges sist i
texten för hela regionen.

3a. Norra Norrlands kustland:

Mätstationer: Övertorneå, Kalix, Brattlandet, Norriån,
Gäddvik, Bölebyn, Skellefteå, Torrböle, Rundvik.

Utav de studerade älvarna är endast Rörån (Norriån),
Öre älv (Torrböle) och Lögde älv (Rundvik) belägna
inom inlands- och kustregionen. De övriga avvattnar
även fjällkedjan. Eftersom de topografiska och geolo-
giska förhållandena varierar mer inom denna region än
i inlandsregionen förekommer större skillnader i de
fysikaliska vattenkvalitetsparametrarna.

Susp. totalt material: medelvärde 3-8 mg/l, utom under

vårflödet då halterna stiger. I de reglerade älvarna ligger medelvärdet under kvartal 2 mellan 7 och 11 mg/l. I de oreglerade älvarna med en flackare lutning vid mätplatserna är medelvärdet under kvartal 2 mellan 7 och 18 mg/l. I älvar med brant fallprofil och lätt-eroderbart material såsom i t.ex. Pite, Öre och Lögde älvar stiger halterna kraftigt under vårflödet (kvartalsmedelvärden kring 40-55 mg/l med maximivärden över 500 mg/l).

Susp. oorg. material: medelvärde 1-5 mg/l. Under vårflod i reglerade älvar 4-7 mg/l, i oreglerade älvar med flackare lutning 6-13 mg/l. I älvar med brant lutning och lätt-eroderbart material har uppmätta medelvärden kring 40-50 mg/l under vårflödet.

Lösta ämnen: Torne och Kalix älvar samt skogsvattendragen Rörån, Öre och Lögde älvar har de högsta halterna (30-50 mg/l), medan Lule samt Pite älvar har de lägsta (20-30 mg/l). De reglerade älvarna har lägre halter under vintern än de oreglerade.

Ledningsförmåga: 2-6 mS/m.

Färg: Färgtalet är lägst under vintern. I de stora älvarna med källflöden i fjällen varierar färgtalet i regel mellan 5-30 mg Pt/l. I skogsälvarna ligger värdena högre. I Rörån varierar värdena mellan 10 och 70 mg Pt/l med de högsta värdena under hösten. I Öre älv och Lögde älv ligger värdena mellan 40 och 90 mg Pt/l.

3b. Södra Norrlands kustland:

Mätstationer: Nyland, Njurunda, Älvkarleby.

Samtliga mätstationer är belägna i stora reglerade älvar, som har sina källflöden i fjälltrakter. Älvkarleby ligger nedströms ett stort sjösystem som ger låga halter suspenderat material.

Susp. totalt material: medelvärde 3-9 mg/l, under vårflöde 7-13 mg/l.

Susp. oorg. material: 1-6 mg/l, under vårflöde något högre.

Lösta ämnen: I Ångermanälven 20-40 mg/l, i Ljungan 40-60 mg/l och i Dalälven 30-50 mg/l.

Ledningsförmåga: 3-4 mS/m i Ångermanälven, 5-7 mS/m i Ljungan och Dalälven.

Färg: något stigande från norr till söder inom området. I Ångermanälven 10-30 mg Pt/l, i Ljungan 10-35 mg Pt/l och i Dalälven 15-35 mg Pt/l.

Transport suspenderat material: Transport oorganiskt material uppvisar stora variationer inom området från 1 till 28 ton/km². år vid de undersökta stationerna. Transport organiskt material varierar mindre och varierar mellan 0,5 och 3 ton/km². år.

Transport lösta ämnen: 8-20 ton/km². år med snittvärde kring 12-13 ton/km².

4. Jämtlands kambrosiluumråde:

Mätstation: Skyttmon

De värden som anges gäller endast för oreglerade vattendrag med flack fallprofil eller liten tillgång på eroderbart material.

Susp. totalt material: medelvärden 3-5 mg/l. Undersökningar i ett mer lätteroderbart avrinningsområde (möränlera) inom regionen visar att halterna kan vara betydligt större (SMHI 1979).

Susp. oorg. material: medelvärden 1-2 mg/l (vid Skyttmon endast små förhöjningar under vårfloden). Se för övrigt kommentar susp. totalt.

Lösta ämnen: Höga halter under vinter på grund av stor grundvattenandel (~70 mg/l), något lägre i samband med snösmältning och höstflöden. Halterna beror troligen på var inom regionen avrinningsområdet befinner sig.

Ledningsförmåga: Vinter 10-12 mS/m, under snösmältning 6-8 mS/m. Kommentar: se lösta ämnen.

Färg: Lägst under vårvintern (20 mg Pt/l) i övrigt kring 30 mg Pt/l.

Transport suspenderat material: Liten transport vid den enda undersökta mätplatsen -Skyttmon ($1-2 \text{ kg/km}^2$. år). Troligen inte representativ för regionen.

Transport lösta ämnen: varierar vid Skyttmon mellan $15-34 \text{ ton/km}^2$. år, dvs. betydligt mer än i omgivande kalkfattiga områden.

5. Mellersta Sverige kring Mälaren- Hjälmaren och Öst-
götaslätten:

I denna region saknas mätningar i de större vatten-
dragen inom sedimenttransportnätet. Endast FFO-statio-
ner finns.

Hjulström (1935) gjorde omfattande studier av halter
och transporter i Fyrisån på 1930-talet. Halt suspen-
derat material låg kring 10 mg/l i genomsnitt och halt
lösta ämnen mellan 150 och 300 mg/l .

Vid senare mätningar i Fyrisån på slutet av 1960-talet
varierade ledningsförmågan mellan 25 mS/m (under vår-
flödet) och 50 mS/m (under vinterlågvattnen).

Salthalten i vattnet är mycket beroende på jordarter
och markanvändning, varför relativt stora variationer
kan förekomma, vilket bl.a. framgår av avsnittet om
markanvändningens inverkan. Mätningar i Östergötlands
län av vattenkvaliteten visar att ledningsförmågan i
de norra skogrika delarna av Östergötland ligger kring
 $7-12 \text{ mS/m}$, medan i jordbruksbygderna kring Tåkern va-
rierar mellan ca 20 och 60 mS/m . Färgtalet är högst
i skogsbygderna (ca $70-100 \text{ mg Pt/l}$) och lägst i ut-
loppet från Vättern ($5-10 \text{ mg Pt/l}$) (Motala Ströms
Vattenvårdsförbund).

Stora delar av regionen är relativt flacka, uppodlade
lerområden med tidvis relativt lättroderbart material
vilket troligen ger relativt stora variationer i halt
suspenderat material inom regionen.

Transport suspenderat material på 1930-talet i Fyrisån var $4,6 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$. Undersökningar i Verkaån visar variationer på suspenderat material mellan 2 och $18 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ beroende på områdets karaktär (Edqvist 1972). I Skärkind som är ett litet jordbruksområde varierar transporten mellan $25-55 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ under åren 1977-79.

Hjulström (1935) uppmätte transport lösta ämnen i snitt till $52 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ i Fyrisån. I Verkaån varierade den beroende på vattenföringens storlek. Under ett av de undersökta åren var transporten $20-40 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$. I Skärkind ligger transportererna de sista åren kring $40-60 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$.

6. Götalands ostkust:

Stationer: Emsfors, Mörrum. Mätstationerna ligger i relativt lugnflytande partier.

Susp. totalt material: $4-10 \text{ mg/l}$.

Susp. oorg. material: De undersökta vattendragen har relativt flack profil och medelvärden för halterna ligger mellan 2 och 5 mg/l .

Lösta ämnen: $80-120 \text{ mg/l}$.

Ledningsförmåga: $12-17 \text{ mS/m}$.

Färg: $15-50 \text{ mg Pt/l}$

Transport suspenderat material: låga transporter med ungefär lika andel organiskt och oorganiskt material. Vid de två mätstationerna i snitt mellan $1,1-1,6 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$.

Transport lösta ämnen: $10-28 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$ med snittvärde $19 \text{ ton/km}^2 \cdot \text{år}$.

7. Götalands västkust:

Stationer: Klippan, Åsbro. Stationerna Ormo och Agnesberg i Göta älv används endast delvis eftersom Göta älvs avrinningsområde är stort och ej kan anses representativt för ett mindre område.

Susp. totalt material: Beror på fallkurva och jordart. I Åsbro med kraftigare lutning 14-22 mg/l och i Klippan med mindre 10-12 mg/l.

Susp. oorg. material: se ovanstående. 5-10 mg/l i medelvärde vid Åsbro och 2-10 mg/l i Klippan. I samband med flöden förekommer markanta toppar.

Lösta ämnen: I Viskan 80-120 mg/l. I Rönneå betydligt högre vilket kan bero på föroreningar. Ett representativt värde för regionen kan inte ges.

Ledningsförmåga: I Viskan 12-20 mS/m.

Färg: 5-50 mg Pt/l

Transport suspenderat material: Transport oorganiskt material beror på läget. Transport totalt material varierar vid de två undersökta mätplatserna mellan 1,5 och 14 ton/km². år. Transport organiskt material varierar mindre (1-4 ton/km². år).

Transport lösta ämnen: Vid Åsbro har den under åren 1967-79 varierat mellan 23 och 60 ton/km². år. Rönneå (Klippan) bedöms vara förorenad och ej helt representativ för regionen.

8. Götalands kambrosiluruområde:

Station: Härjevad (Ruta kvarn)

Stationen har flyttats några gånger på grund av vattenkraftsbyggnation och endast korta mätserier finns.

Susp. totalt material: Beror på lutningen och markanvändning. Vid Härjevad i Lidan 7-18 mg/l. Högst under första kvartalet.

Susp. oorg. material: 5-11 mg/l. Se ovan.

Lösta ämnen: 200-350 mg/l

Ledningsförmåga: 30-55 mS/m

Färg: 40-75 mg Pt/l i Härjevad

Transport suspenderat material: Relativt god tillgång på material ger upphov till varierande transporter inom regionen. Vid Härjevad 9-13 kg/km². år (totalt suspenderat material).

Transport lösta ämnen: varierar mellan 30 och 95 ton/
km². år vid mätplatserna i Lidan.

REFERENSER

- Arnborg, L. 1965. Ume älv. Transport av suspenderat material i Nedre Umeälven under perioden okt. 1956- dec. 1961 och april 1963- juni 1964. Hydroconsult AB. Rapport Nr Hc 65-106 Uppsala.
- Arnborg, L. 1959. Nedre Ångermanälven. Del II. Publ.from Geographical Institute, University of Uppsala. Physical Geography nr. 2.
- Axelsson, V. 1967. The Laitaure delta. A study of deltaic morphology and processes. Geografiska Annaler vol. 49, ser A.
- Brandt, M. 1979. Vindelälven och Umeälven. Delredovisning av grumlingsundersökningar utförda under åren 1962-77. HBK-PM nr 60. SMHI (stencil).
- Brandt, M. 1980. Vindelälven och Umeälven. Vattenkvalitetsundersökning längs en oreglerad och en reglerad älv. HBK-PM nr 67. SMHI (stencil).
- Edqvist, M. 1972. Erosionsstudier i Verkaåns avrinningsområde. Lic.avh. vid Naturgeogr. Inst. vid Sthlms Universitet (stencil).
- Eriksson, B. 1980. Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden (1931-60) av nederbörd, avdunstning och avrinning. SMHI Rapport. Hydrologi och oceanografi. RHO nr.21.
- Eriksson, J.V. 1929. Kemiska denudationen i Sverige. Meddelande från Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt. Band 5. N:o 3.
- Gottschalk, L. 1980. Slump och determinism i vattenföringsserier. FOU-notiser, nr 4. SMHI, Norrköping.
- Hjorth, S. 1972. Torne och Kalix älvar. Del 2. Materialtransport 1967-69. IHD Report no 19, Sthlm.
- Hjulström, F. 1935. Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. Bull. of the Geol. Inst. of Uppsala. Vol. XXV, s. 221-527.
- Hörnberg, E. 1974. Umeälven och Vindelälven. Del 1. Fluvial morfologi och fluviala processer i Umeälvens nedre lopp. Del 2. Älvbrinksutveckling. UNGI Rapport 32 och 33, Uppsala.

- Nilsson, B. 1971 a. Sedimenttransport i svenska vattendrag. Ett IHD-projekt. Del 1. Metodik. UNGI Rapport 4, Uppsala.
- Nilsson, B. 1971 b. Sedimenttransport i svenska vattendrag. Ett IHD-projekt. Del 2. Avrinningsområden, stationer och resultat 1967-69. UNGI Rapport 16, Uppsala.
- Nilsson, B. 1976. The influence of Man's Activities in Rivers on Sediment Transport. Nordic Hydrologi 7.
- Nilsson, L.Y. Armolik, N. 1980. Verka. Representative Basin. Hydrochemistry. Report 3:e f. Publ. från Inst. för Kulturteknik, KTH. Sthlm.
- Rodhe, A. 1980. Vårfloden- smältvatten eller grundvatten? UNGI Rapport 53, Uppsala.
- Slaymaker, H.O. and McPherson, H.J. 1973. Effects of land use on sediment production. Ur Fluvial processes and sedimentation. Hydrology symp. Edmonton. Proceedings.
- SMHI 1978. Beskrivning av sedimenttransportnätet. Basdatanät för fysikalisk vattenkvalité. HBK PM nr 54. (Stencil).
- SMHI 1979. Semsån: Grumlingsundersökningar med anledning av bro för E 75. (Stencil).
- SMHI 1980. Grumlingsundersökningar i Mellanljusnan för Kastelns kraftverk, Forsänge kraftverk, Ångra kraftverk och Edänge kraftverk. (Stencil).

SMHI Rapporter, HYDROLOGI OCH OCEANOGRAFI (RHO)

- Nr 1 Weil, J G
Verification of heated water jet numerical model, Stockholm 1974.
- Nr 2 Svensson, J
Calculation of poison concentrations from a hypothetical accident off the Swedish coast, Stockholm 1974.
- Nr 3 Vasseur, B
Temperaturförhållanden i svenska kustvatten, Stockholm 1975.
- Nr 4 Svensson, J
Beräkning av effektiv vattentransport genom Sunninge sund, Stockholm 1975.
- Nr 5 Bergström, S and Jönsson, S
The application of the HBV runoff model to the Filefjell research basin, Norrköping 1976.
- Nr 6 Wilmot, W
A numerical model of the effects of reactor cooling water on fjord circulation, Norrköping 1976.
- Nr 7 Bergström, S
Development and application of a conceptual runoff model, Norrköping 1976.
- Nr 8 Svensson, J
Seminars at SMHI 1976-03-29--04-01 on numerical models of the spreading of cooling water, Norrköping 1976.
- Nr 9 Simons, J, Funkquist, L and Svensson, J
Application of a numerical model to Lake Vänern, Norrköping 1977.
- Nr 10 Svensson, S
A statistical study for automatic calibration of a conceptual runoff model, Norrköping 1977.
- Nr 11 Bork, I
Model studies of dispersion of pollutants in Lake Vänern, Norrköping 1977.
- Nr 12 Fremling, S
Sjöisars beroende av väder och vind, snö och vatten, Norrköping 1977.
- Nr 13 Fremling, S
Sjöisars bärighet vid trafik, Norrköping 1977.
- Nr 14 Bork, I
Preliminary model studies of sinking plumes, Norrköping 1978.
- Nr 15 Svensson, J and Wilmot, W
A numerical model of the circulation in Öresund. Evaluation of the effect of a tunnel between Helsingborg and Helsingör, Norrköping 1978.
- Nr 16 Funkquist, L
En inledande studie i Vätterns dynamik, Norrköping 1978.
- Nr 17 Vasseur, B
Modifying a jet model for cooling water outlets, Norrköping 1979.

- Nr 18 Udin, I och Mattisson, I
Havsis - och snöinformation ur datorbearbetade satellitdata - en metodstudie, Norrköping 1979.
- Nr 19 Ambjörn, C och Gidhagen, L
Vatten- och materialtransporter mellan Bottniska viken och Östersjön, Norrköping 1979.
- Nr 20 Gottschalk, L and Jutman, T
Statistical analysis of snow survey data, Norrköping 1979.
- Nr 21 Eriksson, B
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärde (1931-60) av nederbörd, avdunstning och avrinning.
- Nr 22 Gottschalk, L and Krasovskaia, I
Synthesis, processing and display of comprehensive hydrologic information.
- Nr 23 Svensson, J
Sinking cooling water plumes in a numerical model, Norrköping 1980.
- Nr 24 Vasseur, B, Funkquist, L and Paul, J F
Verification of a numerical model for thermal plumes, Norrköping 1980.
- Nr 25 Eggertsson, L-E
HYPOS - ett system för hydrologisk positionsangivelse, Norrköping 1980.
- Nr 26 Buch, E
Turbulent mixing and particle distribution investigations in the Himmerfjärd 1978, Norrköping 1980.
- Nr 27 Eriksson, B
Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige, Norrköping 1980.
- Nr 28 Broman, B
On the spatial representativity of our oceanographic measurements, Norrköping 1981.
- Nr 29 Ambjörn, C, Luide, T, Omstedt, A and Svensson, J
An operational oil drift model for the northern Baltic, Norrköping 1981.
- Nr 30 Svensson, J
Vågdata från svenska kustvatten, 1979-1980, Norrköping 1981.
- Nr 31 Jutman, T
Network planning for runoff in Sweden, Norrköping 1981.
- Nr 32 Omstedt, A and Sahlberg, J
Vertical mixing and restratification in the Bay of Bothnia during cooling, Norrköping 1982.
- Nr 33 Brandt, M
Sedimenttransport i svenska vattendrag. Sammanställning och generalisering av data från sedimenttransportnätet, Norrköping 1982.



SWEDISH METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL INSTITUTE

Box 923, S-601 19 Norrköping, Sweden. Phone +46 11 10 80 00. Telex 644 00 smhi s

ISSN 0347-7827