

Arealförluster

från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland



Olle Westling, Stefan Löfgren och Cecilia Akselsson



REGERINGEN
VÄSTRA GÖTALAND

2000:55



Skogsstyrelsen

© Skogsstyrelsen januari 2001

Författare

*Olle Westling och Cecilia Akselsson, IVL
Stefan Löfgren, SLU*

Papper

brilliant copy

Tryck

JV, Jönköping

Upplaga

350 ex

ISSN 1100-0295

BEST NR 1644

Skogsstyrelsens förlag
551 83 Jönköping

Arealförluster

från skogliga avrinningsområden
i Västra Götaland

Olle Westling, Stefan Löfgren och Cecilia Akselsson

IVL Svenska Miljöinstitutet AB
Aneboda
360 30 Lammhult
Tel: 0472-26 20 75
Fax: 0472-26 20 04

Institutionen för miljöanalys SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala
Tel: 018-67 10 00 (vx)
Fax: 018-67 31 56

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	2
1. Halter och arealförluster av större konstituent, näringsämnen och metaller	3
1.1 Avrinningsområden och dataunderlag	3
1.2 Beräkning av transporter och flödesvägda medelhalter	4
1.3 Flödesvägda medelhalter och arealförluster på årsbasis.....	5
1.4 Flödesvägda medelhalter på månadsbasis	7
2. Långsiktiga trender i nederbörd och avrinning	10
2.1 Statistiska beräkningar	10
2.2 Nederbördskemiska förändringar över tiden.....	10
2.3 Vattenkemiska förändringar över tiden.....	12
2.4 Storleken på de vattenkemiska förändringarna	16
2.5 Skogsbrukets inverkan på vattenkemin.....	17
3. Faktorer som påverkar utlakningen från skogsmark	19
3.1 Introduktion.....	19
3.1.1 Avrinningens kemi.....	19
3.1.2 Källor till anjonflödet i avrinningen.....	19
3.1.3 Skogsbrukets påverkan på anjonflödet i avrinningen samt markens förråd av utbytbara ämnen.....	21
3.2 Skogsbrukets inverkan på avrinningen i Västra Götalands län - beräkningsmetoder.....	22
3.2.1 Skogstyper.....	24
3.2.2 Deposition av sulfatsvavel och klorid	24
3.2.3 Utlakning	26
3.3 Resultat av beräkningarna	27
3.3.1 Utlakning av anjoner.....	29
3.3.2 Utlakning av oorganiskt kväve	31
3.4 Undersökningar i avrinningsområden med åtgärdsuppföljning.....	34
4. Slutsatser	40
5. Referenser	44

Bilaga 1. Tabellredovisning av uppmätta halter, arealförluster, percentiler och trendberäkningar

Bilaga 2. Beräknade arealförluster i olika kommuner

Bilaga 3. Skoglig statistik som använts i beräkningarna

Förord

Denna utvärdering har utförts av SLU, Institutionen för miljöanalys, och IVL i Aneboda på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Skogsstyrelsen. Syftet med utvärderingen var att beskriva typiska arealförluster från brukad skogsmark baserade på undersökningar i länet, samt med hjälp av tidsserier belysa utvecklingen i tiden. Mätdata från länet har legat till grund för yttäckande beräkningar i länets samtliga kommuner som uppskattar deposition av luftföroreningar samt genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark. Studien är ett led i det speciella delprogram, avrinning från brukad skogsmark, som påbörjades i flera län inom den regionala miljöövervakningen under mitten av 1990-talet. Resultat från studien har under arbetets gång redovisats på ett seminarium i Göteborg, september 2000. Utöver författarna har Filip Moldan IVL bidragit med bearbetningar och beräkningsunderlag för Gårdsjöområdet.

Stefan Löfgren SLU, Institutionen för miljöanalys, har huvudsakligen utfört avsnitt 1 och 2 i rapporten. Olle Westling och Cecilia Akselsson, båda IVL i Aneboda, har huvudsakligen utfört avsnitt 3.

Jönköping i januari 2001

Hans Wickström
Skogsstyrelsen

Lennart Olsson
Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Sammanfattning

Syftet med utvärderingen var att beskriva typiska arealförluster från brukad skogsmark baserade på undersökningar i Västra Götalands län, samt med hjälp av tidsserier belysa utvecklingen i tiden. Mätdata från länet har legat till grund för yttäckande beräkningar i länets samtliga kommuner av genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark.

Samtliga undersökta avrinningsområden i skog i Västra Götalands län hade en likartad vattenkvalitet under 1990-talet med låga pH-värden (pH 4,2-4,6) och låga halter av oorganiskt kväve, låg buffertkapacitet ($ANC < 0,11$ mekv/l) samt relativt höga halter av aluminium (0,2-1 mg Al/l) och relativt låga halter av baskatjoner med undantag av natrium. Den minskade depositionen av svavel har medfört att ANC och pH ökat under de senaste 15 åren. Uppmätta data under de senaste åren kan ligga till grund för typvärden som kan skatta arealförlusterna från skog i denna del av landet. Typvärdena för brukad skog uppvisar relativt små skillnader mot de obrukade referenserna i Västra Götaland. Orsaken till att skillnaden mellan brukade och obrukade områden inte går att tydligt påvisa är att skogliga åtgärder som slutavverkningar bara berör en liten del, oftast <10 % av avrinningsområdet, vid en given tidpunkt. Dessutom är det oftast mer än tio år sedan kalavverkningar utfördes i flertalet av de undersökta områdena i denna studie.

Skogsbruket kan påverka kvaliteten på avrinnande vatten på olika sätt. Trädslagsval och åldersfördelning påverkar storleken på depositionen av olika luftföroreningar, vilket i sin tur inverkar på mark och vatten. Hyggesupptagningar ökar utlakningen av nitrat och motsvarande katjoner under några år, men minskar även torrdepositionen. Den beräknade genomsnittliga utlakningen av totalkväve från skogsmark i Västra Götalands län, 2,95 kg per ha och år, är något högre än vad som tidigare beräknats för hela Göta Älvs tillrinningsområde, 2,08 kg per ha och år. Kommuner med stor areal skog har i regel en andel utlakning av totalkväve som kommer från hygge som varierar mellan 10 och 30 % av den totala arealförlusten från all skogsmark.

Beräkningar av genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark i Västra Götalands kommuner visar en betydande variation, trots att markegenskaperna antagits vara likartade i hela länet. Variationen beror på de relativt skarpa gradienterna av deposition av svavel, kväve och havssalt samt nederbörds mängd på västkusten. Utlakningen av oorganiskt kväve påverkas av hyggesareal och kvävedepositionens storlek.

Övervakning av avrinning från brukad skogsmark är motiverad eftersom det är viktigt att övervaka att utlakningen av oorganiskt kväve från hyggen inte ökar med tiden på grund av fortsatt upplagring av kväve i skogsmarken. Även effekten av tillväxt och skörd av skog på markens syra-bas status, som i sin tur påverkar avrinningens surhetsgrad, är viktig att bevaka med hjälp av tidsserier. Av speciellt intresse är att studera om återhämtning från försurning, när depositionen minskar, sker annorlunda i brukade områden jämfört med områden utan skogsbruk.

1. Halter och arealförluster av större konstituenten, näringsämnen och metaller

1.1 Avrinningsområden och dataunderlag

Utvärderingen baseras på data från 18 mindre avrinningsområden dominerade av skogsmark. Avrinningsområdenas lokalisering framgår av figur 1:1. Hälften av områdena ligger i skyddade områden (referenser) medan övriga har påverkats av skogsbruk det senaste decenniet. Avrinningsområdet P3 Björklida är speciellt med tanke på att i stort sett hela avrinningsområdet var kalavverkat när mätningarna påbörjades. Området har därför mycket avvikande avrinningskemi och kan inte jämföras med de områden där avverkningar enbart utgjort en liten del av avrinningsområdet. P3 Björklida har därför uteslutits i de utvärderingar där syftet har varit att studera hur avrinningskemin varierar i avrinningsområden där endast en liten del av arean påverkats av skogsbruk. Däremot har data från P3 Björklida använts för att utvärdera hur avverkning specifikt påverkar avrinningskemin. Av övriga brukade områden är det endast de tre lokaler som etablerades 1996 (Fallabäcken, Kvarnebäcken och Sågebäcken) för att övervaka brukade områden som har haft en normal omfattning av kalavverkningar under den senaste femårsperioden. Övriga brukade områden är kontroller till kalkade skogsområden utan skogliga åtgärder sedan 1991. Det gör att den genomsnittliga avrinningskemin från alla områden i denna studie huvudsakligen representerar halter och arealförluster från brukad skog utan hyggeseffekter. Effekten av hyggen i Västra Götalands län har beräknats i avsnitt 3.3.2.



Figur 1:1. Avrinningsområdenas lokalisering. ? Depositionsmätning med trendanalys. ? Avrinning från brukad skogsmark. ? Avrinning från obrukad skogsmark.

Fyra av områdena ligger utanför Västra Götalands län, men ingår i studien för att så väl som möjligt täcka in centrala och västra Sydsverige. Tidsseriernas längd, avrinningsområdenas areal, skogs- och hyggesandel samt medelvattenföring under mätperioden redovisas vattendragsvis i tabell 1:1. Hyggen i denna studie är kalavverkad mark upp till fem år efter avverkning. Vattenföringen har bestämts via mätningar eller kalibrerade vattenföringsmodeller. Vattenprover har insamlats av lokal provtagningspersonal en eller två gånger per månad under perioden 1984-99. Proverna har analyserats i enlighet med Handboken för miljöövervakning av Institutionen för miljöanalys, SLU, IVL och AnalyCen (endast Fallabäcken 1997-99).

1.2 Beräkningar av transporter och flödesvägda medelhalter

Ämnestransporterna i vattendragen har beräknats i enlighet med den modell som används inom den nationella miljöövervakningen. Metoden innebär att dygnsvisa vattenföringar multipliceras med dagliga ämneshalter. De senare skattas genom linjär interpolation mellan uppmätta halter vid två på varandra följande mättillfällen. Dagnstransporterna har därefter summerats till månads- och årstransporter (till exempel ton) samt dividerats med avrinningsområdets area för att beräkna arealförluster (till exempel kg/ha, år). Flödesvägda (=volymvägda) års- och månadsmedelhalter (till exempel mg/l) har beräknats genom att dividera års- respektive månadstransporter med motsvarande avrinning. I denna rapport redovisar endast flödesvägda halter.

Tabell 1:1. Avrinningsområdenas yta, tidseriernas längd och medelvattenföringen i vattendragen under mätperioden.

Avrinningsområde	Kod	Area (km ²)	Skog (% av totalareal)	Hyggesareal (% av totalareal)	Tidsperiod	Q _{Medel} (l/s, km ²)
Aneboda IM	Ref	0,2	100	0	1984-99	10,1
Bråtängsbäcken	Ref	5,78	90*	0	1985-99	17,2
Gårdsjön IM	Ref	0,037	100	0	1986-99	18,1
Härsvatten Utf.	Ref	1,95	80*	0	1985-95	22,5
Lommabäcken Nedre	Ref	1,04	90*	0	1985-99	17,2
Lommabäcken Övre	Ref	0,42	95*	0	1986-95	11,2
Pipbäcken Nedre	Ref	0,93	90*	0	1985-99	16,3
Pipbäcken Övre	Ref	0,73	85*	0	1986-95	19,9
Ringsmobäcken	Ref	1,12	85*	0	1985-99	10,1
Fallabäcken	Bruk	3,4	97	3	1997-99	12,9
Kvarnebakken	Bruk	6,7	76	5	1996-99	9,1
Sågebäcken	Bruk	4,47	85	5	1996-99	16,9
G24 Asa	Bruk	1,79	94	0	1991-99	13,2
L24 Östad	Bruk	0,92	94	0	1991-99	11,7
O2 Munkedal	Bruk	0,16	91	0	1991-99	17,4
P2 Bäckefors	Bruk	0,2	92	0	1991-99	11,3
P3 Björklida	Bruk	2,7	100	100	1992-99	19,7
R2 Mullsjö	Bruk	0,32	84	0	1992-99	9,0

* Ungefärlig skattning baserad på vegetationskartering. Ej utgående från bestånd >1 m³sk/ha, år.

1.3 Flödesvägda medelhalter och arealförluster på årsbasis

En fullständig redovisning av resultat återfinns i Bilaga 1.

Generellt var vattendragen sura (pH 4,2-4,6) med låg buffertkapacitet (ANC<0,11 mekv/l) med tämligen höga halter (>0,08 mekv/l) av sulfat (SO₄) och klorid (Cl) och med betydande påverkan av humus (TOC>9 mg/l, tabell 1:2). Baskatjonerna dominerades av natrium (Na), följt av kalcium (Ca) och magnesium (Mg). De båda senare uppvisade tämligen likartade nivåer. De höga halterna av Na, Cl och Mg beror sannolikt på tillförsel av betydande mängder via deposition av havssalt. Med undantag av Pipbäcken nedre var nitralthalterna låga (<0,04 mg NO₃-N/l) i referensområdena, medan endast två av de nio brukade områdena uppvisade så låga halter under perioden 1997-99. Totalkväve- och totalfosforhalterna indikerade näringsfattiga förhållanden med medelhalter <0,9 mg Tot-N/l respektive <0,02 mg Tot-P/l.

Tabell 1:2. Intervall på årliga flödesvägda medelhalter och arealförluster under perioden 1997-99 i referensområdena respektive brukad skogsmark (ej P3 Björklida). nd= data saknas.

Variabel	Flödesvägda medelhalter			Arealförluster		
	Enhet	Referens 97-99	Brukad 97-99	Enhet	Referens 97-99	Brukad 97-99
Q				l/s,km ²	10-21	10-26
pH		4,2-4,6	4,3-5,4			
Ca	µekv/l	42-109	62-150	kg/ha,år	5,3-8,5	5,0-22
Mg	µekv/l	32-101	53-89	kg/ha,år	1,6-7,5	2,1-5,2
Na	µekv/l	102-372	124-256	kg/ha,år	11-56	12-45
K	µekv/l	6-15	10-16	kg/ha,år	1,0-4,2	1,3-5,6
NH ₄	µekv/l	1-3	1-2	kg/ha,år		
H ⁺	µekv/l	25-61	4-54	kg/ha,år	0,12-0,40	0,02-0,43
SO ₄	µekv/l	82-205	98-292	kg/ha,år	12-33	14-73
Cl	µekv/l	77-366	121-235	kg/ha,år	17-85	17-63
NO ₃	µekv/l	0-4	1-9	kg/ha,år		
ANC	µekv/l	-4-44	-69-112	kekv/ha,år	-0,03-0,28	-0,35-0,56
NH ₄ -N	µg/l	10-49	6-33	kg/ha,år	0,03-0,32	0,03-0,20
NO ₃ -N	µg/l	7-194	10-131	kg/ha,år	0,05-1,18	0,04-0,56
Org-N	µg/l	279-576	191-770	kg/ha,år	1,3-3,0	1,1-3,5
Tot-N	µg/l	323-672	279-841	kg/ha,år	1,4-4,2	1,4-4,1
PO ₄ -P	µg/l	1-2	1-3	kg/ha,år	0,005-0,010	0,004-0,010
Övr-P	µg/l	5-9	4-11	kg/ha,år	0,015-0,047	0,013-0,035
Tot-P	µg/l	4-11	5-18	kg/ha,år	0,019-0,059	0,016-0,072
KMnO ₄	mg/l	55-87	nd	kg/ha,år	363-557	nd
TOC	mg/l	12-19	9-28	kg/ha,år	61-80	27-192
Cu	µg/l	0,3-2,5	nd	g/ha,år	2-7,7	nd
Zn	µg/l	4,8-9,9	nd	g/ha,år	16-60	nd
Cd	µg/l	0,03-0,07	nd	g/ha,år	0,12-0,38	nd
Pb	µg/l	0,6-0,9	nd	g/ha,år	2,8-5,4	nd
Al_S	µg/l	192-455	276-439	kg/ha,år	1,2--2,9	0,9-1,9
Al_ICP/AAS	µg/l	178-851	381-966	kg/ha,år	1,1-5,6	1,3-4,9

Halterna av tungmetallerna koppar (Cu), zink (Zn), kadmium (Cd) och bly (Pb) låg i referensbäckarna under de nivåer där risk för biologiska skador kan uppstå (Cu<3 µg/l, Zn<20 µg/l, Cd<0,1 µg/l, Pb<1 µg/l). I Lommabäcken nedre förekom två observationer med kopparhalter >100 µg Cu/l, vilket sannolikt orsakats av provkontaminering. Inga andra vattenkemiska variabler indikerar att så höga kopparhalter faktiskt kan ha förekommit. Tungmetaller har inte analyserats i de brukade områdena.

De senaste tre årens mätningar (1997-99) har använts för att jämföra årliga flödesvägda medelhalter och arealförluster från referensområden respektive brukade områden (tabell 1:2). Resultaten visar att min- och maxvärdena för de flesta variabler varierade inom tämligen snäva gränser (max/min < 2-3 ggr). Natrium och klorid uppvisade något större variation (max/min ~ 4-5 ggr) som en konsekvens av olika påverkan av havssalt, på grund av avrinningsområdenas olika avstånd till kusten.

Oorganiskt kväve (ammonium, NH₄-N och nitrat) uppvisade mycket stora skillnader (max/min ~ 10-20 ggr, tabell 1:2), på grund av att tre områden (Pipbäcken nedre, Östad och Bäckefors) hade tämligen höga arealförluster (>0,5 kg NO₃/ha, år, tabell 1:3). Detta indikerar en ofullständig kväveassimilation och ett överskott av oorganiskt kväve i marken. Huvuddelen av kvävet lämnade dock områdena i organiskt bunden form, resulterande i totala kväveförluster på 1,4-4,2 kg Tot-N/ha, år, vilket är ett normalt intervall för svensk skogsmark. Fosforförlusterna var låga (<0,08 kg Tot-P/ha, år) och fosfor var sannolikt i hög grad bunden till metall-humuskomplex (järn, Fe och/eller aluminium, Al), indikerat av låga fosfathalter.

Tabell 1:3. Genomsnittliga arealförluster för kväve och fosfor (kg/ha, år) under hela tidsperioden (Tot, se tabell 1:1) respektive 1997-99 i respektive vattendrag. nd = data saknas.

	NH ₄ -N		NO ₃ -N		Org-N		Tot-N		Tot-P	
	Tot	97-99	Tot	97-99	Tot	97-99	Tot	97-99	Tot	97-99
<u>Referenser</u>										
Aneboda IM	0,09	0,03	0,09	0,08	1,43	1,87	1,62	1,99	nd	0,034
Bråtängsbäcken	0,06	0,06	0,23	0,16	2,14	2,96	2,43	3,18	0,05	0,052
Gårdsjön IM	0,13	0,28	0,09	0,05	1,50	1,94	1,76	2,27	0,03	0,028
Härsvatten Utfl.	0,46	nd	1,19	nd	1,32	nd	2,96	nd	0,05	nd
Lommab. Nedre	0,10	0,09	0,19	0,13	2,02	2,82	2,31	3,04	0,05	0,041
Lommab. Övre	0,20	nd	0,16	nd	1,23	nd	1,59	nd	0,03	nd
Pipbäcken Nedre	0,16	0,32	0,82	1,18	1,60	2,72	2,58	4,21	0,05	0,059
Pipbäcken Övre	0,18	nd	0,83	nd	1,69	nd	2,70	nd	0,07	nd
Ringsmobäcken	0,06	0,04	0,16	0,13	1,13	1,27	1,35	1,44	0,02	0,019
<u>Brukade</u>										
Fallabäcken	nd	0,07	nd	0,26	nd	1,57	nd	1,90	nd	0,055
Kvarnebäcken	0,05	0,05	0,20	0,23	1,15	1,16	1,40	1,44	0,01	0,016

Sågebäcken	0,13	0,11	0,49	0,44	2,39	2,53	3,00	3,07	0,04	0,049
G24 Asa	0,06	0,03	0,05	0,04	1,63	1,84	1,75	1,91	0,04	0,043
L24 Östad	0,14	0,20	0,41	0,56	0,66	1,05	1,20	1,81	0,02	0,025
O2 Munkedal	0,10	0,19	0,36	0,48	2,07	3,45	2,53	4,12	0,03	0,052
P2 Bäckefors	0,08	0,07	0,35	0,54	1,35	1,94	1,79	2,55	0,08	0,072
P3 Björklida	0,30	0,05	2,97	0,17	1,72	2,12	4,99	2,33	0,04	0,037
R2 Mullsjö	0,09	0,09	0,23	0,15	2,04	2,59	2,36	2,83	0,04	0,038

Referenser och brukade områden uppvisade tämligen små skillnader med i stort sett överlappande halt- respektive arealförlustintervall (tabell 1:2). Kalcium, sulfat, TOC och pH hade något högre maxvärden i de brukade områdena jämfört med i referenserna, medan det motsatta gällde för nitrat.

1.4 Flödesvägda medelhalter på månadsbasis

En fullständig redovisning av resultat återfinns i Bilaga 1.

För att få en bättre uppfattning av hur halterna varierar mellan referensområden och brukad skog har percentiler beräknats på flödesvägda månadshalter för hela mätperioden 1984-99 (tabell 1:4 och 1:5). Slutsatsen kvarstår att de brukade områdena hade något högre halter av kalcium, sulfat, TOC och pH, samt något lägre för nitrat. Jämför man 25- och 75-percentilerna med medianvärdet finner man att intervallet runt medianvärdet är tämligen litet med undantag för nitrat. Medianvärdet skattar följaktligen 25-75 % av observationerna relativt väl (oftast <50 % avvikelse från medianvärdet). Det innebär att medianhalterna kan användas som typvärden för normala halter i skog i centrala och västra Sydsverige. Typvärdena kan användas för att med acceptabel säkerhet skatta arealförlusterna från skog i denna del av landet. Typvärdena har förfinats ytterligare genom att precisera dem för olika årstider (mars-maj, juni-augusti, september-november) och (december-februari), tabell 1:6. För totalkväve och totalfosfor är även de säsongsmässiga medianhalterna goda approximationer för 25-75 % av observationerna, medan osäkerheten är större för nitrat. Genom att dela upp observationerna per årstid kan man följaktligen förbättra transportberäkningarna eftersom medianhalter och vattenföring varierar betydligt mellan årstiderna.

Tabell 1:4. Max-, min- och percentilvärden baserade på flödesvägda månadshalter under perioden 1984-99 för ett urval försurningsrelaterade variabler i referenser och brukade områden. n = antal observationer.

	Ca mekv/l		Na mekv/l		BC mekv/l		SO ₄ mekv/l		Cl mekv/l		ANC mekv/l	
	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk
Min	0,021	0,017	0,019	0,063	0,133	0,176	0,032	0,035	0,043	0,027	-0,221	-
5%	0,037	0,037	0,095	0,147	0,193	0,294	0,073	0,067	0,069	0,123	-0,052	-
10%	0,044	0,049	0,103	0,161	0,209	0,317	0,088	0,084	0,078	0,141	-0,039	-

												0,093
25%	0,055	0,087	0,124	0,182	0,253	0,361	0,118	0,114	0,104	0,166	-0,017	-
												0,016
50%	0,070	0,114	0,190	0,214	0,344	0,426	0,152	0,161	0,180	0,200	0,001	0,039
75%	0,091	0,149	0,255	0,258	0,441	0,501	0,183	0,219	0,269	0,252	0,025	0,081
90%	0,120	0,191	0,300	0,306	0,512	0,572	0,239	0,344	0,320	0,309	0,053	0,140
95%	0,136	0,219	0,326	0,324	0,544	0,644	0,298	0,384	0,350	0,349	0,072	0,196
Max	0,545	0,574	0,821	0,487	1,054	1,143	0,952	0,942	0,423	0,519	0,629	0,495
n	1113	604	1113	603	1113	581	1061	602	1106	602	1106	580

Skillnaden mellan referens och brukad skog är sommar och höst påtaglig för nitrat, med något lägre halter i områdena med brukad skog. Orsaken till detta kan vara att en brukad skog har större nettotillväxt än de äldre skogarna i referensområdena. Den brukade skogen kan därför assimilera mer oorganiskt kväve under växtsäsongen, det vill säga i första hand sommar och höst. För Tot-N och Tot-P finns inga påtagliga skillnader mellan skogstyperna, men man kan konstatera att halterna är högre sommar och höst. Det beror sannolikt på att evapotranspirationen är hög dessa årstider, vilket leder till en koncentration av biologiskt tämligen konservativa ämnen.

Tabell 1:5. Max-, min- och percentilvärden baserade på flödesvägda månadshalter under perioden 1984-99 för kväve, fosfor, vattenföring och pH i referenser och brukade områden. n = antal observationer.

	NO ₃ -N mg/l		Tot-N mg/l		Tot-P mg/l		Q l/s,km ²		pH	
	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk
Min	0,001	0,001	0,215	0,141	0,002	0,002	0,0	0,0	3,88	3,99
5%	0,006	0,001	0,271	0,260	0,006	0,004	0,0	0,0	4,13	4,13
10%	0,009	0,002	0,302	0,285	0,006	0,005	0,2	0,2	4,18	4,19
25%	0,017	0,010	0,349	0,348	0,008	0,006	4,0	2,9	4,28	4,35
50%	0,040	0,038	0,428	0,479	0,010	0,009	11,7	9,0	4,39	4,51
75%	0,091	0,092	0,529	0,646	0,013	0,015	22,0	19,0	4,50	5,08
90%	0,177	0,140	0,669	0,943	0,016	0,026	36,4	30,8	4,60	5,54
95%	0,217	0,202	0,804	1,234	0,021	0,043	45,4	42,2	4,70	5,79
Max	0,984	1,251	1,756	3,576	0,153	0,371	131,9	148,9	5,40	6,81
n	1107	604	1113	604	980	604	1193	644	1113	604

Tabell 1:6. Max-, min- och percentilvärden baserade på flödesvägda månadshalter under vår (mars-maj), sommar (juni-augusti), höst (september-november) och vinter (december-februari) under perioden 1984-99 för ett nitrat, totalkväve och totalfosfor i referenser och brukade områden. n = antal observationer.

	NO ₃ -N mg/l		Tot-N mg/l		Tot-P mg/l	
	Ref	Bruk	Ref	Bruk	Ref	Bruk
<u>Vår</u>						
Min	0,000	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000
5%	0,007	0,003	0,264	0,189	0,006	0,003
10%	0,012	0,006	0,285	0,233	0,006	0,004
25%	0,029	0,016	0,334	0,299	0,007	0,006
50%	0,052	0,063	0,409	0,380	0,009	0,008
75%	0,134	0,109	0,500	0,521	0,012	0,012
90%	0,211	0,168	0,613	0,748	0,016	0,018
95%	0,255	0,317	0,670	0,837	0,017	0,028
Max	0,391	1,251	1,321	2,593	0,034	0,058
n	298	159	298	159	263	159
<u>Sommar</u>						
Min	0,000	0,000	0,219	0,000	0,000	0,000
5%	0,003	0,000	0,277	0,000	0,006	0,000
10%	0,005	0,000	0,314	0,000	0,007	0,000
25%	0,009	0,001	0,376	0,283	0,009	0,006
50%	0,015	0,003	0,476	0,557	0,011	0,014
75%	0,037	0,018	0,646	0,744	0,016	0,022
90%	0,132	0,042	0,859	1,227	0,022	0,039
95%	0,177	0,059	1,038	1,801	0,032	0,080
Max	0,984	0,213	1,756	3,576	0,153	0,148
n	227	156	227	156	203	156
<u>Höst</u>						
Min	0,000	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000
5%	0,005	0,001	0,278	0,260	0,006	0,004
10%	0,008	0,001	0,308	0,304	0,006	0,005
25%	0,014	0,003	0,358	0,405	0,008	0,007
50%	0,024	0,021	0,439	0,531	0,011	0,011
75%	0,053	0,055	0,521	0,693	0,013	0,016
90%	0,113	0,097	0,640	0,992	0,017	0,025
95%	0,142	0,137	0,786	1,235	0,022	0,050
Max	0,193	0,368	1,615	1,656	0,061	0,371
n	294	161	294	161	263	161
<u>Vinter</u>						
Min	0,001	0,000	0,215	0,000	0,002	0,000
5%	0,011	0,011	0,269	0,267	0,005	0,003
10%	0,020	0,017	0,304	0,285	0,006	0,004
25%	0,039	0,041	0,346	0,331	0,007	0,005
50%	0,065	0,082	0,411	0,412	0,008	0,007
75%	0,141	0,123	0,509	0,555	0,011	0,010
90%	0,196	0,182	0,625	0,709	0,013	0,014
95%	0,254	0,242	0,687	0,799	0,015	0,021
Max	0,465	0,691	1,024	1,662	0,030	0,167
n	294	168	294	168	258	168

2. Långsiktiga trender i nederbörd och avrinning

2.1 Statistiska bearbetningar

Trendanalyser har utförts på flödesvägda månadsvisa halter med en icke-parametrisk metod (Mann-Kendall). Resultaten redovisas dels på årsbas och dels på månadsbas. Linjär regression har använts för att beräkna hur mycket halterna ökat alternativt minskat i de fall där statistiskt säkerställd trend ($p < 0,05$) påvisats under tidsperioden. Trendanalyserna har utförts på tidsserier som startade under perioden 1984-86 och som pågått fram till och med 1999 (tabell 1:1).

Motsvarande statistiska bearbetningar har även utförts på nedfallet (månatliga halter och deposition) över öppet fält och i krondropp vid tre mätstationer (Hensbacka, Jakobsbyn-Ödegård och Ösjö, figur 1:1) under perioden oktober 1989 till september 1999. Analyserna har även utförts på den flödesvägda årsmedelhalten av SO_4 , NO_3 , NH_4 och H^+ i deposition på öppet fält i Mellansverige under perioden 1985-99 (medelvärde för 6 mätstationer, data från MISU och IVL).

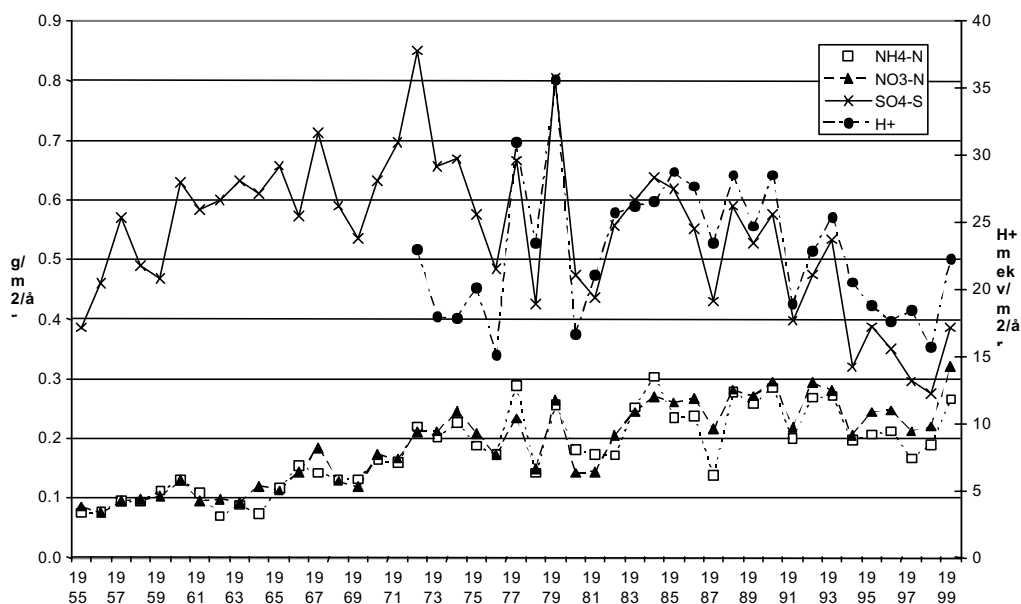
2.2 Nederbördskemiska förändringar över tiden

Figur 2:1 visar medeldepositionen på öppet fält av svavel, kväve och vätejoner över Mellansverige sedan 1955. Den långsiktiga utvecklingen kan antas ha varit likartad i resten av landet, men på andra nivåer beroende på var man gör jämförelsen. Svaveldepositionen är idag på samma nivå som i början på 1950-talet efter att ha varit mycket hög under 1970- och 80-talen. Vätejondepositionen uppvisar en likartad bild som sulfat. Kvävedepositionen ökade till i mitten på 1980-talet för att därefter ha varit tämligen konstant.

Utgår man från de flödesvägda årsmedelhalterna i depositionen, men begränsar tidsperioden till 1985-99 det vill säga samma tidsperiod som det föreligger data från vattendragen, finner man att nederbördsmängden och pH statistiskt signifikant ($p < 0,05$) ökat under perioden medan sulfat- och vätejonhalterna minskat (tabell 2:1). Även om man tittar på de övriga tre nedfallsstationerna är trenden densamma på öppet fält under perioden 1989-99 (tabell 2:1). Vid dessa stationer har även Na, Cl och Mg minskat, vilket indikerar att inflytandet från havet varit lägre under slutet av 90-talet. Trenderna förefaller vara likartade med avseende på halterna i krondropp för de variabler som analyserats (tabell 2:1).

Görs motsvarande trendanalys på depositionen (kg/ha, år) kvarstår statistiskt signifikant minskande trender för sulfat och vätejoner i krondropp, medan den på öppet fält endast kan registreras för sulfat i Ösjö. Dessutom har depositionen av Ca på öppet fält ökat vid samtliga tre mätstationer. För kvävedepositionen framträder ingen entydig bild.

Utgående från ovanstående analys kan konstateras att det under den period då vatten-
 dragen studerats, 1985-99, har svavel- och vätejondepositionen påtagligt minskat, me-
 dan depositionen av kalcium ökat. Den ökade kalciumdepositionen förklaras av ökade
 nederbördsmängder. Denna nederbörd har varit mindre påverkad av havssalter under
 den senare delen av tidsperioden, vilket minskat Na-, Cl- och Mg-halterna. Kvävede-
 positionen har inte förändrats under perioden.



Figur 2:1. Medeldepositionen på öppet fält av svavel, kväve och vätejoner över Mellansverige sedan 1955. Data från MISU(1955-1990) och IVL (1990-1999).

Tabell 2:1. Statistiskt signifikanta trender (p<0,05) för flödesvägda medelhalter i nederbörd på öppet fält och i krondropp vid tre mätstationer i sydvästra Sverige under perioden 1989-99 samt på öppet fält i Mellansverige (data från MISU och IVL) under perioden 1985-99. nd = data saknas; + = ökande värden; - = minskande värden; + = p<0,05; ++ = p<0,01; +++ = p<0,001.

	Mellansveri-	Hensbacka*		Ödegård*		Ösjö*	
	ge Öppet f.	Öppet f.	Krondr.	Öppet f.	Krondr.	Öppet f.	Krondr.
Nederbörd (mm)	++	+	+	+	+		
pH	+++	++	++	+	++	++	++
H+ (mekv/l)	---	--	--	-	--	--	--
Ca (mekv/l)	nd		nd		nd		nd
Mg (mekv/l)	nd	-	nd	-	nd	-	nd
Na (mekv/l)	nd	--	nd	-	nd	--	nd
K (mekv/l)	nd		nd	--	nd		nd
NH4-N (mekv/l)		-			--		-
SO4 (mekv/l)	---	--	--	--	--	--	--
Cl (mekv/l)	nd	-	--	--	--	--	-
NO3-N (mekv/l)				-	--		-

*Oktober 1989 till september 1999.

Tabell 2:2. Statistiskt signifikanta trender (p<0,05) för medeldepositionen på öppet fält och i krondropp vid tre mätstationer i sydvästra Sverige under perioden 1989-99. nd = data saknas; + = ökande värden; - = minskande värden; + = p<0,05; ++ = p<0,01; +++ = p<0,001.

	Hensbacka*		Ödegård*		Ösjö*	
	Öppet fält	Krondropp	Öppet fält	Krondropp	Öppet fält	Krondropp
Nederbörd (mm)	+	+	+	+		
H+ (kg/ha, år)		-		--		--
Ca (kg/ha, år)	+	nd	++	nd	+	nd
Mg (kg/ha, år)		nd		nd		nd
Na (kg/ha, år)		nd		nd		nd
K (kg/ha, år)		nd		nd		nd
NH4-N (kg/ha, år)			-			
SO4 (kg/ha, år)		-		--	-	--
Cl (kg/ha, år)						
NO3-N (kg/ha, år)			--			-

*Oktober 1989 till september 1999.

2.3 Vattenkemiska förändringar över tiden

Trendanalyserna har enbart kunnat utföras på sex vattendrag från referensområdena. Tidserierna är ännu så länge för korta i de brukade områdena. Analyserna visar att det inte finns några statistiskt signifikanta trender mellan åren med avseende på avrinningen (tabell 2:3). Däremot förefaller pH och ANC ha ökat i fyra respektive fem av de sex

vattendragen. Ett oförändrat pH vid ökad ANC kan förklaras antingen av ett ökat koldioxidtryck ($p\text{CO}_2$) eller en högre halt starka organiska syror i vattenmassan. Organiskt material, mätt som KMnO_4 -förbrukning, har ökat i tre av fyra vattendrag för vilka data finns tillgängliga. Detta indikerar att det är den ökade tillförseln av organiskt material som orsakad den uteblivna pH-ökningen i de två vattendrag där pH ej ökat. ANC-ökningen är med stor sannolikhet också kopplad till de ökade halterna organiskt material (andelen organiska anjoner ökar), men har givetvis även påverkats av de minskade sulfathalterna i vattendragen. Samtliga vattendrag uppvisar statistiskt signifikant minskade sulfathalter, med stor säkerhet kopplad till den minskade depositionen av svavel (se Kap. 2.2). Effekten av den minskade sulfathalten på ANC har dock delvis uppvägs i fyra vattendrag på grund av minskade kalciumhalter (tabell 2:3).

Organiskt bundet kväve har ökat i samtliga vattendrag som haft mätningar av denna variabel (tabell 2:3). Detta har lett till att även Tot-N ökat i samtliga vattendrag förutom i Ringsmobäcken och Gårdsjön där minskande nitrathalter motverkat ökningen i Tot-N. De ökade halterna Org-N är sannolikt en konsekvens av högre humushalter. Fosfor uppvisar inga entydiga förändringar över tiden.

Av metallerna uppvisar koppar och zink minskande halter i samtliga vattendrag där variablerna analyserats (tabell 2:3), men trenden är något osäker på grund av metodförändringar (se avsnitt 2.4). Zink, men inte koppar, uppvisar minskande halter i nederbörden i sydvästra Sverige, vilket i kombination med minskad syrabelastning (lösligheten för Zn minskar med ökande pH, Lydersen & Löfgren, 2000) troligtvis kan förklara zinktrenden. Koppar binds hårt till humus (op. cit.). En ökad tillförsel av kopparfattigt organiskt material (humus) leder till sänkta halter men eventuellt en ökad transport. Koppartransporten var högre i 4 av 6 vattendrag under 1997-99 jämfört med under hela mätperioden 1985-99. Detta indikerar att tillförsel av kopparfattig humus är orsaken till de minskade kopparhalterna.

En analys av när under året som trenderna varit mest uttalade (tabell 2:4) visar att pH och ANC ökat framförallt vinter och vår. Organiskt material respektive sulfat och zink har ökat respektive minskat under i stort sett hela året, medan organiskt bundet kväve ökat främst vår och höst. Koppar har ökat i första hand höst och vinter. Eftersom halten Org-N ökat medan Cu minskat är det troligt att dessa ämnen härstammar från organiskt material av olika ursprung. Andelen oorganiskt Cu kan eventuellt ha minskat successivt, men detta är inte särskilt troligt eftersom Cu-nedfallet inte förändrats under mätperioden. Huvuddelen av den koppar som frigörs från marken är sannolikt organiskt bunden.

Förändringarna har följaktligen varit mest uttalade under höst, vinter och vår då grundvattenståndet normalt är högt, men mycket variabelt. Huvuddelen av ytvattnet har sitt ursprung ur olika ytliga markprofiler under sådana förhållanden, vilket indikerar att det i huvudsak är de ytliga markprofilerna som är involverade i de förändringar som påvisats.

Tabell 2:3. Statistiskt signifikanta vattenkemiska förändringar över tiden (årsvisa trender, Mann-Kendall, $p < 0,05$) från sex vattendrag ej påverkade av skogsbruk i sydvästra Sverige under perioden 1985-99. nd = data saknas; + = ökande värden; - = minskande värden; + = $p < 0,05$; ++ = $p < 0,01$; +++ = $p < 0,001$.

Variabel	Aneboda IM*	Gårdsjön IM**	Bråtängs- bäcken	Lommabäcken Nedre	Pipbäcken Nedre	Ringsmo- bäcken
Q (l/s,km ²)						
pH		+	++	++		+
Ca (mekv/l)		-	--	--	-	
Mg (mekv/l)			--	--		
Na (mekv/l)						
K (mekv/l)						
SO ₄ (mekv/l)	-	--	---	---	--	--
Cl (mekv/l)						
ANC (mekv/l)	+	+	+	+	+	
NH ₄ -N (mg/l)		++		-	+	
NO ₃ -N (mg/l)					++	-
Org-N (mg/l)	+	+	+	++	+	+
Tot-N (mg/l)	+		+	+	++	
PO ₄ -P (mg/l)	nd	nd				
Tot-P (mg/l)	nd	nd		-		-
KMnO ₄ (mg/l)	nd	nd	+++	++	+	
Al org	nd	+	nd	nd	nd	nd
Al oorg	nd		nd	nd	nd	nd
Al tot			nd	nd	nd	nd
Cu (µg/l)	nd	nd	---	---	-	-
Zn (µg/l)	nd	nd	--	---	-	-
Cd (µg/l)	nd	nd			nd	nd
Pb (µg/l)	nd	nd			nd	nd

* Ej 1995 och 1996

** 1986-99, för org-N 1989-99

Tabell 2:4. Statistiskt signifikanta vattenkemiska förändringar över tiden (månadsvisa trender, Mann-Kendall, $p < 0,05$) från fem vattendrag ej påverkade av skogsbruk i sydvästra Sverige under perioden 1985-99. nd = data saknas; + = ökande värden; - = minskande värden; + = $p < 0,05$; ++ = $p < 0,01$; +++ = $p < 0,001$.

Variabel	Vattendrag	Månad											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANC (mekv/l)	Aneboda IM	+						+	+	+			+
	Brätängsbäcken				+	+	+						
	Lommab. N:e				+	+	+						+
	Gårdsjön IM	++	++	+			+			+	+	+	++
	Pipbäcken N:e	+				+							
	Ringsmobäcken	+											
pH	Aneboda IM										+		
	Brätängsbäcken				++								+
	Lommab. N:e			+	++	+	+	+	+	+			++
	Gårdsjön IM												
	Pipbäcken N:e	++	+										
	Ringsmobäcken		+	+					+				
SO ₄ (mekv/l)	Aneboda IM		-		-								
	Brätängsbäcken	-	-	--	---	--	---	--	-		-	-	-
	Lommab. N:e	-	--		---	--	---	-	-	-		--	--
	Gårdsjön IM	---	---	---	---	---	---					---	---
	Pipbäcken N:e	-	-		-	--	--	-				-	-
	Ringsmobäcken	-		--	-							--	-
KMnO ₄ (mg/l)	Aneboda IM	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Brätängsbäcken	++	+	+	++	+++	++	++	+		+	+++	+++
	Lommab. N:e	+		+	++	+++	++	+	+			++	++
	Gårdsjön IM	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pipbäcken N:e	+	+				++					+	+
	Ringsmobäcken										+	+	
Org-N (mg/l)	Aneboda IM						+	+			+		+
	Brätängsbäcken				++	+		+					
	Lommab. N:e				++	++	+						
	Gårdsjön IM		+	+	+	+	+	+	+	+			
	Pipbäcken N:e						++	+			++	+	
	Ringsmobäcken					+				++	++	+	
Cu (µg/l)	Aneboda IM	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Brätängsbäcken	-					-				-	---	--
	Lommab. N:e	--	---		--		-		-			-	-
	Gårdsjön IM	--	---	--	--	---	-	-			-	--	--
	Pipbäcken N:e						--				--	-	
	Ringsmobäcken	-	--						-				-
Zn (µg/l)	Aneboda IM	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Brätängsbäcken	-	-	--	--	-	-	-			-	--	--
	Lommab. N:e	--	--	---	--	-	---	-		-	---	--	--
	Gårdsjön IM	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pipbäcken N:e						--	-				--	-
	Ringsmobäcken	--	--	-							-	-	-
Q (l/s, km ²)	Aneboda IM					-							
	Brätängsbäcken									-	+		
	Lommab. N:e		++	+						-	+		
	Gårdsjön IM											-	
	Pipbäcken N:e												
	Ringsmobäcken									-			

Tabell 2:5. Statistiskt signifikanta vattenkemiska förändringar över tiden (linjär regression på flödesvägda medelvärden, $p < 0,05$) från fem vattendrag ej påverkade av skogsbruk i sydvästra Sverige under perioden 1985-99. nd = data saknas.

Variabel	Aneboda IM*	Bråtängs- bäcken	Lommabäcken Nedre	Pipbäcken Nedre	Ringsmo- bäcken
pH (enhet/år)		+0,01	+0,01		+0,01
Ca (mekv/l, år)		-0,003	-0,002	-0,001	
Mg (mekv/l, år)		-0,001	-0,001		
SO ₄ (mekv/l, år)	-0,007	-0,005	-0,005	-0,003	-0,003
ANC (mekv/l, år)	+0,002	+0,001	+0,001	+0,002	
Org-N (mg/l, år)	+0,015	+0,013	+0,011	+0,015	+0,009
Tot-N (mg/l, år)	+0,011	+0,011	+0,008	+0,022	
KMnO ₄ (mg/l, år)	nd	2,0	1,6	2,5	
Cu (µg/l, år)	nd	(-0,08)	(-0,02)	(-0,09)	(-0,42)
Zn (µg/l, år)	nd	(-0,36)	(-0,44)	(-0,30)	(-0,57)

* Ej 1995 och 1996

2.4 Storleken på de vattenkemiska förändringarna

Storleken på de vattenkemiska förändringarna över tiden framgår av tabell 2:5 för de variabler där den samlade bilden tyder på att trenden beskriver ett mer generellt mönster. Det är dessutom viktigt att poängtera att resultaten baseras på data från opåverkade vattendrag utan inverkan av skogsbruk. Ännu saknas tillräckligt långa tidsserier från skogsbrukspåverkade vattendrag.

Vattendragens pH-värde har ökat med ca en hundraedels pH-enhet per år, vilket medför ett ökat pH med drygt 0,15 enheter under hela tidsperioden. Buffertkapaciteten, mätt som ANC, har ökat med 1-2 µekv/l, år. Orsaken till dessa ökningarna är sannolikt i första hand de minskade sulfathalterna (3-7 µekv/l, år) även om detta motverkats av minskade Ca- och Mg-halter (1-3 µekv/l, år). De ökade halterna organiskt material (1,6-2,5 mg KMnO₄/l, år) i kombination med högre pH indikerar att ANC även kan ha ökat på grund av högre halter organiska anjoner. I Tiveden (Bråtängs- och Lommabäcken) och Berg (Pipbäcken) var det dock balans mellan ANC, baskatjoner och sulfat, vilket antyder att de organiska anjonerna haft liten betydelse för de tidsmässiga förändringarna i ANC.

Den ökade tillförseln av organiskt material har lett till att förlusterna av Org-N och Tot-N ökat med tiden (9-15 µg Org-N/l, år respektive 8-22 µg Tot-N/l, år). Dessa förändringar innebär att halterna ökat med upp till 0,22 mg Org-N/l och 0,3 mg Tot-N/l under hela tidsperioden. Jämfört med 90-percentilen för referensområdena (tabell 1:5) är detta en ökning med upp till 45 % för Tot-N. Vid oförändrad nederbörd och avrinning skulle följaktligen läckaget av organiskt bundet kväve från skogsmark ha ökat betydligt, vilket även framgår av jämförelserna mellan hela mätperioden jämfört med de senaste tre åren (tabell 1:3).

Koppar och zink har minskat med 0,02-0,09 µg Cu/l,år respektive 0,3-0,6 µg Zn/l, år, vilket måste betraktas som betydande reduktioner med tanke på de medelhalter som uppmätts (tabell 1:2). Lutningskoefficienterna (linjär regression) för dessa metaller är dock osäkra på grund av att de påverkas av ett begränsat antal höga värden i början på

tidsserien. Om detta beror på förbättrad provtagnings- och analysmetodik eller om det är så att frekvensen med påtagligt höga värden faktiskt minskat med tiden är osäkert. Värdet på dessa haltminskningar är därför tveksamt, vilket gör att de satts inom parentes. Däremot påverkas inte den icke-parametriska trendtesten (Mann-Kendall) av dessa tämligen få höga mätvärden.

2.5 Skogsbrukets inverkan på vattenkemin

Av det som framgått tidigare är det svårt att för de 18 studerade områdena påvisa några påtagliga skillnader i vattenkemi och arealförluster mellan referensområden och brukade skogsområden. På motsvarande sätt är det svårt att se några tydliga geografiska mönster om man undantar de variabler som påverkas av deposition av havssalt.

Orsaken till att skillnaden mellan brukade och obrukade områden inte går att tydligt påvisa är att åtgärder som kalavverkningar bara berör en liten del, oftast <10 % av avrinningsområdet vid en given tidpunkt. Dessutom är det oftast mer än tio år sedan kalavverkningar utfördes i flertalet av de undersökta områdena i denna studie. Teoretiskt måste till exempel förlusterna av kväve från ett avrinningsområde, där 10 % av ytan avverkats öka från 2 kg N/ha, år i opåverkade ytor till 11 kg N/ha, år i avverkade ytor för att arealförlusterna ut ur området skall dubbleras till 4 kg N/ha. Problemet är dock att även vissa referensytor läcker 4 kg N/ha, år. Utan långa tidsserier, som börjar innan åtgärderna utförts och uppvisar en uppåtgående trend i relation till avverkningarnas omfattning, uppstår problem med tolkningarna. De avverkade ytorna måste därför följas under lång tid, alternativt läcka betydligt mer än 11 kg N/ha och år eller utgöra en större andel av avrinningsområdet, för att effekten av den enskilda åtgärden ska kunna påvisas.

Metodiken för att följa till exempel näringsläckaget från brukad skog i Naturvårdsverkets Handbok för Miljöövervakning bygger på att långa tidsserier tillskapas för hela avrinningsområdet och att man i delområden där åtgärder utförs (stor andel av arealen påverkas av åtgärder) på något sätt följer upp deras effekter. De tre områden som ingår i den regionala övervakningen (Fallabäcken, Kvarnebäcken och Sågebäcken) saknar långa tidsserier och specialstudier av de områden som påverkats av skogsbruksåtgärder under mätperioden. Man skall därför inte förvänta att resultaten från dessa ännu kan påvisa skogsbrukets inverkan på vattenkemin. För det krävs längre tidsserier och helst kompletterande mätningar i brukade områden. Resultaten från undersökningarna av de tre brukade områdena redovisas och diskuteras närmare i avsnitt 3.4.

Övervakning av avrinning från brukad skogsmark är dock inte på något sätt av obetydligt värde eftersom man med hittills uppnådda tidsserier kan visa att ämnesflödena inte påtagligt avviker från den naturliga variationen i referensområden. Denna kunskap är viktig för att påvisa att skogsbruket, med den areella omfattning och de metoder som används idag, inte allvarligt påverkar vattenkemin negativt i det korta tidsperspektivet i avrinningsområden av några km² storlek. Om skillnaderna i skogstillstånd varit stora mellan brukade och obrukade områden hade skogsbruket haft en tydligare påverkan. Så är uppenbarligen inte fallet så länge åtgärderna inte omfattar en stor andel av arealen. Istället kan man konstatera att om avverkningarna inte omfattar mer än 10 % av avrinningsområdets areal kommer vattenkemin att i stort sett ligga inom den naturliga variationen i opåverkade områden. Däremot finns det mindre ytor inom avrinningsområdet som har betydligt större påverkan. Summan av all den påverkan ger trots allt ett kvantitativt betydelsefullt bidrag till tillförseln av till exempel kväve till ytvatten sett över större arealer (se avsnitt 3.3).

Långsiktigt är det viktigt att övervaka att utlakningen av oorganiskt kväve från hyggen inte ökar med tiden på grund av fortsatt upplagring av kväve i skogsmarken. Även effekten av tillväxt och skörd av skog på markens syra-bas status, som i sin tur påverkar avrinningens surhetsgrad, är viktig att bevaka med hjälp av tidsserier. Av speciellt intresse är att studera om återhämtning från försurning, när depositionen minskar, sker annorlunda i brukade områden jämfört med områden utan skogsbruk.

3. Faktorer som påverkar utlakningen från skogsmark

3.1 Introduktion

3.1.1 Avrinningens kemi

Vattenkemin i avrinningen från skogsmark är ett resultat av ett flöde av negativa joner genom marken som för med sig motsvarande ekvivalenta mängd av positiva joner, eller katjoner. Katjonerna i naturvatten domineras av vätejoner, aluminium, kalcium, magnesium, natrium och kalium. Negativa joner, eller anjoner, domineras i sura vatten av sulfat, klorid, nitrat och organiska anjoner. Anjonerna, i synnerhet sulfat, klorid och nitrat, är mer lätttrörliga i markprofilen än katjonerna. Det gör att flödet av anjoner bestämmer storleken på katjonflödet. Flödet av joner genom marken drivs av nederbörden som kan påverka både halter och arealförluster av olika ämnen. Fördelningen av olika katjoner som följer med anjonerna genom markprofilen bestäms till stor del av mineraljordens kemiska egenskaper. Sura jordar ger en hög andel vätejoner och aluminium i avrinningen och marker med stort basinnehåll ger ett stort bidrag av baskatjoner.

3.1.2 Källor till anjonflödet i avrinningen

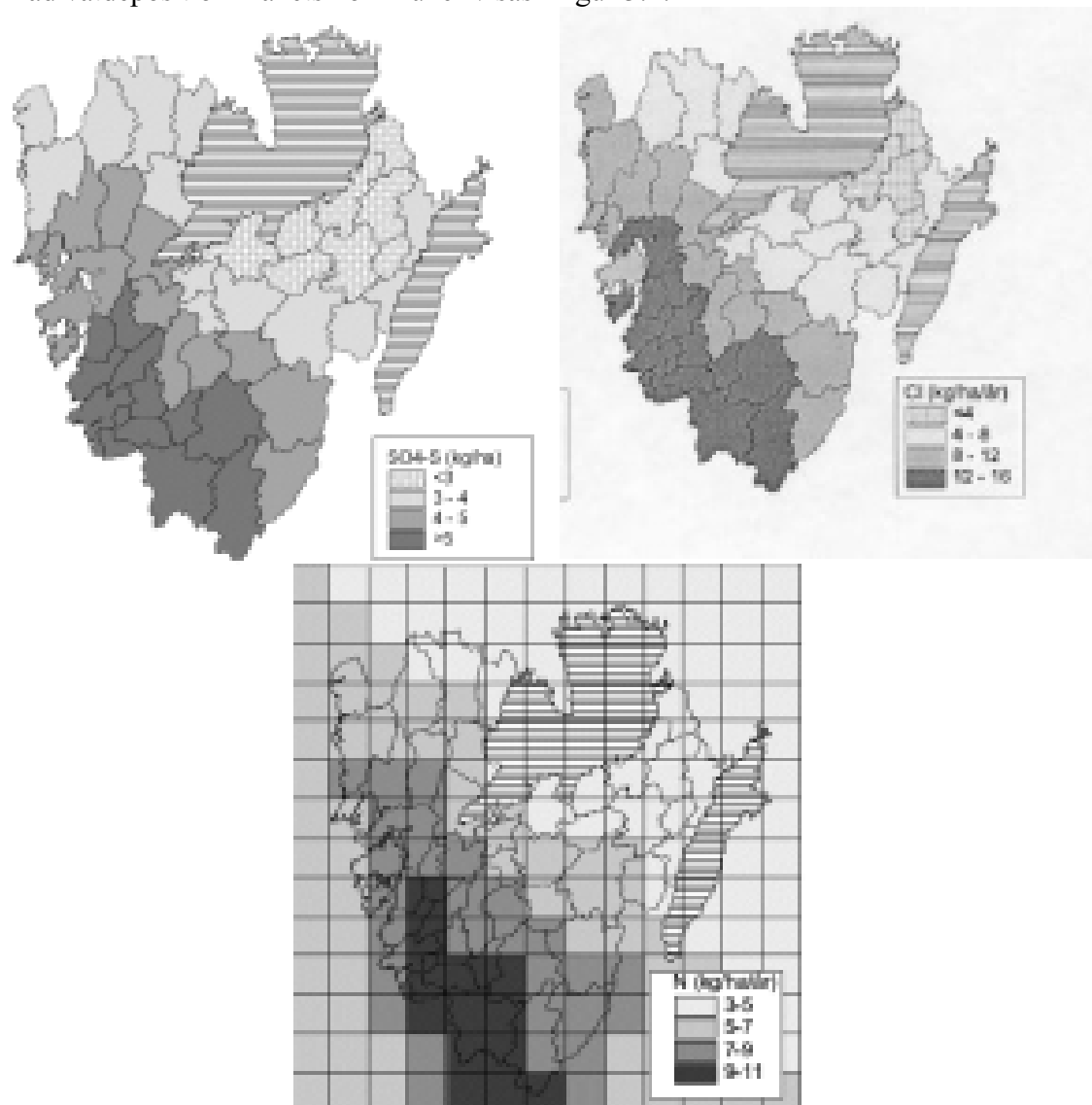
Huvuddelen av anjonerna i avrinningen tillförs genom atmosfärisk deposition av sulfat och klorid i sydvästra Sverige. Sulfat har både en naturlig komponent (främst havssaltets svavelinnehåll) samt en del som huvudsakligen kommer från utsläpp av svaveldioxid (som bildar svavelsyra i atmosfären). Utsläppen av svavel, och depositionen, har minskat successivt under de senaste tio åren, vilket gör att ett långtidsmedelvärde är betydligt högre än den nuvarande belastningen. Vid sidan om depositionen tillförs även betydande mängder sulfat via mineralisering av organiskt bundet svavel och vidare oxidation till sulfat i markens organogena skikt. Denna process har visats kvantitativt betydelsefull både i Gårdsjön och Aneboda, och fördröjer återhämtningen från markförsurning (Mörth m. fl. 1999; Löfgren m. fl. 2000). Motsvarande effekt har även sulfatdesorption från markernas B-horisont, vilket är en annan betydelsefull källa nu när depositionen minskat påtagligt (Karlton 1995).

Kloriddepositionen domineras kraftigt av havssalt som huvudsakligen består av natrium och klorid, men även många andra joner i mindre mängder. Depositionen av havssalt varierar kraftigt mellan månader och år beroende på väderleksförhållandena. Ofta är det vinterstormar som ger upphov till kraftig deposition med en gradient från kusten och inåt landet. Havssalt är svagt basiskt och orsakar ingen långsiktig försurning av marken, men kan ge upphov till tillfällig försurning av markvattnet genom jonbyte i sura skogsjordar. Sådana tillfälliga surstötter kan dock ge allvarliga biologiska effekter i mindre vattendrag.

Flödet av nitrat styrs inte direkt av depositionen av oorganiskt kväve eftersom det är ett begärligt näringsämne som utnyttjas av växter och andra organismer även i områden med kraftigt förhöjd deposition. I synnerhet växande skog har en mycket stor kapacitet att utnyttja kväve på ett effektivt sätt så att utlakningen till ytvatten blir mycket liten i förhållande till depositionen. Oorganiskt kväve som trots allt finns i avrinningen kommer huvudsakligen från nedbrytning av organiskt material och nitrifikation i synnerhet under vinterperioden. Nitrifikation är en försurande process som kan öka syratillskottet

till avrinningen. Nedbrytningen av organiskt material ger även upphov till en utlakning av organiskt kväve som normalt dominerar flödet av kväve från mark till vatten. Förhöjd utlakning av nitrat förekommer främst från kalavverkad skog där vegetationen är sparsam under flera år. I vissa fall kan förhöjd utlakning noteras från produktiv skogsmark, sannolikt beroende på någon form av störning av skogsträdens tillväxt. Västra Götalands län har sannolikt inga större områden med avsevärt förhöjd utlakning av nitrat från växande skog, baserat på undersökningar av markvatten (Hallgren m. fl., 1997) och de skogsbäckar som ingår i denna studie.

De depositionsgradienter i Västra Götalands län som använts i denna studie är hämtade från 1997. Det är det senaste året som har både data från regionala mätningar i skogsytor (Akselsson, 2000) och modellberäkningar utförda av SMHI. Variationen i beräknad våtdeposition i länets kommuner visas i figur 3:1.



Figur 3:1. Våtdeposition av svavel, klorid och oorganiskt kväve i Västra Götalands län. Data från MATCH-modellen (SMHI).

Depositionen av svavel, kväve och havssalter kommer dels med nederbörden och dels som torrdeposition. Nederbördens bidrag är lika stort på alla ytor inom ett begränsat område, men torrdepositionen varierar med vegetationens partikel- och gasupptagande förmåga.

Depositionsgradienterna som visas i kartorna kommer sannolikt att vara representativa för den kommande tioårsperioden. Utsläppen av svavel i Europa, som påverkar Sverige, kommer att minska något ytterligare fram till år 2010. Även kväveutsläppen kommer att minska om avtalade åtgärder genomförs. Depositionen av havssalt, som kan visas med kloriddepositionen, har en stor mellanårsvariation, men 1997 var ett relativt genomsnittligt år (se även avsnitt 3.2.2).

Utlakningen av organiska anjoner styrs av vattenflöde, mängden organiskt material (organiska syror) i marken och surhetsgraden. Vid minskad surhet ökar andelen anjoner i förhållande till mängden organiska syror. Ytvatten med pH över 5,4 har även anjoner i form av vätekarbonat (alkalinitet), men samtliga undersökta vattendrag i skog som ligger till grund för denna studie saknade alkalinitet under en stor del av året.

3.1.3 Skogsbrukets påverkan på anjonflödet i avrinningen samt markens förråd av utbytbara ämnen

Vattnet i en skogsbäck är en spegel av förhållandena i avrinningsområdet. Områdets deposition, geologi och hydrologi ger grundförutsättningarna för avrinningens kvalitet. Växtsamhället i skogen påverkar flödet av ämnen mellan mark och vatten på olika sätt. Det är framför allt påverkan på flödet av anjoner och på fördelningen av olika katjoner i marken som kan göra att olika typer av skog kan ge avrinningskemi med varierande karaktär.

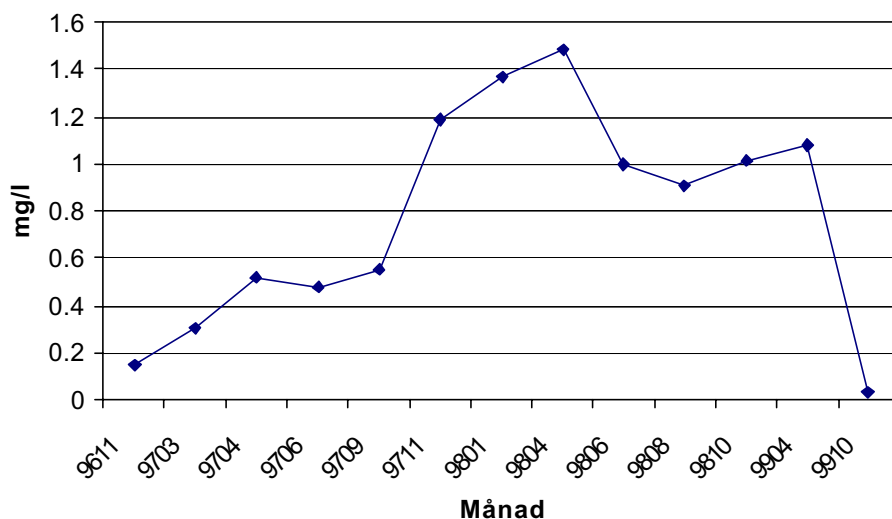
Trädslag och åldersfördelning påverkar torrdepositionens storlek genom att grenverk, blad och barr fångar in torrdeposition olika effektivt. Mest effektiv är äldre granskog som har stor Barryta. Minst effektiv är lågväxt lövskog som dessutom inte har något lövverk under vintern när halterna i luften av gaser och partiklar är förhöjd. Kalhyggen tar i stort sett bara emot nederbördens bidrag. Trädslagsval och trädåldern kan därför påverka anjonflödena inom ett mindre område, men den genomsnittliga effekten av en trädslagsförändring i ett större område, som ett helt län, är sannolikt begränsad under en kortare tidsperiod (<25 år).

Den brukade skogens tillväxt och skörd förbrukar baskatjoner i marken och om uttaget tillsammans med utlakningen överskrider tillförseln via deposition och vittring sker en försurning av marken. Även uppbyggnad av organiskt material i marken i främst barrskogar kan ge en surare mark och lägre basmättnadsgrad. Med minskande deposition av försurande luftföroreningar kommer skogsbruket att bli allt viktigare för markens långsiktiga utveckling. Vid en försurning av marken kommer fördelningen mellan katjoner att förskjutas så att aciditeten i avrinningsvattnet ökar under kortare eller längre perioder.

Nitrifikation på kalhyggen ökar anjonflödet genom ett tillskott av nitrat till avrinningen. Storleken på utlakningen samvarierar med depositionsgradienten för kväve, som i sin tur samvarierar med kväveförrådets storlek i marken. Flera studier har påvisat ett karakteristiskt utlakningsförlopp (figur 3:2) av nitrat efter kalavverkning i södra Sverige (Örlander m. fl., 1997; Westling & Örlander, 1999). Utlakningen kulminerar efter ca två

år för att sedan klinga av under ytterligare två till fyra år. I genomsnitt bedöms hyggen i södra Sverige (gran och tallskog) ha en förhöjd utlakning av nitrat under fem år.

Att den förhöjda utlakningen upphör beror främst på att hyggesvegetationen blir så omfattande (främst smalbladiga gräs) att tillgängligt kväve tas upp i växterna.



Figur 3:2. Halter av nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) i markvatten på 50 cm mellan 1996 och 1999 på ett hygge i Asa, Kronobergs län, där avverkning utfördes 1996. Medelvärde av 12 provpunkter.

Övriga åtgärder inom skogsbruket bedöms med dagens kunskap vara av mindre betydelse för kvaliteten på avrinnande vatten. Markberedning, röjning, gallring, skyddsdikning och övriga dikningar har antingen liten omfattning i Västra Götalands län eller så är effekterna relativt små och kortvariga. Kunskapen är bristfällig om effekten av anläggande av skogsbilvägar, samt av körningar och markskador i samband med avverkningar och annan skogsskötsel. Olämpliga körningar med kraftig spårbildning i fuktiga och blöta marker kan påverka både hydrologi och vattenkemi kraftigt. Det är dock svårt att generalisera och kvantifiera effekterna.

3.2 Skogsbrukets inverkan på avrinningen i Västra Götalands län - beräkningsmetoder

Beskrivningen av skogsbrukets påverkan på deposition och avrinning i tidigare avsnitt kan utnyttjas för att uppskatta storleksordningen av effekterna på avrinningens kemi. Metoder för detta är under utveckling inom de båda MISTRA programmen SUFOR (forskning kring uthålligt skogsbruk i södra Sverige) och ASTA (forskning kring effekter och åtgärder av gränsöverskridande luftföroreningar). Beräkningarna kräver tillgång till skoglig statistik och för större områden kan den inhämtas från Riksskogstaxeringen. Riksskogstaxeringens stickprov ger en tillförlitlig statistik på länsnivå och med viss försiktighet kan även kommunnivå användas. Osäkerheten är störst i små kommuner eller kommuner med liten andel skogsmark. Beräkningar på kommunnivå kan dock ge en uppfattning om regionala skillnader i länet, men data från enskilda kommuner får användas med viss försiktighet. Redovisningen av beräkningarna i denna studie utnyttjar även i vissa fall en indelning av Västra Götalands län som följer den tidigare länsindel-

ningen, samt med gamla Älvsborgs län uppdelat på Dalsland och Västra Götaland. Det beror bland annat på att lättillgänglig skoglig statistik fortfarande har den uppdelningen eftersom Västra Götalands län är en för stor enhet jämfört med andra län i södra Sverige.

Tabell 3:1 beskriver de variabler som använts som underlag för beräkningarna av arealförluster (utlakning) från skogsmark i en kommun. Utlakningen av olika ämnen från marken bestämmer kemin i avrinningen och halterna är på olika sätt beroende av avrinningsmängd (se avsnitt 3.4). Resultaten redovisas som genomsnittliga arealförluster av olika ämnen uppdelat på olika skogstyper (trädslag) samt kalhyggen och övrig skog i kommunen. Samtliga kommuner i Västra Götaland med skoglig statistik från Riksskogstaxeringen ingår i beräkningen (alla utom Öckerö). Den skogliga statistiken per kommun redovisas närmare i bilaga 3. Beräkningsresultaten kan bland annat användas till att analysera i vilken utsträckning trädslagsvalet påverkar depositionen (och därmed avrinningen) samt effekten av kalhuggning på utlakningen av kväve från skogsmark. Dessutom kan genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark i skilda delar av länet jämföras med andra källor som jordbruksmark och punktkällor.

Tabell 3:1. Variabler och funktioner som använts som underlag för beräkningarna av arealförluster från respektive skogstyp i en kommun.

Variabler och funktioner	Enhet	Källa
Kommunareal	ha	SCB
Areal för 6 skogstyper	ha	Riksskogstaxeringen
Stamvolym per skogstyp	m ³ sk/ha	Riksskogstaxeringen
Våtdeposition av svavel och klorid	kg/ha*år	Krondroppsnetet och MATCH-modellen
Funktion för totaldeposition av svavel och klorid baserad på skogstyp	kg/ha*år	Beräknas, se text
Kvävedeposition per skogstyp	kg/ha*år	MATCH-modellen
Avrinning	l/s/km ²	SMHI medel 1961-1990
Typvärden i avrinning		Beräknas, se tabell 3:3
Utlakning av oorganiskt kväve från växande skog	kg/ha*år	Typvärde (samma för alla kommuner och skogstyper), se tabell 3:3
Funktion för utlakning av oorganiskt kväve från kalhygge	kg/ha*år	Beräknas, se text
Utlakning av organiska anjoner	kekv/ha*år	Avrinning * typvärde
Utlakning av organiskt kväve	kg/ha*år	Typvärde (samma för alla kommuner och skogstyper), se tabell 3:3
Summa anjoner i avrinning (=summa katjoner)	kekv/ha*år	Beräknas, se text
Funktion för beräknad utlakning av natrium	kg/ha*år	Beräknas, se text
Typvärden på fördelningen av katjoner i avrinning	andelar i %	Beräknas, se text
Funktion för beräknad utlakning av katjoner utöver natrium	kg/ha*år	Beräknas, se text

3.2.1 Skogstyper

De kommunvisa beräkningarna av arealförluster av olika ämnen utgår från en indelning i sex olika skogstyper baserat på data från Riksskogstaxeringen (1990-1999).

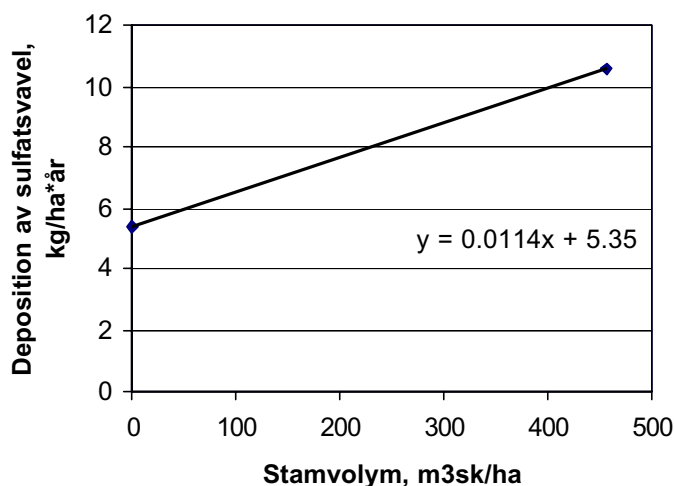
- Tallskog
- Granskog
- Lövskog

- Ädellöv
- Hygge
- Övrig skog

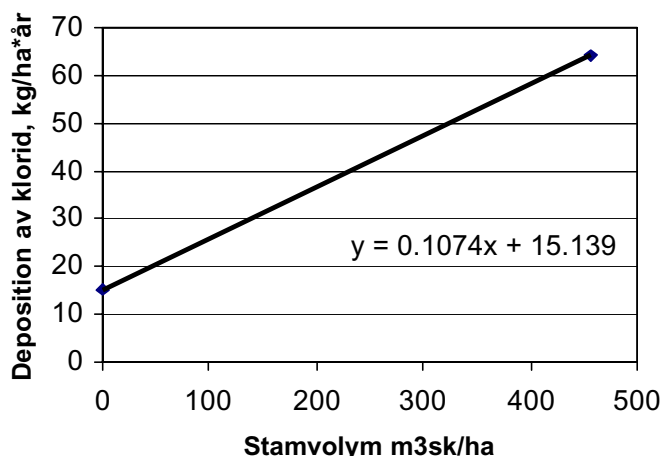
Tallskog: $\geq 5/10$ tall. Granskog: $\geq 5/10$ gran. Lövskog: $\geq 5/10$ lövträd. Ädellövskog: $\geq 5/10$ ädla lövträd. Hygge = årlig avverkad areal * 5 år (tid med förhöjt läckage av oorganiskt kväve). Övrig: All övrig skog

3.2.2 Deposition av sulfatsvavel och klorid

Beräkningen av depositionen av sulfatsvavel och klorid till skog baseras på uppmätta värden av torrdeposition i provytor (krondroppsnätet) med granskog i Västra Götaland (Hallgren, 1998) plus våtdeposition (MATCH, se figur 3:1) under 1997. Torrdepositionen relateras till provytornas stamvolym som används som mått på ”filtreringsförmåga” (se ett exempel från en kommun i figur 3:3 och 3:4), vilken tillämpas på de olika skogsklassernas genomsnittliga stamvolym (Carlsson, 2000). Hyggen har enbart våtdeposition. Depositionen av kväve är hämtad från MATCH modellen 1997 (SMHI) baserad på våtdeposition och torrdeposition till barrskog respektive lövskog.



Figur 3:3. Deposition av sulfatsvavel som funktion av stamvolym (som mått på trädkronans filtreringsförmåga) på en provyta med gran (P52 i krondroppsnätet) i Marks kommun.



Figur 3:4. Deposition av klorid som funktion av stamvolym (som mått på trädkronans filtreringsförmåga) på en provyta med gran (P52 i krondroppsnätet) i Marks kommun.

Depositionen av svavel var relativt låg 1997 jämfört med de senaste 10 åren på grund av att utsläppbegränsande åtgärder vidtagits i hela Europa. Depositionen kan komma att minska ytterligare som ett resultat av avtal från 1999, ner mot 3 kg per ha och år som medelvärde för alla markanvändningsklasser i sydvästra Sverige till år 2010. Tabell 3:2 visar beräknad deposition 1997 samt uppmätt deposition under de senaste 10 åren i granskog i tidigare O och P län. Granskog har i regel den högsta depositionen i ett landskap på grund av trädens stora gren och barryta. Den fortsatta minskningen av den beräknade depositionen 1997 kommer sannolikt att vara begränsad till år 2010. Jämförelsen med tioårsmedelvärdet visar att en snabb minskning har skett fram till 1997.

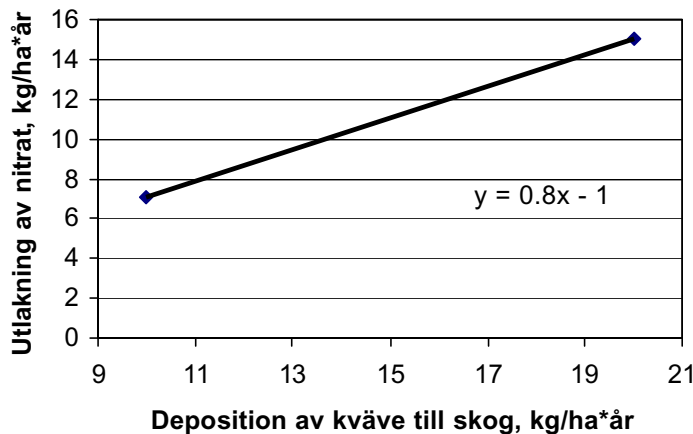
Den beräknade depositionen av klorid 1997 i granskog i tidigare O och P län var något lägre än ett uppmätt medelvärde under tio år i provytor med gran i området. Den senaste tioårsperioden innehåller några år i början av 1990-talet med kraftiga episoder med havssaltsdeposition. Dessutom är granskogen i provytorna äldre (större träd) än genomsnittet för gran som använts för att beräkna depositionen för kommunerna. Det gör att depositionen av klorid 1997 kan betraktas som relativt normal.

Tabell 3:2. Jämförelse mellan beräknad och uppmätt deposition av svavel och klorid i granskog i tidigare O och P län. Beräknad deposition baseras på data från 1997.

	Svaveldeposition	Kloriddeposition
Beräknat på 41 5600 ha granskog i tidigare O och P län	2 829 ton	13 712 ton
Beräknat arealvägt medelvärde per ha	6.8 kg	33.0 kg
Uppmätt medelvärde per ha i provytor i gran 1990 1999 i tidigare O och P län	13.2 kg	50.4 kg

3.2.3 Utlakning

Den totala utlakningen beräknas genom att summan av katjoner balanserar anjonerna sulfat, klorid, nitrat och organiska anjoner. Ett antagande i en grundberäkning är att depositionen av SO_4 och Cl långsiktigt är i balans med utlakningen (utlakning = deposition). Utlakningen av NO_3 från växande skog baseras på ett typvärde (genomsnittlig halt) från undersökta avrinningsområden i Västra Götalands län. Utlakningen av NO_3 från hygge (förhöjd utlakning under fem år) relateras till kvävedepositionen till skog enligt ett förenklat linjärt samband baserat på studier i sydvästra Sverige (Örlander m. fl., 1997; Carlsson, 2000). Sambandet visas i figur 3:5.



Figur 3:5. Genomsnittligt förhöjd utlakning under fem år av oorganiskt kväve (nitratkväve) från kalhyggen som funktion av kvävedepositionen 1997.

Utlakningen av organiska anjoner baseras på genomsnittlig avrinning (SMHI 1961-1990) samt genomsnittlig halt i undersökta avrinningsområden i Västra Götalands län. Organiska anjoner beräknas med en metod baserad på Oliver's ekvation, med hjälp av TOC, pH och halten H^+ i avrinningen i undersökta områden (Oliver m. fl., 1983).

Utlakningen av katjoner i respektive skogstyp och kommun baseras på en genomsnittlig fördelning av katjoner beräknad på tidsserier (1997-1999) från undersökta avrinningsområden i Västra Götaland. Fördelningen är inte konstant i alla skogstyper och kommuner beroende på att utlakningen av natrium beräknas från utlakningen av klorid. Kvoten mellan natrium och klorid varierar något inom länet baserat på uppmätta värden i avrinningsområdena. Det gör att alla skogstyper i alla kommuner får specifika arealförluster av både anjoner och katjoner. De uppmätta genomsnittliga typvärdena på anjoner och katjoner från Västra Götalands län som används i beräkningarna framgår av tabell 3:3.

Tabell 3:3. Uppmätta typhalter (medelvärden) under 1997 till 1999. Medelvärde av 10 små avrinningsområden i Västra Götalands län.

Ca	Mg	Na	K	NH ₄ N	H ⁺ mg/l	Al	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	pH	ANC	Org. anjon mekv/l	Org. N mg/l	Q mm
1.75	0.77	4.28	0.45	0.019	0.62	0.47	1.93	6.20	0.057	4.66	0.051	0.077	0.43	526

3.3 Resultat av beräkningarna

Beräkningarna för de olika kommunerna i Västra Götalands län resulterar i ett intervall av genomsnittliga arealförluster och halter i avrinningen som beror på storleken av anjonflödet, samt hur stor del av anjonflödet som utgörs av havssalt. Percentiler för volymvägda halter samt avrinningsmängd visas i tabell 3:4. Spridningen är begränsad med undantag av natrium och klorid, (som huvudsakligen tillförs via havssalt), eftersom samma fördelning av katjoner utöver natrium tillämpas i hela länet. Beräkningarna i tabell 3:4 undantar hygge för att kunna jämföras med uppmätta halter i avrinningsområden i länet (tabell 3:5) som med några få undantag saknar kalavverkningar under mätperioden. Uppmätta värden uppvisar något större spridning visad genom beräkningen av percentiler. De beräknade halterna i samtliga kommuner faller dock väl in i det uppmätta intervallet i tabell 3:5. Halterna av sulfatsvavel uppvisar en skillnad mellan beräknat och uppmätt, beroende på att beräkningarna utgår från att arealförlusten motsvarar den nuvarande depositionen av svavel. De undersökta avrinningsområdena har högre utlakning av svavel än nuvarande deposition på grund av att organiskt bundet svavel och/eller adsorberat svavel i marken går i lösning när depositionen minskar (Löfgren m. fl, 2000; Moldan, 1999). Det kan ge en fördröjning av återhämtningen på flera decennier och hålla kvar förhöjda halter av många ämnen. I motsats till detta kan uppmätta halter vara något utspädda jämfört med de beräknade, eftersom avrinningen under mätperioden varit högre än SMHIs långtidsstatistik (1961-1999) som beräkningarna utnyttjar.

Beräkningarna för kommunerna indikerar att pH kommer att öka något samt att aluminiumhalterna kommer att minska i avrinningen när utlakningen är i balans med en ny låg deposition av svavel. Men skillnaderna är inte stora om inte markens syra-bas status förändras, vilket förutsätter att basmättnadsgraden ökar. En förändrad markkemi kan ge en annan fördelning mellan sura och basiska katjoner i avrinningen.

Tabell 3:4 Beräknade volymvägda halter i avrinning från kommuner i Västra Götalands län (ej hygge).

Percentil	Na	Ca	Mg	K	NH ₄ -N mg/l	Al	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	pH	Q mm
10	1.84	1.28	0.56	0.33	0.014	0.35	1.06	3.12	0.045	4.64	252
25	2.25	1.33	0.59	0.35	0.015	0.36	1.12	3.84	0.045	4.62	315
50	2.87	1.39	0.61	0.36	0.015	0.38	1.29	4.98	0.058	4.61	442
75	3.62	1.50	0.66	0.39	0.017	0.41	1.53	5.99	0.081	4.57	568
90	5.45	1.61	0.70	0.42	0.018	0.43	1.77	8.87	0.101	4.54	568

Tabell 3:5. Uppmätta volymvägda halter i avrinning från 10 områden i Västra Götalands län.

Percentil	Na	Ca	Mg	K	NH ₄ -N mg/l	Al	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	pH	Q mm
10	2.31	0.81	0.46	0.30	0.012	0.36	1.46	2.75	0.019	5.38	315
25	3.44	0.96	0.52	0.35	0.014	0.38	1.50	4.64	0.029	4.90	357
50	3.99	1.73	0.73	0.45	0.017	0.42	1.67	5.77	0.051	4.47	558
75	4.52	2.16	0.85	0.53	0.021	0.51	2.06	7.15	0.069	4.29	633
90	5.74	2.55	1.03	0.64	0.029	0.69	2.42	8.10	0.076	4.27	686

Beräkningarna av arealförluster har skett separat för respektive kommun. Det gör att beräknade data kan aggregeras på olika sätt för att beskriva gradienter i deposition och avrinning. Data på genomsnittliga arealförluster från skogsmark i de enskilda kommunerna redovisas i bilaga 2. Data för en enskild kommun bör användas med en viss försiktighet på grund av att beräkningsunderlaget har bristande upplösning för vissa utslagsgivande variabler som exempelvis trädslagsfördelning och hyggesareal.

Tabell 3:6 visar utlakning summerad för hela länet beräknat för tre alternativ. Grundalternativet är beräknat enligt metodik som beskrivs i avsnitt 3.2, där utlakningen av sulfat är i balans med den nuvarande relativt låga depositionen av svavel. Ett annat alternativ utgår från att de nuvarande halterna av sulfat som mäts upp i avrinningen är förhöjda på grund av en tidigare hög deposition. Denna förhöjning beror på att en del av markens svavelförråd kommer att omsättas, vilket kan komma att ta lång tid, flera decennier. Förhöjningen är beräknad till 45 % högre än grundalternativet, vilket innebär en lika stor procentuell ökning av den beräknade utlakningen från respektive kommun och skogstyp. Förhöjningen baseras på den nuvarande skillnaden mellan uppmätt halt av sulfatsvavel (tabell 3:3) och beräknat med balans mellan deposition och utlakning av svavel (tabell 3:4). Ett tredje beräkningsalternativ beskriver konsekvenserna för utlakningen av en maximalt ökad hyggesareal som förutsätter att hela den tillgängliga tillväxten utnyttjas (1990-talets skogsbruk) samt att omloppstiden sänks med 15 år. Den sammanlagda effekten blir då att hyggesarealen ökar med 45 % jämfört med senare delen av 1990-talet.

Den beräknade genomsnittliga utlakningen från Västra Götalands län av totalkväve i grundalternativet, 2,95 kg per ha och år, är något högre än vad som tidigare beräknats för hela Göta Älvs tillrinningsområde, 2,08 kg per ha och år (Löfgren & Olsson, 1990). Skillnaden utgörs i första hand av att beräkningarna i denna studie ger högre utlakning av oorganiskt kväve, i synnerhet från hygge, än Löfgren & Olsson (1990). Det bör dock noteras att skogsmarksarealen i tillrinningsområdet till Göta älv är nära dubbelt så stor som Västra Götalands län. Områdena utanför länet har lägre kvävedeposition än inom länet, vilket påverkar utlakningen enligt beräkningarna.

Beräkningsalternativet med nuvarande sulfathalter i avrinningen visar att utlakningen av baskatjoner ökar märkbart, jämfört med grundalternativet. Utlakningen av till exempel kalcium från hela länet ökar med drygt 800 ton, eller 11 %. Även magnesium och kalium ökar med samma procentsats enligt beräkningarna.

En ökning av hyggesarealen till en bedömd maximal nivå på lång sikt ger ett ökat läckage av kväve på drygt 230 ton från länet enligt beräkningarna.

Totalt ger maximal hyggesareal en extra utlakning av ca 750 ton kväve per år, som är teoretisk påverkbar med anpassad skogsskötsel (främst att lämna täta skärmar). Storleken på utlakning av kväve från hygge i de olika beräkningsalternativen, samt kostnaderna för att minska den med skärmskogsbruk (Carlsson, 2000), kan jämföras med andra källor som utlakning från åkermark och utsläpp från kommunala avloppsreningsverk. Dessa källor tillsammans är i storleksordningen åtta gånger större än ökad utlakning från hyggen i Göta älvs tillrinningsområde, enligt tidigare studier (Löfgren & Olsson, 1990). En ökad utlakning av nitrat ökar även utlakningen av katjoner. Det ökade katjonflödet kompenseras dock av att en ökad hyggesareal medför att depositionen av framför allt klorid minskar, eftersom arealen med träd som fångar in torrdeposition är mindre.

Tabell 3:6. Beräknad utlakning per år av ett urval ämnen från hela länets skogsmarksareal (1 276 200 ha) samt medelvärde per ha och år för tre olika scenarier. NO₃-N från hygge (69 000 ha) avser utlakning utöver normalt från växande skog och medelvärdet per ha är utslaget på hela skogsmarksarealen. Maximal hyggesareal innebär 101 000 ha.

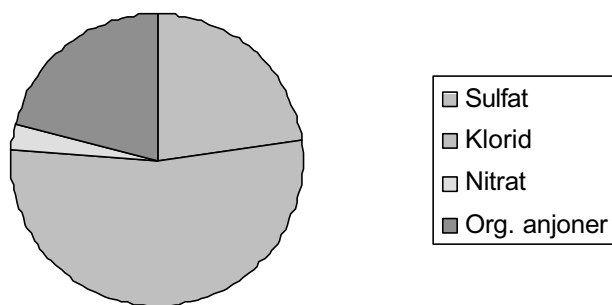
	Ca	Mg	K	NH ₄	SO ₄ -S	Cl	NO ₃ -N	NO ₃ -N hygge	org-N	Tot-N
Grundalternativ										
Summa ton	7358	3226	1914	81	6258	25910	841	514	2839	3761
Medel kg/ha	5.77	2.53	1.50	0.06	4.90	20.30	0.66	0.40	2.22	2.95
45% mer SO₄-S i utlakning										
Summa ton	8195	3592	2132	90	9074	25910	841	514	2839	3770
Medel kg/ha	6.42	2.81	1.67	0.07	7.11	20.30	0.66	0.40	2.22	2.95
Maximal hyggesareal										
Summa ton	7216	3163	1877	80	6129	25364	1073	746	2839	4002
Medel kg/ha	5.63	2.47	1.46	0.06	4.78	19.78	0.84	0.58	2.22	3.25

3.3.1 Utlakning av anjoner

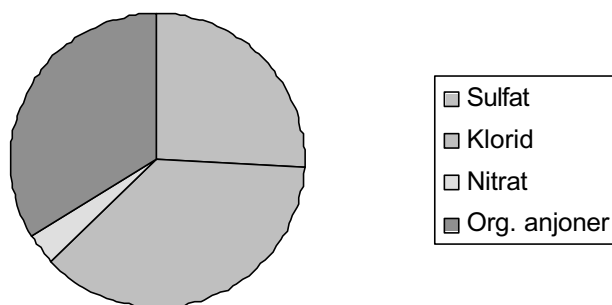
Utlakningen av olika ämnen i sydvästra Sverige styrs i hög grad av depositionen av havssalt. Anjonflödet domineras av klorid och dominansen är som störst nära kusten. Figur 3:6 visar andelarna av olika anjoner uppdelat på de tidigare länen och länsdelarna. Kloridandelen av anjonerna i kommunerna visas i figur 3:7.

Utöver klorid är det sulfat och organiska anjoner som ger betydande tillskott. Nitrat utgör en relativt liten del av anjonflödet.

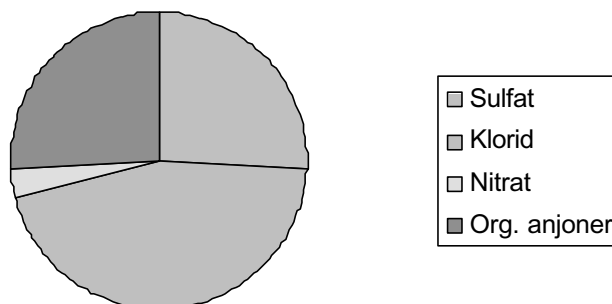
Göteborg och Bohus län



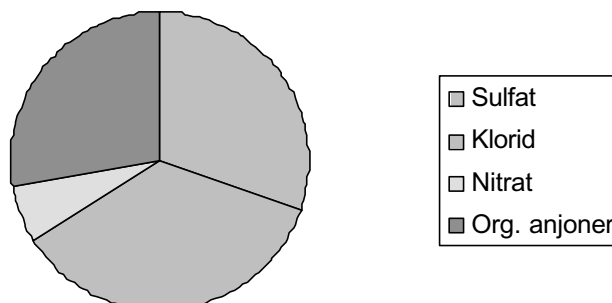
Älvsborgs län (Dalsland)



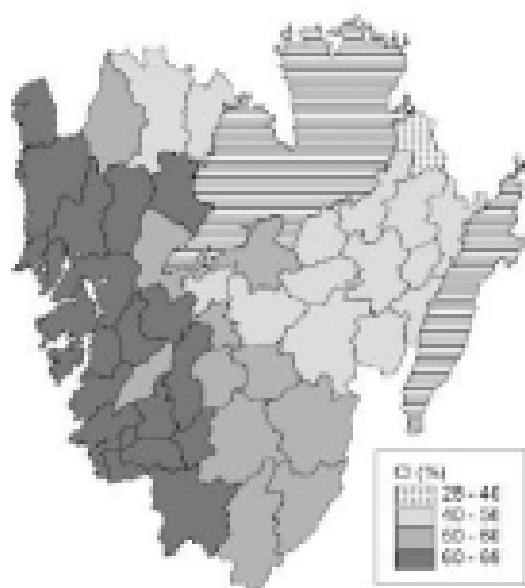
Älvsborgs län (Västergötland)



Skaraborgs län



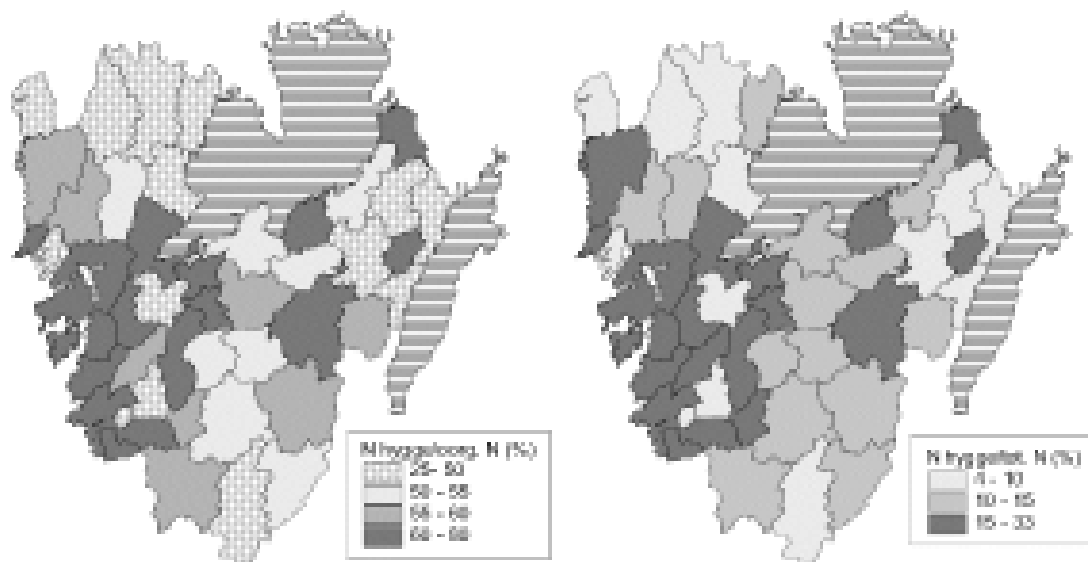
Figur 3:6. Andelar av anjoner i avrinning från olika delar av Västra Götalands län



Figur 3:7. Beräknad andel av anjonflödet som utgörs av klorid i olika delar av Västra Götalands län.

3.3.2 Utlakning av oorganiskt kväve

Den beräknade förhöjda utlakningen från hyggen under fem år efter avverkning ger ett betydande tillskott till utlakningen av oorganiskt kväve (figur 3:8). Bidraget till den totala utlakningen av kväve är betydligt mindre (figur 3:8), eftersom det domineras av en sannolikt naturlig utlakning av organiskt kväve. Beräknade arealförluster i respektive kommun redovisas i bilaga 2.



Figur 3:8. Beräknad andel oorganiskt kväve från hygge (förhöjd utlakning utöver normala avrinning från växande skog) av den totala utlakningen av oorganiskt respektive totalkväve (inklusive organiskt) från skogsmark i Västra Götalands län.

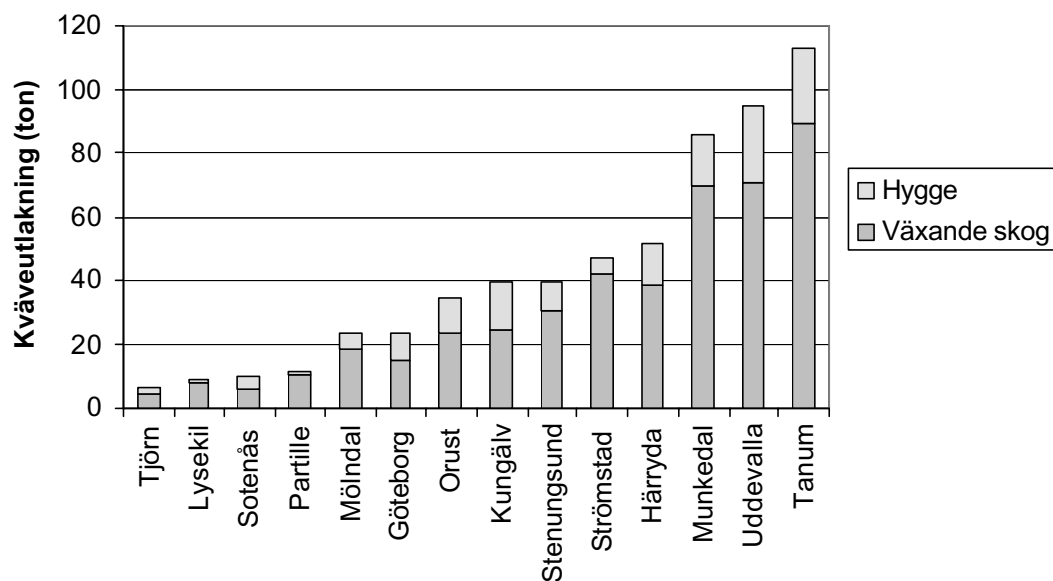
Beräkningsresultatet av utlakning av nitrat från hyggen i kommunerna styrs av kvävedepositionen storlek och hyggesarealen i respektive kommun. Figur 3:9 indikerar att hyggesarealen har en relativt stor inverkan då den i stor utsträckning samvarierar med utlakningen av nitrat från hygge. Det gör att tillförlitliga data på hyggesareal i respektive kommun är viktigt för att bedöma regionala skillnader med nuvarande skogsbruk. Att hyggesarealen varierar mellan kommuner beror på flera faktorer som trädslagsfördelning, omloppstider, andelen lågproduktiva marker med begränsat skogsbruk samt skyddade områden.



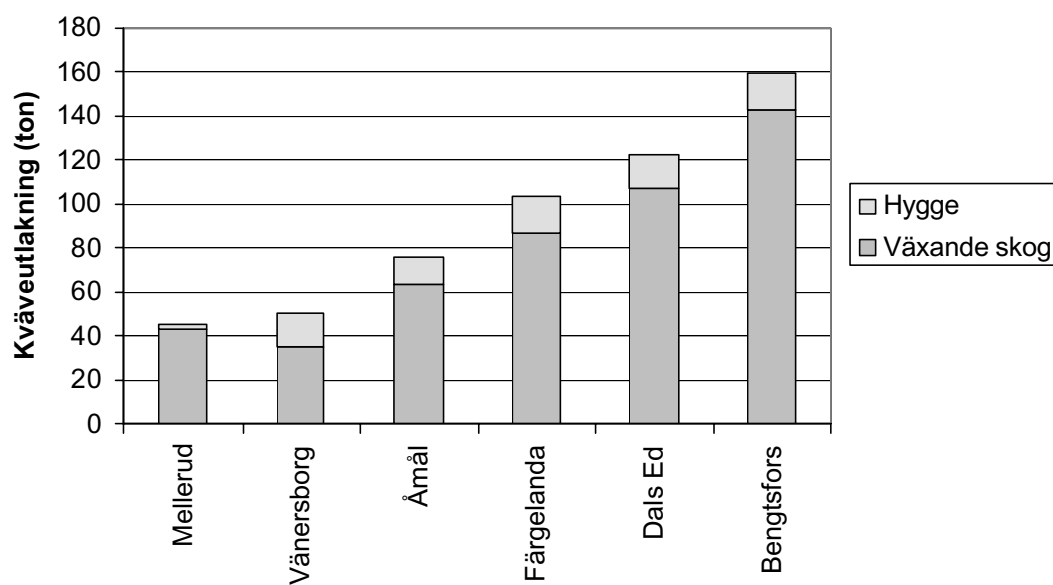
Figur 3:9. Beräknad andel hygge av den totala arealen skogsmark i Västra Götalands län.

Den beräknade årliga utlakningen per kommun av totalkväve från skogsmark redovisas i figur 3:10 - 3:13. Figureerna redovisar även den andel som kommer från hyggen respektive växande skog. Kommunerna är uppdelade efter den gamla länsindelningen för att öka jämförbarheten. Notera att skalorna är olika i figurena. Intervallerna i utlakning av kväve mellan kommunerna är stora enligt beräkningarna. Stora skogrika kommuner i den södra och västra delen av länet, som Mark, Ulricehamn, Borås och Svenljunga, har mer än tio gånger större utlakning än små kommuner med begränsad skogsmarksareal i kustområdet och i delar av gamla Skaraborgs län.

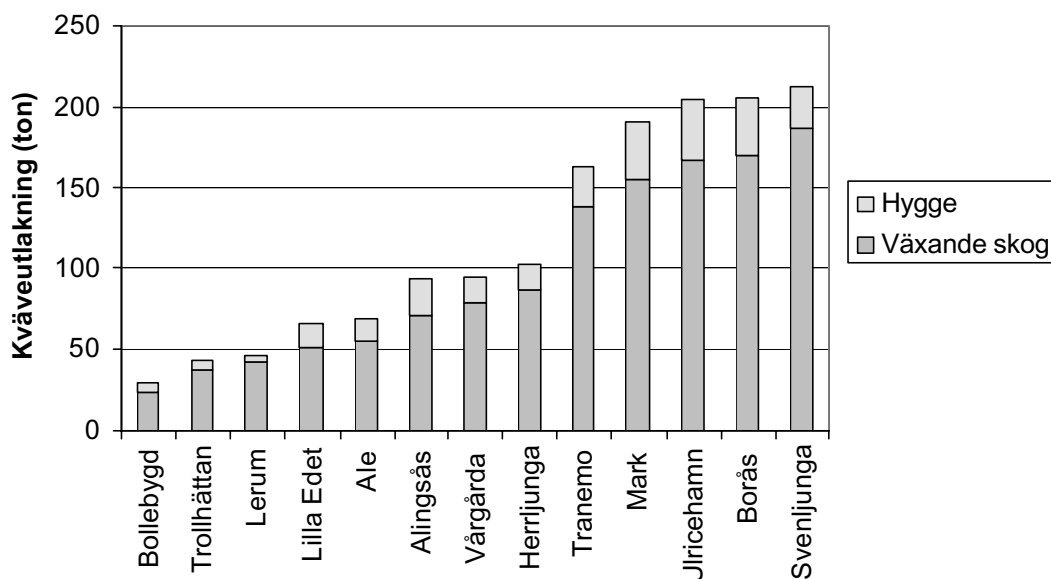
Andelen kväveutlakning från hygge jämfört med hela skogsmarksarealen varierar med hyggesareal och storleken på kvävedepositionen. Några kustnära kommuner med liten skogsmarksareal har en hög andel, över 40 %, vilket kan vara en effekt av osäkra skogliga data. Kommuner med stor areal skog har i regel en andel utlakning av totalkväve från hygge mellan 10 och 30 %. Två kommuner, Hjo och Mellerud har under 10 % kväveutlakning från hygge enligt beräkningarna.



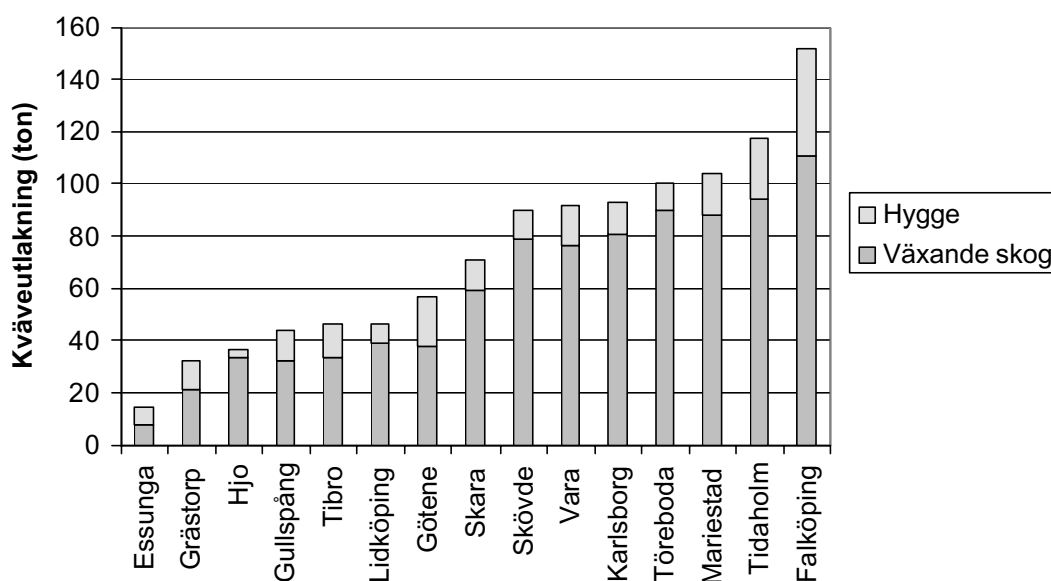
Figur 3:10. Beräknad total utlakning av kväve per år från skogsmark i respektive kommun i Bohuslän, uppdelat på hygge och alla klasser av växande skog.



Figur 3:11. Beräknad total utlakning av kväve per år från skogsmark i respektive kommun i gamla Älvsborgs län, Dalsland uppdelat på hygge och alla klasser av växande skog.



Figur 3:12. Beräknad total utlakning av kväve ton per år från skogsmark i respektive kommun i gamla Älvsborgs län, Västra Götaland, uppdelat på hygge och alla klasser av växande skog.

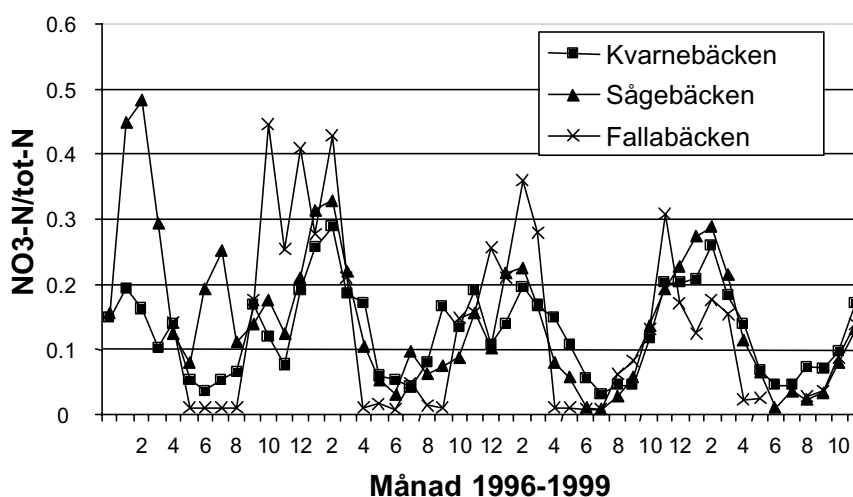


Figur 3:13. Beräknad total utlakning av kväve ton per år från skogsmark i respektive kommun i gamla Skaraborgs län uppdelat på hygge och alla klasser av växande skog.

3.4 Undersökningar i avrinningsområden med åtgärdsuppföljning

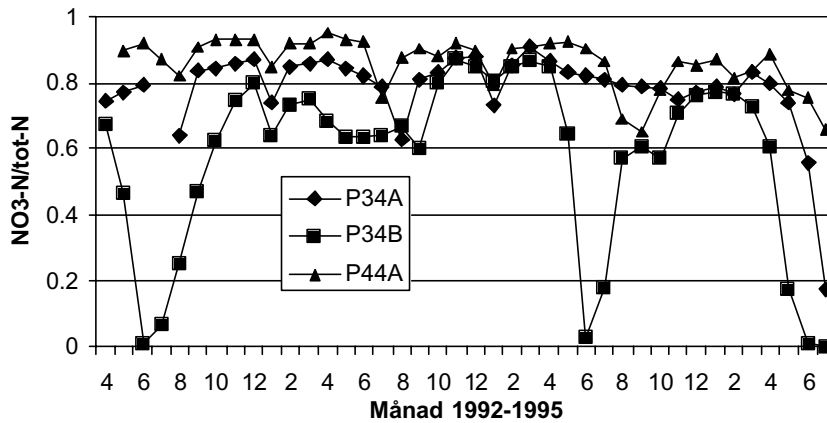
Tre avrinningsområden, Kvarnebäcken (674 ha), Sågebäcken (470 ha), och Fallabäcken (340 ha) har undersökts med avseende på vattenkemi sedan 1996, samtidigt som skogsskötseln i områdena dokumenterats. Områdena domineras av produktiv skogsmark med gran och tall. Hyggesarealen (ca 6 %) är representativ för hela Västra Götalands län. Den vattenkemiska uppföljningen har skett under relativt kort tid, men resultaten i form

av halter och arealförluster (se avsnitt 1) skiljer sig inte markant från andra brukade eller obrukade områden som undersökts i länet. Fallabäcken hade dock högre pH-värden än de andra områdena. Effekten av enskilda hyggesupptagningar på utlakningen av oorganiskt kväve är svåra att urskilja. Figur 3:14 visar variationen av kvoten mellan nitrat och totalkväve under åren 1996 och 1999 i de tre områdena. Kvotens variation följer ett regelbundet mönster i alla områdena, med högst andel nitratkväve under vintern. Mönstret skiljer sig inte från andra avrinningsområden i skog, utan färskas hyggen. Det är dock troligt att nivån på utlakningen av nitrat är något förhöjd på grund av kalavverkningar, men undersökningarna indikerar att arealen hyggen inte är tillräckligt stor för att orsaka en tydlig förhöjning av utlakningen av kväve.



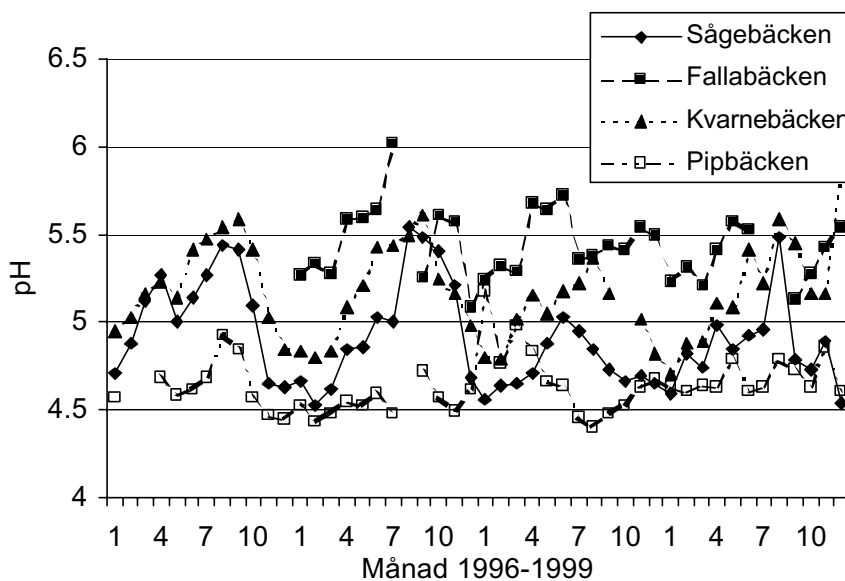
Figur 3:14. Andelen nitrat av totalkväve i avrinningen från tre brukade områden i Västra Götalands län baserat på volymvägda månadshalter.

Utlakningen av kväve från kalhyggen domineras av nitrat under större delen av året. Figur 3:15 visar data från tre hyggen i Västra Götaland som hade förhöjd utlakning av nitrat under perioden 1992 till 1995. Andelen nitrat är hög under hela året med undantag för ett område (P34B) som uppvisar låga kvoter under sommaren. De tre hyggerna har haft en förhöjd genomsnittlig utlakning av nitratkväve under ca fem år som varierat mellan 6 och 10 kg per ha och år. Den uppmätta utlakningen stämmer bra med beräknade arealförluster från hyggen i denna studie.



Figur 3:15. Andelen nitrat av totalkväve i avrinningen från tre kalavverkade områden i Västra Götalands län.

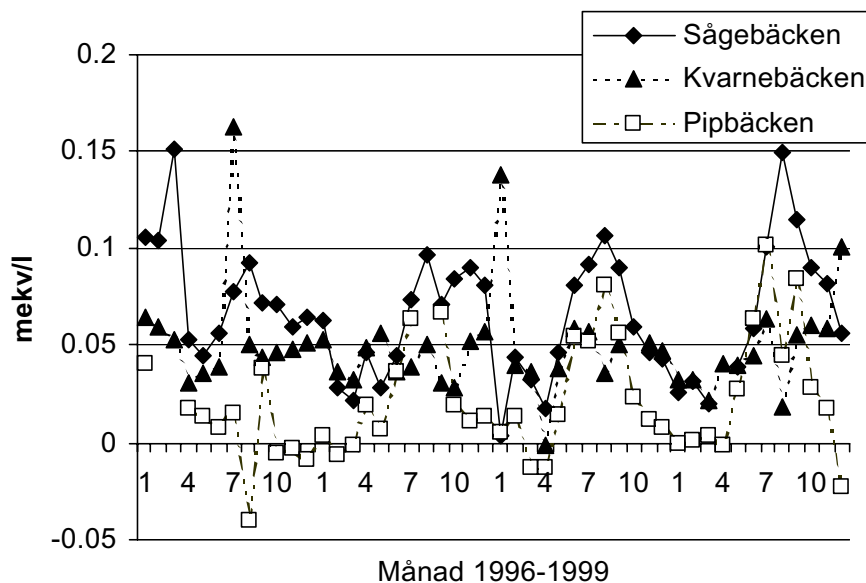
Avrinningens pH har en tydlig säsongsvariation i de tre brukade områdena (figur 3:16). Figuren visar även ett obrukat referensområde, Pipbäcken. De lägsta pH-värdena noteras generellt under vintern och våren. Detta gäller även det obrukade området Pipbäcken, som dock avviker under sommaren och hösten 1998 med låga pH-värden i bäcken.



Figur 3:16. Volymvägda månadsmedelvärden för pH i avrinningen från tre brukade skogsområden och ett referensområde (Pipbäcken) 1996 till 1999.

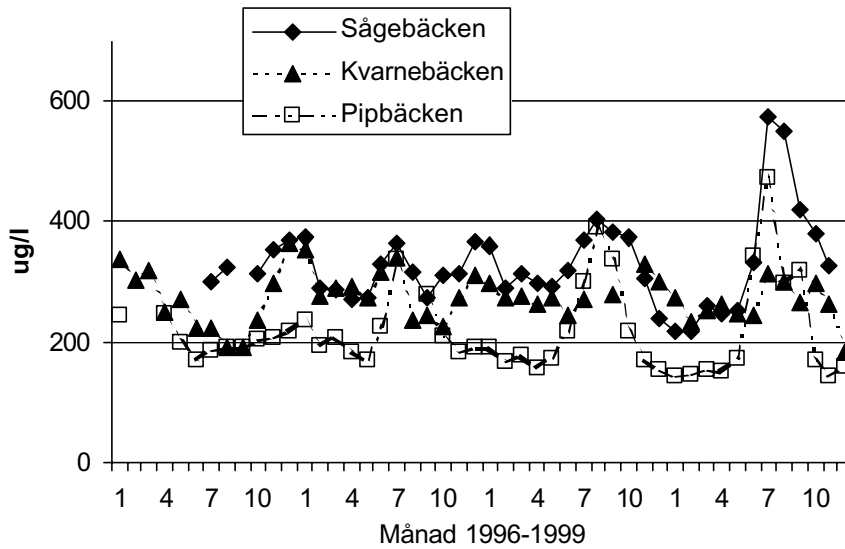
Avrinningsvattnets syraneutraliserande förmåga uttryckt som ANC (Acid Neutralising Capacity) framgår av figur 3:17. ANC beräknas som skillnaden mellan baskatjonerna kalcium, magnesium, kalium samt natrium och starksyraanjonerna sulfat, klorid samt nitrat (beräknat som ekvivalenter). Positiva värden anger en förmåga att neutralisera syra, negativa innebär att vattnet har aciditet (förmåga att neutralisera baser). Lågt eller negativt ANC innebär risker för känsliga organismer i vattendraget.

Uppmätt ANC i de studerade områdena (Fallabäcken har inte kompletta data för beräkning av ANC) har en variation som liknar pH-dynamiken, med lägst värden under vintern och våren. Kvarnebäcken avviker något genom ett par höga värden, där ett värde under 1998 är högt samtidigt som de övriga områdena har låga vintervärden.



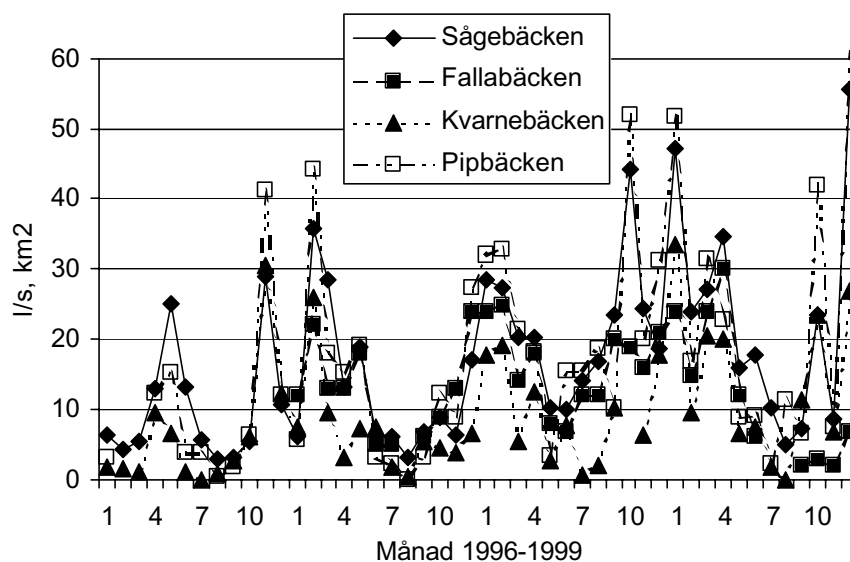
Figur 3:17. Volymvägda månadsmedelvärden för ANC i avrinningen från två brukade skogsområden och ett referensområde (Pipbäcken) 1996 till 1999.

Halten av aluminium (totalt) samvarierar i stort med pH och ANC, men halterna är i regel högst under vinter och vår (figur 3:18). Hösten 1999 uppvisade alla områdena höga halter under en period efter låga flöden under sommaren. Fallabäcken ingår inte i redovisningen eftersom analysmetoden byttes mellan 1998 och 1999.



Figur 3:18. Volymvägda månadsmedelvärden för aluminium (total) i avrinningen från två brukade skogsområden och ett referensområde (Pipbäcken) 1996 till 1999.

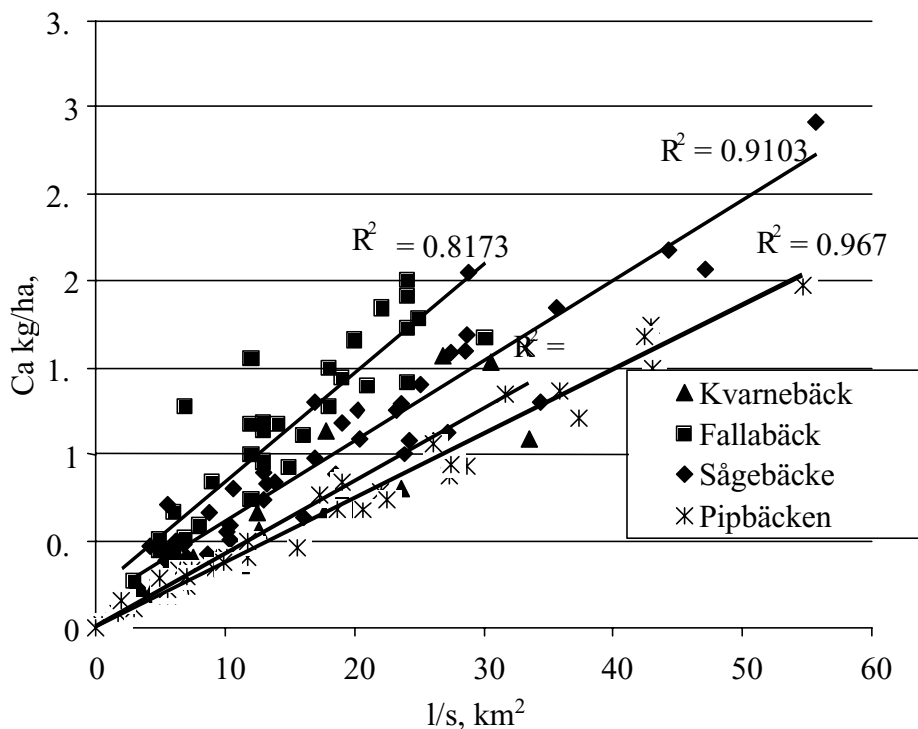
En stor del av säsongsdynamiken i avrinningen från de undersökta skogsområdena kan förklaras av skillnader i surhetsgrad uttryckt som bäckvattnets pH. Surhetsgraden i avrinningen påverkas av många faktorer i tillrinningsområdet som deposition av starka syror och havssalt, markkemi samt organiska syror. Den viktigaste faktorn för kortvariga svängningar i vattenkemi är dock hydrologin i systemet.



Figur 3:19. Månadsmedelvärden för avrinningsmängd från tre brukade skogsområden och ett referensområde (Pipbäcken) 1996 till 1999.

Hög avrinning under perioder när skogen inte förbrukar vatten innebär att vattnets flödesvägar berör ytliga marklager som i regel är surare än djupare skikt. När vattenföringen sjunker är avrinningen mer påverkad av mineraljordens djupare delar där surhetsgraden är lägre. Figur 3:19 visar variationer i avrinningen under perioden 1996 till 1999 i de undersökta områdena. De fyra lokalerna har en betydande samvariation med i regel höga flöden under perioder utanför vegetationsperioden.

Höga flöden kan göra att halterna i bäcken både ökar och minskar. En ökning vid höga flöden av till exempel halten vätejoner och organiska syror beror på de ytliga markskiktens egenskaper som påverkar kemin i vattenflödet ut i vattendragen. En minskning av halterna av till exempel baskatjoner beror i första hand på en utspädning. Trots haltförändringarna vid varierande vattenflöde är det i första hand avrinningsmängden som bestämmer arealförlustens kortvariga variation. Figur 3:20 visar utlakningen av kalcium som funktion av avrinningsmängden. Funktionen är nära linjär, vilket betyder att halterna inte förändras så mycket att kurvan böjer av vid höga flöden. Halterna är relativt konstanta oberoende av flödet. Om halterna stiger vid ökat flöde blir funktionen närmast exponentiell. Minskande halter gör att kurvan planar ut.



Figur 3:20. Månatlig utlakning av kalcium som funktion av avrinningsmängd från tre brukade skogsområden och ett referensområde (Pipbäcken) 1996 till 1999.

4. Slutsatser

Detta avsnitt sammanfattar slutsatser som tidigare diskuterats i rapporten.

Uppmätta halter i avrinning

Samtliga undersökta avrinningsområden i skog i Västra Götalands län hade en likartad vattenkvalitet med låga pH-värden (pH 4,2-4,6) och halter av oorganiskt kväve, låg buffertkapacitet ($ANC < 0,11$ mekv/l) samt relativt höga halter av aluminium och relativt låga halter av baskatjoner med undantag av natrium. Det indikerar att skogstillståndet och markegenskaperna i grova drag är likartade i alla områdena. Halterna av tungmetallerna koppar (Cu), zink (Zn), kadmium (Cd) och bly (Pb) låg i referensbäckarna under de nivåer där risk för biologiska skador kan uppstå ($Cu < 3 \mu\text{g/l}$, $Zn < 20 \mu\text{g/l}$, $Cd < 0,1 \mu\text{g/l}$, $Pb < 1 \mu\text{g/l}$).

Oorganiskt kväve (ammonium, $\text{NH}_4\text{-N}$ och nitrat) uppvisade mycket stora skillnader på grund av att tre områden (Pipbäcken nedre, Östad och Bäckefors) hade tämligen höga arealförluster ($> 0,5$ kg NO_3/ha , år). Detta indikerar en ofullständig kväveassimilation och ett överskott av oorganiskt kväve i marken. Huvuddelen av kvävet lämnade dock områdena i organiskt bunden form, resulterande i totala kväveförluster på 1,4-4,2 kg Tot-N/ha, år, vilket är ett normalt intervall för svensk skogsmark.

Medianvärdet av uppmätta värden i de olika skogsbäckarna skattar 25-75 % av observationerna relativt väl (oftast < 50 % avvikelse från medianvärdet). Det innebär att medianhalterna kan användas som typvärden för normala halter i skog i centrala och västra Sydsverige. Typvärdena kan användas för att med acceptabel säkerhet skatta arealförlusterna från skog i denna del av landet.

Skillnader i halter mellan obrukad och brukad skogsmark

Typvärdena för brukad skog uppvisar relativt små skillnader mot referenserna i Västra Götaland. Skillnaden mellan referens och brukad skog är dock påtaglig under sommar och höst för nitrat, med något lägre halter i områdena med brukad skog. Orsaken till detta kan vara att en brukad skog har större nettotillväxt än de äldre skogarna i referensområdena. Den brukade skogen kan därför assimilera mer oorganiskt kväve under växtsäsongen, det vill säga i första hand sommar och höst. Som helhet är det svårt att för de 18 studerade områdena påvisa några stora skillnader i vattenkemi och arealförluster mellan referensområden och brukade skogsområden. På motsvarande sätt är det svårt att se några tydliga geografiska mönster om man undantar de variabler som påverkas av havssaltnedfallet. Orsaken till att skillnaden mellan brukade och obrukade områden inte går att tydligt påvisa är att åtgärder som slutavverkningar bara berör en liten del, oftast < 10 % av avrinningsområdet vid en given tidpunkt. Dessutom är det oftast mer än tio år sedan kalavverkningar utfördes i flertalet av de undersökta områdena i denna studie.

Vattenkemi i relation till skogsskötsel har övervakats speciellt i tre avrinningsområden. Resultaten i form av halter och arealförluster skiljer sig inte från andra brukade eller obrukade områden som undersökts i länet. Effekten av enskilda hyggesupptagningar på utlakningen av oorganiskt kväve är sannolikt svåra att urskilja i ett helt avrinningsområde.

de när andelen kalmark med förhöjd utlakning av nitrat (0-5 år) rör sig inom normala 5 till 10 %. Värdet av mätningarna ökar när tidsserierna blir längre.

Övervakning av avrinning från brukad skogsmark är dock inte på något sätt av obetydligt värde eftersom man med hittills uppnådda tidsserier kan visa att ämnesflödena inte påtagligt avviker från den naturliga variationen i referensområden. Långsiktigt är det viktigt att övervaka att utlakningen av oorganiskt kväve från hyggen inte ökar med tiden på grund av fortsatt upplagring av kväve i skogsmarken. Även effekten av tillväxt och skörd av skog på markens syra-bas status, som i sin tur påverkar avrinningens surhetsgrad, är viktig att bevaka med hjälp av tidsserier. Av speciellt intresse är att studera om återhämtning från försurning, när depositionen minskar, sker annorlunda i brukade områden jämfört med områden utan skogsbruk.

Tidsutveckling i avrinningskemi

Trendanalyser visar att det inte finns några statistiskt signifikanta trender mellan åren med avseende på avrinningen. Däremot förefaller pH och ANC ha ökat i fyra respektive fem av de sex vattendragen. Vattendragens pH-värde har ökat med ca en hundradels pH-enhet per år, vilket medför ett ökat pH med drygt 0,15 enheter under hela tidsperioden. Buffertkapaciteten, mätt som ANC, har ökat med 1-2 $\mu\text{ekv/l}$, år. Orsaken till dessa ökningarna är sannolikt i första hand de minskade sulfathalterna (3-7 $\mu\text{ekv/l}$, år) även om detta motverkats av minskade Ca- och Mg-halter (1-3 $\mu\text{ekv/l}$, år). De ökade halterna organiskt material (1,6-2,5 mg KMnO_4/l , år) i kombination med högre pH indikerar att ANC även kan ha ökat på grund av högre halter organiska anjoner.

Organiskt bundet kväve har ökat i samtliga vattendrag som haft mätningar av denna variabel. Av metallerna uppvisar koppar och zink minskande halter i samtliga vattendrag där variablerna analyserats. Förändringarna har följaktligen varit mest uttalade under höst, vinter och vår då grundvattenståndet normalt är högt, men mycket variabelt. Huvuddelen av ytvattnet har sitt ursprung ur olika ytliga markprofiler under sådana förhållanden, vilket indikerar att det i huvudsak är de ytliga markprofilerna som är involverade i de förändringar som påvisats.

Deposition

Svaveldepositionen är idag på samma nivå som i början på 1950-talet efter att ha varit mycket hög under 1970- och 80-talen. Vätejondepositionen uppvisar en likartad utveckling som sulfat. Kvävedepositionen ökade till i mitten på 1980-talet för att därefter ha varit tämligen konstant. Utgående från ovanstående analys kan konstateras att under den period då vattendragen studerats, 1985-99, har svavel- och vätejondepositionen minskat påtagligt, medan depositionen av kalcium ökat. Den ökade kalciumdepositionen förklaras av ökade nederbörds mängder. Denna nederbörd har varit mindre påverkad av havssalter under den senare delen av tidsperioden, vilket minskat Na-, Cl- och Mg-halterna.

Depositionen av sulfatsvavel till skog orsakar fortfarande förhöjd utlakning av både baskatjoner och försurande ämnen, men betydelsen har minskat kraftigt under de senaste tio åren. Det finns dock stora mängder organiskt bundet och adsorberat svavel i skogsmarken som kommer att utlakas under flera decennier och orsaka en fördröjd återhämtning från försurningen. Beräkningarna i denna studie av genomsnittliga arealförluster från länets skogsmark i avrinningen visar att utlakningen av baskatjoner är märkbart högre med nuvarande sulfathalter, jämfört med halter i balans med den nuvarande depo-

sitionen av svavel. Utlakningen av till exempel kalcium från hela länet är drygt 800 ton högre(11 %) från hela länet på grund av kvardröjande effekter av tidigare deposition. Även utlakningen av magnesium och kalium är förhöjd med samma procentsats enligt beräkningarna.

Depositionen av havssalt har stor betydelse för arealförlusterna av olika ämnen i sydvästra Sverige. Havssaltsandelen är mellan 30 och 70 % av det totala anjonflödet i olika delar av länet enligt beräkningarna i denna studie. Havssalt är inte långsiktigt försurande, men kan orsaka tillfälliga försurningseffekter i ytvatten genom jonbyte i sura skogs-jordar. Sådana tillfälliga surstötter kan åstadkomma stora biologiska effekter i mindre vattendrag.

Depositionen av oorganiskt kväve orsakar små direkta effekter på ytvattnet, eftersom det tas upp av växter och andra organismer. Upplagring av kväve i skogsmarken utgör dock alltid en risk för ökad utlakning, i synnerhet i samband med kalavverkning. Gödningseffekten av kväve gör att skogsträdens ökade tillväxt påskyndar en bio-logisk markförsurning.

Skogsbrukets inverkan på ytvatten

Skogsbruket kan påverka kvaliteten på avrinnande vatten på olika sätt. Trädslagsval och åldersfördelning påverkar storleken på depositionen av olika luftföroreningar, vilket i sin tur inverkar på mark och vatten. Hyggesupptagningar ökar utlakningen av nitrat och motsvarande katjoner under några år, men minskar även torrdepositionen. Övriga effekter har i denna studie bedömts som små eller omöjliga att kvantifiera. Den beräknade genomsnittliga utlakningen från Västra Götalands län av totalkväve, 2,95 kg per ha och år, är något högre än vad som tidigare beräknats för hela Göta Älvs tillrinningsområde, 2,08 kg per ha och år (Löfgren & Olsson, 1990). Skillnaden utgörs i första hand av att beräkningarna i denna studie ger högre utlakning av oorganiskt kväve, i synnerhet från hygge, än Löfgren & Olsson (1990). Det bör dock noteras att skogsmarksarealen i tillrinningsområdet till Göta älv är nära dubbelt så stor som Västra Götalands län. Områdena utanför länet har lägre kvävedeposition än inom länet, vilket påverkar utlakningen enligt beräkningarna.

En ökning av hyggesarealen till en bedömd maximal nivå på lång sikt ger ett ökat läckage av kväve på ca 230 ton från hela länet enligt beräkningarna.

Totalt ger den maximala hyggesarealen en extra utlakning på drygt 750 ton kväve per år, som är påverkbar med anpassad skogsskötsel (främst att lämna täta skärmar). Andelen kväveutlakning från hygge jämfört med hela skogsmarksarealen varierar med hyggesareal och storleken på kvävedepositionen. Några kustnära kommuner med liten skogsmarksareal har en hög andel, över 40 %, vilket kan bero på osäkra skogliga data. Kommuner med stor areal skog har i regel en andel utlakning av totalkväve från hygge mellan 10 och 30 %.

Den beräknade storleken på utlakning av kväve från hygge samt kostnaderna för att minska den med skärmskogsbruk (Carlsson, 2000), kan jämföras med andra källor som utlakning från åkermark och utsläpp från kommunala avloppsreningsverk. Dessa källor är tillsammans i storleksordningen åtta gånger större än ökad utlakning från hyggen i Göta älvs tillrinningsområde, enligt tidigare studier (Löfgren & Olsson, 1990).

Skogsträdens tillväxt och skörd, samt uppbyggnad av organiskt material, kan orsaka försurning av mark och vatten. Ytvatten i brukade områden som undersökts i denna studie skiljer sig dock inte från de obrukade avrinningsområdena. Protonbudgetar för referensområden som till exempel Gårdsjön (Nilsson 1985), Pipbäcken och Lommabäcken (Löfgren & Kvarnäs 1995) visar att naturliga processer bidrog med 52-66 % av proton tillförseln till skogsmarken under 1980-talet, trots att syradepositionen då var hög. När belastningen av luftföroreningar minskar blir markanvändningen allt viktigare för den långsiktiga utvecklingen av tillståndet i mark och vatten.

Beräkningar av genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark i Västra Götalands kommuner visar en betydande variation, trots att markegenskaperna antagits vara likartade i hela länet. Variationen beror på de relativt skarpa gradienterna av deposition av svavel, kväve och havssalt samt nederbörds mängd på västkusten. Utlakningen av oorganiskt kväve påverkas av hyggesareal och kvävedepositionens storlek, enligt beräkningarna. För att öka precisionen i beräkningarna på kommunnivå krävs ett mer detaljerat underlag om mark- och ytvattenkemi, samt skogstillstånd.

En sammanfattning av skogsbrukets nuvarande inverkan på arealförluster från skogsmark är att den modell som använts i denna studie endast kunnat urskilja hyggeseffekten samt trädslagets betydelse för deposition i beräkningar för kommunernas skogsmark. Kalhyggen ökar utlakningen av oorganiskt kväve, vilket även ökar utlakningen av andra ämnen. Granskog ökar depositionen av luftföroreningar jämfört med andra trädslag.

Likheten i ytvattenkemi mellan brukade och obrukade avrinningsområden som framgår av undersökningarna i länet kan bero på att alla områdena har haft en liknande skoglig utveckling under 1900-talet med ökande virkesförråd av barrträd efter en lång period med ett mer öppet landskap som påverkats av svedjebbruk och skogsbete. Tillväxten av skog, ökad upplagring av organiskt material i marken samt deposition av försurande luftföroreningar har bidragit till ett försurat tillstånd.

5. Referenser

- Akselsson, C. (red.) 2000. Övervakning av luftföroreningar i Västra Götalands län. IVL Aneboda, B 1376.
- Carlsson, M. (red.) 2000. Sustainable forestry at the landscape level – case study Asa. SUFOR program, Lund
- Hallgren Larsson E., Knulst, J., Lövblad, G., Malm, G., Sjöberg, K & Westling, O. 1997. Luftföroreningar i södra Sverige 19985-1995. IVL Aneboda, B1257.
- Karltun, E. 1995. Sulphate adsorption on variable-charge minerals in podzolized soils in relation to sulphur deposition and soil acidity. Inst. f. markvetenskap, SLU, rapporter och avhandlingar nr 26. ISSN 1100-4525.
- Löfgren, S. och Olsson, H. 1990. Tillförsel av kväve och fosfor till vattendrag i Sveriges inland. Naturvårdsverket. Rapport 3692.
- Löfgren, S och Kvarnäs, H. 1995. Ion mass balances for three small forested catchments in Sweden. *Wat. Air Soil Pollut.* 85:529-534.
- Löfgren, S., Bringmark, L., Aastrup, M., Hultberg, H., Kindbom, K., och Kvarnäs H. 2000. Sulphur balances and dynamics in three forested catchments in Sweden. *Wat. Air Soil Poll.*, special issue, Acid Rain 2000.
- Moldan, F. 1999. Reversal of Soil and Water Acidification in SW Sweden, Simulating the recovery Process. Doktorsavhandling SLU Umeå, Silvestria 117.
- Mörth, C-M., Torssander, P., Kusakabe, M., och Hultberg, H. 1999. Sulphur isotope values in a forested catchment over four years: Evidence for oxidation and reduction processes. *Biogeochemistry* 44:51-71.
- Nilsson, I. 1985. Why is Lake Gårdsjön acid? - An evaluation of processes contributing to soil and water acidification. *Ecol. Bull.* 37:311-318.
- Westling, O. och Örlander, G. 1999. Askåterföring till granplanteringar till mark med tidigare ristäkt. Lägesrapport till Energimyndigheten. IVL Aneboda och SLU Asa.
- Örlander, G., Langvall, O., Petersson, P. och Westling, O. 1997. Arealförluster av näringsämnen efter ristäkt och markberedning på sydsvenska hyggen. SLU Inst. för sydsvensk skogsvetenskap, Alnarp. Arbetsrapport 15.

Percentiler för halter

	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	3,960	0,021	0,021	0,019	0,001	0,032	0,043	0,000
5%	19,730	0,037	0,033	0,095	0,003	0,073	0,069	0,000
10%	25,052	0,044	0,038	0,103	0,004	0,088	0,078	0,000
25%	31,900	0,055	0,048	0,124	0,006	0,118	0,104	0,000
50%	41,090	0,070	0,065	0,190	0,009	0,152	0,180	0,001
75%	52,220	0,091	0,090	0,255	0,012	0,183	0,269	0,001
90%	65,966	0,120	0,110	0,300	0,014	0,239	0,320	0,003
95%	73,736	0,136	0,128	0,326	0,016	0,298	0,350	0,003
Max	130,580	0,545	0,472	0,821	0,066	0,952	0,423	0,016
n	1113	1113	1113	1113	1113	1061	1106	1113

	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,001	0,001	0,025	0,215	0,001	0,001	0,002	1,071
5%	0,005	0,006	0,148	0,271	0,001	0,003	0,006	6,130
10%	0,005	0,009	0,183	0,302	0,001	0,004	0,006	13,416
25%	0,008	0,017	0,256	0,349	0,002	0,005	0,008	30,739
50%	0,014	0,040	0,344	0,428	0,003	0,007	0,010	51,600
75%	0,034	0,091	0,446	0,529	0,004	0,009	0,013	68,144
90%	0,068	0,177	0,573	0,669	0,005	0,012	0,016	83,864
95%	0,090	0,217	0,674	0,804	0,006	0,016	0,021	97,872
Max	0,719	0,984	1,638	1,756	0,019	0,136	0,153	1249,502
n	1106	1107	1111	1113	1020	979	980	952

	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	89,000	102,000	0,010
5%	0,200	5,600	0,000	0,150	159,550	143,100	0,240
10%	0,200	6,500	0,000	0,240	182,100	155,000	0,262
25%	0,300	8,800	0,000	0,390	320,500	257,500	0,300
50%	0,400	11,200	0,030	0,560	416,500	372,000	0,373
75%	0,800	14,700	0,050	0,790	489,000	428,250	0,486
90%	2,540	19,900	0,070	1,100	556,900	493,000	0,634
95%	5,900	24,400	0,080	1,483	600,000	541,450	0,792
Max	460,700	81,700	0,330	5,410	965,000	722,000	1,330
n	967	965	507	500	272	172	258

Percentiler för arealförluster

	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,257
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,031
10%	0,200	0,016	0,007	0,037	0,002	0,000	0,050	-0,017
25%	3,960	0,142	0,081	0,429	0,027	0,673	0,566	-0,005
50%	12,100	0,419	0,225	1,138	0,095	2,043	1,597	0,000
75%	25,480	0,845	0,477	2,355	0,205	4,301	3,363	0,004
90%	44,226	1,387	0,865	4,500	0,392	7,534	7,200	0,018
95%	59,076	1,717	1,203	6,680	0,536	10,053	10,593	0,029
Max	139,490	6,787	3,487	21,744	1,733	33,231	36,410	0,358
n	1193	1193	1193	1193	1193	1190	1186	1186

	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10%	0,000	0,000	0,004	0,005	0,000	0,000	0,000	0,381
25%	0,001	0,002	0,037	0,049	0,000	0,001	0,001	4,446
50%	0,004	0,010	0,093	0,125	0,001	0,002	0,003	12,679
75%	0,013	0,032	0,201	0,259	0,002	0,004	0,006	30,822
90%	0,033	0,103	0,310	0,425	0,003	0,007	0,010	49,751
95%	0,050	0,174	0,402	0,572	0,004	0,010	0,012	61,078
Max	0,420	0,713	1,159	1,805	0,040	0,028	0,058	147,751
n	1193	1193	1191	1193	1102	1047	1048	1013

	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
10%	0,000	0,000	0,000	0,014	0,010	0,013
25%	0,000	0,001	0,000	0,068	0,036	0,033
50%	0,000	0,004	0,012	0,190	0,103	0,104
75%	0,000	0,007	0,024	0,327	0,229	0,234
90%	0,001	0,014	0,039	0,516	0,342	0,318
95%	0,002	0,019	0,050	0,700	0,409	0,406
Max	0,226	0,059	0,107	2,654	0,779	0,727
n	1023	1022	537	529	286	177

Percentiler för halter

	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	0,000	0,017	0,025	0,063	0,002	0,035	0,027	0,000
5%	0,000	0,037	0,047	0,147	0,004	0,067	0,123	0,000
10%	1,294	0,049	0,052	0,161	0,005	0,084	0,141	0,000
25%	5,868	0,087	0,063	0,182	0,008	0,114	0,166	0,000
50%	28,850	0,114	0,078	0,214	0,010	0,161	0,200	0,001
75%	43,953	0,149	0,095	0,258	0,013	0,219	0,252	0,002
90%	62,894	0,191	0,116	0,306	0,017	0,344	0,309	0,002
95%	72,828	0,219	0,133	0,324	0,020	0,384	0,349	0,003
Max	101,399	0,574	0,301	0,487	0,154	0,942	0,519	0,020
n	644	604	604	603	581	602	602	571

	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,003	0,001	-0,093	0,141	0,001	0,002	0,002	
5%	0,005	0,001	0,138	0,260	0,001	0,003	0,004	
10%	0,005	0,002	0,178	0,285	0,001	0,003	0,005	
25%	0,007	0,010	0,271	0,348	0,001	0,004	0,006	
50%	0,017	0,038	0,405	0,479	0,002	0,006	0,009	
75%	0,030	0,092	0,567	0,646	0,002	0,008	0,015	
90%	0,054	0,140	0,865	0,943	0,003	0,012	0,026	
95%	0,090	0,202	1,123	1,234	0,004	0,013	0,043	
Max	0,594	1,251	3,012	3,576	0,008	0,026	0,371	
n	604	604	604	604	105	105	604	

	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min					182,000		0,099
5%					223,200		0,245
10%					239,400		0,293
25%					270,000		0,364
50%					307,000		0,508
75%					362,000		0,754
90%					512,600		0,990
95%					595,600		1,076
Max					1002,000		1,873
n	0	0	0	0	109	0	476

Percentiler för arealförluster

Bil

	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,002	0,001	0,005	0,001	0,000	0,008	-0,001
5%	0,138	0,053	0,022	0,126	0,010	0,158	0,179	0,001
10%	0,254	0,112	0,047	0,221	0,019	0,308	0,311	0,002
25%	0,665	0,311	0,121	0,602	0,054	0,694	0,890	0,007
50%	1,680	0,662	0,212	1,012	0,105	1,441	1,544	0,014
75%	5,050	1,180	0,426	1,988	0,262	2,925	2,786	0,026
90%	11,310	1,616	0,552	2,797	0,418	4,357	4,696	0,044
95%	16,937	1,840	0,676	3,470	0,559	5,688	6,090	0,063
Max	41,610	2,908	1,172	6,286	0,698	8,647	11,186	0,081
n	128	128	128	127	105	127	126	104

	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån	TOC
Min	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000		
5%	0,000	0,001	0,017	0,020	0,000	0,000	0,000		
10%	0,001	0,001	0,028	0,034	0,000	0,000	0,000		
25%	0,002	0,004	0,060	0,072	0,000	0,001	0,001		
50%	0,004	0,015	0,106	0,128	0,000	0,001	0,002		
75%	0,009	0,040	0,206	0,269	0,001	0,003	0,004		
90%	0,015	0,072	0,297	0,369	0,001	0,005	0,007		
95%	0,022	0,089	0,367	0,464	0,002	0,006	0,009		
Max	0,057	0,178	0,624	0,754	0,004	0,008	0,012		
n	128	128	128	128	105	105	128		0

	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min					0,000	
5%					0,007	
10%					0,016	
25%					0,048	
50%					0,102	
75%					0,170	
90%					0,233	
95%					0,265	
Max					0,427	
n	0	0	0	0	109	0

Percentiler för halter

Vår	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l	ANC_me
Min	6,430	0,024	0,025	0,074	0,001	0,000	0,043	0,000	-0,1
5%	19,383	0,036	0,035	0,093	0,006	0,072	0,062	0,000	-0,0
10%	25,434	0,043	0,038	0,101	0,007	0,092	0,079	0,000	-0,0
25%	30,833	0,054	0,046	0,121	0,008	0,124	0,100	0,000	-0,0
50%	39,805	0,070	0,066	0,183	0,011	0,155	0,172	0,001	-0,0
75%	50,980	0,086	0,090	0,248	0,013	0,184	0,262	0,002	0,0
90%	62,980	0,117	0,110	0,290	0,015	0,245	0,324	0,003	0,0
95%	68,161	0,132	0,123	0,332	0,017	0,298	0,356	0,004	0,0
Max	99,180	0,517	0,164	0,821	0,027	0,423	0,419	0,006	0,6
n	298	298	298	298	298	298	298	298	29
Sommar	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l	ANC_me
Min	3,960	0,021	0,021	0,019	0,001	0,000	0,056	0,000	-0,2
5%	14,088	0,034	0,028	0,092	0,002	0,000	0,065	0,000	-0,0
10%	19,904	0,040	0,033	0,098	0,003	0,033	0,071	0,000	-0,0
25%	28,195	0,052	0,041	0,117	0,004	0,071	0,091	0,000	-0,0
50%	38,700	0,068	0,063	0,190	0,006	0,113	0,184	0,000	0,0
75%	47,325	0,094	0,083	0,242	0,008	0,161	0,268	0,001	0,0
90%	60,586	0,119	0,099	0,287	0,013	0,201	0,312	0,002	0,0
95%	68,234	0,136	0,118	0,322	0,015	0,257	0,335	0,003	0,0
Max	96,760	0,192	0,220	0,386	0,066	0,462	0,407	0,016	0,1
n	227	227	227	227	227	227	227	227	22
Höst	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l	ANC_me
Min	9,870	0,023	0,027	0,084	0,002	0,000	0,064	0,000	-0,1
5%	20,030	0,039	0,037	0,096	0,004	0,052	0,075	0,000	-0,0
10%	24,986	0,046	0,040	0,108	0,005	0,076	0,083	0,000	-0,0
25%	30,153	0,055	0,051	0,126	0,006	0,109	0,111	0,000	-0,0
50%	38,630	0,069	0,068	0,204	0,008	0,138	0,192	0,000	0,0
75%	51,953	0,092	0,090	0,267	0,010	0,177	0,277	0,001	0,0
90%	65,259	0,114	0,107	0,300	0,013	0,214	0,321	0,002	0,0
95%	71,620	0,131	0,125	0,323	0,014	0,280	0,339	0,002	0,0
Max	98,150	0,393	0,338	0,386	0,026	0,952	0,416	0,003	0,1
n	294	294	294	294	294	294	293	294	29
Vinter	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l	ANC_me
Min	6,630	0,024	0,024	0,082	0,003	0,000	0,054	0,000	-0,1
5%	25,219	0,038	0,039	0,098	0,006	0,098	0,076	0,000	-0,0
10%	29,378	0,045	0,044	0,108	0,006	0,111	0,082	0,000	-0,0
25%	36,598	0,057	0,052	0,131	0,007	0,132	0,113	0,001	-0,0
50%	45,060	0,073	0,065	0,186	0,010	0,166	0,175	0,001	-0,0
75%	59,180	0,095	0,097	0,256	0,012	0,188	0,261	0,002	0,0
90%	72,492	0,129	0,120	0,304	0,014	0,270	0,319	0,003	0,0
95%	78,105	0,147	0,136	0,323	0,015	0,317	0,350	0,004	0,0
Max	130,580	0,545	0,472	0,400	0,021	0,517	0,423	0,008	0,5
n	294	294	294	294	294	291	288	294	28

Percentiler för halter

Vår	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l	TOC_r
Min	0,000	0,000	0,042	0,215	0,000	0,000	0,000	4,602	11
5%	0,004	0,007	0,126	0,264	0,001	0,003	0,006	7,937	13
10%	0,005	0,012	0,164	0,285	0,001	0,004	0,006	11,190	14
25%	0,008	0,029	0,230	0,334	0,002	0,005	0,007	26,000	15
50%	0,016	0,052	0,301	0,409	0,002	0,007	0,009	44,231	16
75%	0,041	0,134	0,375	0,500	0,003	0,009	0,012	57,431	17
90%	0,078	0,211	0,473	0,613	0,005	0,012	0,016	67,398	17
95%	0,101	0,255	0,541	0,670	0,006	0,014	0,017	71,033	18
Max	0,719	0,391	0,748	1,321	0,014	0,030	0,034	82,271	19
n	298	298	297	298	280	263	263	254	
Sommar									
NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l	TOC_r	
Min	0,000	0,000	0,025	0,219	0,000	0,000	0,000	1,071	22
5%	0,005	0,003	0,207	0,277	0,001	0,004	0,006	6,694	24
10%	0,006	0,005	0,241	0,314	0,001	0,005	0,007	16,879	26
25%	0,007	0,009	0,320	0,376	0,002	0,006	0,009	41,076	31
50%	0,010	0,015	0,434	0,476	0,003	0,008	0,011	61,098	32
75%	0,017	0,037	0,589	0,646	0,004	0,011	0,016	83,303	34
90%	0,038	0,132	0,772	0,859	0,006	0,017	0,022	109,619	39
95%	0,059	0,177	0,945	1,038	0,009	0,026	0,032	143,351	43
Max	0,168	0,984	1,638	1,756	0,019	0,136	0,153	497,185	48
n	227	227	227	227	210	203	203	194	
Höst									
NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l	TOC_r	
Min	0,002	0,000	0,056	0,215	0,000	0,000	0,000	1,956	10
5%	0,004	0,005	0,164	0,278	0,001	0,003	0,006	3,790	12
10%	0,005	0,008	0,209	0,308	0,001	0,004	0,006	7,621	13
25%	0,007	0,014	0,294	0,358	0,002	0,006	0,008	37,389	19
50%	0,012	0,024	0,383	0,439	0,003	0,007	0,011	58,282	22
75%	0,029	0,053	0,474	0,521	0,004	0,010	0,013	76,455	28
90%	0,058	0,113	0,585	0,640	0,005	0,012	0,017	90,677	34
95%	0,070	0,142	0,711	0,786	0,006	0,018	0,022	103,299	36
Max	0,144	0,193	1,486	1,615	0,013	0,058	0,061	1249,502	39
n	294	294	294	294	273	263	263	255	
Vinter									
NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l	TOC_r	
Min	0,004	0,001	0,060	0,215	0,001	0,002	0,002	3,406	9
5%	0,005	0,011	0,134	0,269	0,001	0,003	0,005	6,194	9
10%	0,007	0,020	0,158	0,304	0,001	0,004	0,006	13,520	10
25%	0,011	0,039	0,232	0,346	0,002	0,004	0,007	24,315	12
50%	0,022	0,065	0,313	0,411	0,002	0,006	0,008	47,107	15
75%	0,050	0,141	0,384	0,509	0,003	0,008	0,011	64,534	16
90%	0,078	0,196	0,458	0,625	0,005	0,010	0,013	75,624	20
95%	0,098	0,254	0,503	0,687	0,005	0,012	0,015	79,776	21
Max	0,279	0,465	0,806	1,024	0,010	0,024	0,030	93,028	21
n	294	294	293	294	275	257	258	249	

Percentiler för halter

Bilaga 1

Vår	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	136,000	144,000	0,028
5%	0,000	4,760	0,000	0,065	155,500	146,250	0,248
10%	0,200	6,500	0,000	0,204	169,000	153,200	0,264
25%	0,300	9,100	0,000	0,375	286,500	179,000	0,288
50%	0,400	11,800	0,030	0,490	376,000	344,500	0,345
75%	0,800	15,700	0,050	0,635	432,500	365,750	0,420
90%	2,400	20,240	0,060	0,846	462,000	392,000	0,510
95%	4,505	28,160	0,090	1,032	490,500	415,750	0,558
Max	36,400	52,000	0,330	1,880	517,000	422,000	0,854
n	260	257	135	135	71	42	72
Sommar							
	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	160,000	102,000	0,028
5%	0,000	5,200	0,000	0,145	192,700	141,500	0,209
10%	0,300	6,200	0,000	0,318	232,400	174,600	0,294
25%	0,400	7,575	0,000	0,450	376,500	321,000	0,332
50%	0,500	9,900	0,000	0,665	464,000	396,500	0,432
75%	0,825	13,200	0,033	1,078	551,500	468,500	0,600
90%	2,600	18,250	0,050	1,669	651,200	524,800	0,798
95%	8,250	23,275	0,060	2,072	737,500	625,750	0,829
Max	18,000	81,700	0,100	3,080	965,000	722,000	0,854
n	196	196	100	98	63	44	53
Höst							
	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min	0,000	3,600	0,000	0,000	142,000	130,000	0,010
5%	0,200	6,100	0,000	0,194	172,700	146,200	0,241
10%	0,300	6,700	0,000	0,304	190,000	166,000	0,269
25%	0,300	8,700	0,000	0,400	337,500	317,000	0,312
50%	0,400	10,900	0,040	0,625	446,500	417,000	0,405
75%	0,800	14,300	0,050	0,853	527,500	480,000	0,501
90%	2,770	18,760	0,070	1,190	571,900	529,000	0,646
95%	6,945	23,400	0,083	1,545	618,700	546,800	0,788
Max	460,700	77,100	0,110	5,410	732,000	578,000	1,330
n	262	262	134	128	70	45	65
Vinter							
	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min	0,000	2,500	0,000	0,000	89,000	130,000	0,010
5%	0,200	5,990	0,000	0,170	152,000	137,000	0,171
10%	0,200	7,400	0,000	0,228	165,300	157,000	0,249
25%	0,300	9,700	0,000	0,375	232,250	193,000	0,297
50%	0,400	12,350	0,040	0,550	411,000	378,000	0,333
75%	0,800	15,675	0,058	0,695	473,750	424,000	0,408
90%	3,300	21,540	0,070	0,896	541,300	452,000	0,501
95%	6,660	24,520	0,080	1,060	547,650	493,000	0,633
Max	102,700	36,200	0,130	1,700	581,000	545,000	0,728
n	249	250	138	139	68	41	68

Percentiler för arealförluster

Bilaga 1

Vår	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,257
5%	0,065	0,003	0,001	0,006	0,001	0,000	0,009	-0,037
10%	0,932	0,036	0,024	0,124	0,011	0,201	0,188	-0,025
25%	5,375	0,199	0,111	0,516	0,054	1,158	0,731	-0,008
50%	14,120	0,481	0,273	1,384	0,141	2,667	1,903	-0,001
75%	26,980	0,925	0,537	2,785	0,291	5,000	3,778	0,003
90%	47,780	1,481	0,956	4,641	0,526	9,589	7,318	0,013
95%	62,301	1,990	1,219	6,386	0,645	11,730	9,770	0,024
Max	139,490	5,536	3,487	21,744	1,733	33,231	36,410	0,358
n	307	307	307	307	307	307	307	307
Sommar	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,085
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,014
10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006
25%	0,160	0,016	0,007	0,035	0,002	0,000	0,055	0,000
50%	3,410	0,133	0,075	0,396	0,018	0,500	0,569	0,000
75%	12,840	0,418	0,212	1,076	0,069	1,918	1,462	0,004
90%	27,400	0,851	0,486	2,250	0,145	3,656	3,110	0,018
95%	40,000	1,138	0,538	3,505	0,192	5,865	5,589	0,035
Max	80,670	2,232	1,303	8,872	0,656	13,744	14,000	0,084
n	281	281	281	281	281	281	281	281
Höst	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,130
5%	0,094	0,003	0,001	0,006	0,000	0,000	0,008	-0,026
10%	0,822	0,047	0,024	0,110	0,009	0,171	0,128	-0,015
25%	5,020	0,168	0,105	0,552	0,032	0,804	0,819	-0,003
50%	10,820	0,405	0,220	1,118	0,080	1,905	1,559	0,000
75%	20,260	0,708	0,392	1,990	0,156	3,333	3,021	0,006
90%	35,302	1,183	0,773	3,979	0,290	5,914	6,324	0,020
95%	50,332	1,429	1,010	6,041	0,417	9,583	10,243	0,030
Max	91,960	6,787	2,783	13,846	1,123	26,500	22,513	0,103
n	309	309	309	309	309	309	308	308
Vinter	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,168
5%	2,248	0,119	0,055	0,272	0,023	0,568	0,335	-0,040
10%	4,345	0,171	0,094	0,395	0,042	0,986	0,562	-0,027
25%	10,828	0,368	0,202	1,023	0,089	2,000	1,352	-0,009
50%	22,120	0,714	0,369	1,736	0,171	3,750	2,352	-0,002
75%	37,115	1,144	0,698	3,344	0,305	6,021	5,240	0,004
90%	57,335	1,655	1,204	6,829	0,488	9,221	10,764	0,017
95%	67,623	1,919	1,445	7,540	0,583	10,411	12,752	0,028
Max	119,230	4,369	2,961	17,692	1,205	22,103	28,000	0,207
n	296	296	296	296	296	293	290	290

Percentiler för arealförluster

Vår	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,034
10%	0,000	0,001	0,008	0,010	0,000	0,000	0,000	1,007
25%	0,002	0,005	0,041	0,058	0,000	0,001	0,001	4,815
50%	0,005	0,017	0,094	0,139	0,001	0,002	0,003	12,037
75%	0,020	0,058	0,229	0,295	0,002	0,005	0,007	28,990
90%	0,044	0,150	0,346	0,497	0,003	0,009	0,011	50,661
95%	0,069	0,209	0,407	0,663	0,004	0,013	0,018	63,658
Max	0,420	0,713	0,754	1,805	0,040	0,026	0,058	125,433
n	307	307	306	307	288	271	271	262
Sommar	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25%	0,000	0,000	0,003	0,005	0,000	0,000	0,000	0,310
50%	0,001	0,002	0,042	0,051	0,000	0,001	0,001	5,180
75%	0,004	0,006	0,129	0,142	0,001	0,003	0,004	24,617
90%	0,009	0,014	0,295	0,312	0,002	0,006	0,009	48,334
95%	0,015	0,027	0,342	0,393	0,003	0,008	0,010	60,251
Max	0,048	0,530	0,635	0,839	0,009	0,013	0,015	147,751
n	281	281	281	281	254	245	245	236
Höst	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,339
10%	0,000	0,000	0,010	0,015	0,000	0,000	0,001	1,090
25%	0,001	0,002	0,045	0,053	0,000	0,001	0,001	5,524
50%	0,003	0,007	0,100	0,122	0,001	0,002	0,003	13,671
75%	0,009	0,015	0,183	0,222	0,002	0,004	0,006	29,988
90%	0,024	0,054	0,279	0,330	0,003	0,007	0,009	48,352
95%	0,033	0,090	0,412	0,518	0,004	0,009	0,012	59,852
Max	0,130	0,217	1,159	1,280	0,008	0,019	0,025	115,052
n	309	309	309	309	283	272	272	264
Vinter	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,001	0,001	0,021	0,027	0,000	0,000	0,001	2,683
10%	0,002	0,004	0,033	0,049	0,000	0,001	0,001	4,446
25%	0,004	0,013	0,070	0,105	0,001	0,002	0,003	8,760
50%	0,009	0,024	0,144	0,202	0,001	0,003	0,004	19,723
75%	0,025	0,069	0,221	0,305	0,002	0,005	0,006	34,092
90%	0,044	0,188	0,318	0,485	0,003	0,006	0,009	49,904
95%	0,064	0,251	0,405	0,636	0,004	0,009	0,012	56,055
Max	0,177	0,505	1,067	1,355	0,011	0,028	0,039	97,115
n	296	296	295	296	277	259	260	251

Percentiler för arealförluster

Bilaga 1

Vår	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,014
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,024
10%	0,000	0,000	0,000	0,022	0,047	0,039
25%	0,000	0,002	0,000	0,077	0,075	0,057
50%	0,000	0,004	0,012	0,193	0,126	0,092
75%	0,000	0,009	0,027	0,304	0,259	0,193
90%	0,001	0,016	0,041	0,519	0,343	0,308
95%	0,002	0,023	0,049	0,636	0,393	0,320
Max	0,035	0,056	0,069	1,279	0,779	0,412
n	268	265	140	140	71	42
Sommar	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
25%	0,000	0,000	0,000	0,022	0,007	0,014
50%	0,000	0,001	0,000	0,118	0,040	0,070
75%	0,000	0,003	0,015	0,291	0,158	0,155
90%	0,000	0,007	0,025	0,449	0,301	0,263
95%	0,001	0,009	0,039	0,682	0,388	0,400
Max	0,009	0,021	0,095	1,171	0,661	0,727
n	233	234	119	116	74	47
Höst	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002
10%	0,000	0,000	0,000	0,017	0,008	0,004
25%	0,000	0,002	0,000	0,083	0,030	0,028
50%	0,000	0,003	0,012	0,191	0,070	0,086
75%	0,000	0,006	0,021	0,283	0,222	0,231
90%	0,001	0,011	0,038	0,496	0,291	0,287
95%	0,002	0,015	0,059	0,745	0,340	0,333
Max	0,226	0,048	0,094	2,654	0,661	0,561
n	271	271	140	134	73	47
Vinter	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,018
5%	0,000	0,001	0,000	0,029	0,031	0,019
10%	0,000	0,001	0,000	0,048	0,038	0,032
25%	0,000	0,003	0,000	0,102	0,127	0,122
50%	0,000	0,006	0,017	0,218	0,187	0,184
75%	0,000	0,010	0,031	0,395	0,306	0,279
90%	0,001	0,018	0,042	0,534	0,412	0,377
95%	0,003	0,023	0,051	0,697	0,488	0,457
Max	0,107	0,059	0,107	1,769	0,576	0,517
n	251	252	138	139	68	41

Percentiler för halter

Vår	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	1,518	0,035	0,046	0,141	0,004	0,035	0,108	0,000
10%	2,558	0,040	0,048	0,147	0,006	0,041	0,131	0,000
25%	7,624	0,081	0,061	0,177	0,009	0,050	0,157	0,000
50%	30,044	0,106	0,078	0,202	0,011	0,061	0,198	0,001
75%	43,482	0,132	0,089	0,249	0,015	0,112	0,246	0,002
90%	56,592	0,158	0,104	0,288	0,019	0,137	0,305	0,003
95%	63,541	0,182	0,117	0,310	0,023	0,143	0,345	0,005
Max	78,944	0,341	0,162	0,487	0,154	0,374	0,519	0,020
n	159	159	159	158	153	158	157	159
Sommar	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25%	0,991	0,049	0,045	0,151	0,003	0,017	0,122	0,000
50%	14,007	0,105	0,066	0,194	0,007	0,040	0,172	0,000
75%	34,927	0,149	0,079	0,245	0,010	0,077	0,226	0,000
90%	47,067	0,207	0,119	0,294	0,012	0,111	0,271	0,001
95%	61,149	0,253	0,142	0,321	0,016	0,128	0,331	0,001
Max	91,926	0,574	0,292	0,400	0,049	0,314	0,490	0,003
n	156	156	156	156	151	156	156	156
Höst	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	0,900	0,031	0,040	0,135	0,003	0,024	0,119	0,000
10%	2,019	0,045	0,052	0,162	0,004	0,029	0,141	0,000
25%	6,160	0,088	0,066	0,188	0,007	0,047	0,169	0,000
50%	30,704	0,123	0,083	0,227	0,010	0,069	0,200	0,000
75%	46,780	0,171	0,101	0,267	0,013	0,107	0,250	0,001
90%	69,290	0,213	0,128	0,318	0,018	0,144	0,328	0,002
95%	75,814	0,247	0,163	0,345	0,019	0,175	0,365	0,002
Max	91,004	0,528	0,301	0,393	0,051	0,292	0,475	0,006
n	161	161	161	161	155	161	161	161
Vinter	H+_mean µg/l	Ca mekv/l	Mg mekv/l	Na mekv/l	K mekv/l	SO4 mekv/l	Cl mekv/l	NO3 mekv/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5%	2,689	0,036	0,050	0,148	0,004	0,035	0,126	0,000
10%	3,973	0,043	0,053	0,161	0,006	0,040	0,148	0,000
25%	13,308	0,087	0,063	0,185	0,009	0,055	0,172	0,001
50%	34,495	0,112	0,080	0,217	0,011	0,069	0,210	0,001
75%	51,237	0,137	0,095	0,257	0,014	0,109	0,260	0,002
90%	68,170	0,156	0,107	0,296	0,016	0,132	0,307	0,003
95%	75,276	0,167	0,122	0,312	0,019	0,151	0,332	0,004
Max	101,399	0,219	0,146	0,355	0,045	0,318	0,454	0,011
n	168	168	168	168	162	168	168	168

Percentiler för halter

Vår	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	
5%	0,005	0,003	0,078	0,189	0,001	0,003	0,003	
10%	0,005	0,006	0,141	0,233	0,001	0,004	0,004	
25%	0,008	0,016	0,210	0,299	0,001	0,004	0,006	
50%	0,014	0,063	0,294	0,380	0,002	0,006	0,008	
75%	0,026	0,109	0,427	0,521	0,002	0,009	0,012	
90%	0,038	0,168	0,585	0,748	0,003	0,012	0,018	
95%	0,051	0,317	0,673	0,837	0,004	0,012	0,028	
Max	0,220	1,251	1,355	2,593	0,005	0,015	0,058	
n	159	159	159	159	27	27	159	0
Sommar	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	
5%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	
10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	
25%	0,005	0,001	0,260	0,283	0,001	0,005	0,006	
50%	0,009	0,003	0,510	0,557	0,002	0,006	0,014	
75%	0,022	0,018	0,720	0,744	0,002	0,008	0,022	
90%	0,067	0,042	1,186	1,227	0,003	0,014	0,039	
95%	0,112	0,059	1,707	1,801	0,004	0,017	0,080	
Max	0,594	0,213	3,012	3,576	0,005	0,026	0,148	
n	156	156	156	156	25	25	156	0
Höst	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	
5%	0,005	0,001	0,138	0,260	0,001	0,004	0,004	
10%	0,005	0,001	0,202	0,304	0,001	0,004	0,005	
25%	0,005	0,003	0,351	0,405	0,001	0,005	0,007	
50%	0,016	0,021	0,474	0,531	0,002	0,006	0,011	
75%	0,032	0,055	0,633	0,693	0,003	0,008	0,016	
90%	0,055	0,097	0,924	0,992	0,003	0,013	0,025	
95%	0,099	0,137	1,071	1,235	0,003	0,013	0,050	
Max	0,372	0,368	1,550	1,656	0,004	0,014	0,371	
n	161	161	161	161	26	26	161	0
Vinter	NH4_N_mean mg/l	NO2+NO3_N_mean mg/l	OrgN_mean mg/l	TotN_mean mg/l	PO4-P_mean mg/l	ÖvrP_mean mg/l	Tot_P_mean mg/l	KMnO4_mean mg/l
Min	0,000	0,000	-0,093	0,000	0,001	0,002	0,000	
5%	0,005	0,011	0,133	0,267	0,001	0,002	0,003	
10%	0,005	0,017	0,146	0,285	0,001	0,002	0,004	
25%	0,011	0,041	0,228	0,331	0,001	0,003	0,005	
50%	0,021	0,082	0,305	0,412	0,001	0,005	0,007	
75%	0,035	0,123	0,426	0,555	0,003	0,006	0,010	
90%	0,058	0,182	0,561	0,709	0,003	0,007	0,014	
95%	0,079	0,242	0,658	0,799	0,004	0,009	0,021	
Max	0,277	0,691	0,865	1,662	0,008	0,012	0,167	
n	168	168	168	168	27	27	168	0

Percentiler för halter

Bilaga 1

Vår	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min					246,000		0,000
5%					248,200		0,220
10%					252,800		0,234
25%					263,500		0,318
50%					277,000		0,405
75%					305,500		0,609
90%					350,800		0,994
95%					376,300		1,073
Max					509,000		1,556
n	0	0	0	0	27	0	126
Sommar	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min					190,000		0,000
5%					222,900		0,000
10%					232,200		0,000
25%					285,000		0,293
50%					319,000		0,571
75%					387,500		0,774
90%					590,000		0,964
95%					639,900		1,072
Max					1002,000		1,873
n	0	0	0	0	27	0	126
Höst	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min					189,000		0,000
5%					231,150		0,295
10%					240,500		0,333
25%					273,500		0,420
50%					313,000		0,523
75%					389,000		0,719
90%					563,100		0,941
95%					630,800		1,012
Max					942,000		1,312
n	0	0	0	0	28	0	129
Vinter	Cu_mean µg/l	Zn_mean µg/l	Cd_mean µg/l	Pb_mean µg/l	Al_s_mean µg/l	Al_ICP_mean µg/l	Al_AAS (mg/l)
Min					182,000		0,000
5%					216,300		0,226
10%					226,000		0,249
25%					274,000		0,336
50%					305,000		0,430
75%					358,500		0,652
90%					372,600		0,991
95%					463,200		1,103
Max					555,000		1,511
n	0	0	0	0	27	0	135

Percentiler för arealförluster

Bilaga 1

Vår	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,
Min	0,200	0,059	0,025	0,123	0,013	0,179	0,188	-0,001
5%	0,546	0,137	0,059	0,304	0,030	0,409	0,478	0,002
10%	0,726	0,231	0,098	0,570	0,049	0,667	0,776	0,003
25%	1,140	0,403	0,172	0,796	0,097	1,269	1,126	0,007
50%	1,910	0,738	0,294	1,487	0,196	2,264	2,134	0,013
75%	6,040	1,186	0,444	2,089	0,388	3,456	2,947	0,017
90%	10,136	1,416	0,518	2,752	0,497	4,214	4,586	0,035
95%	12,250	1,535	0,531	3,095	0,584	4,634	5,045	0,051
Max	17,960	1,665	0,669	3,423	0,694	5,971	6,107	0,081
n	33	33	33	32	27	32	31	26
Sommar	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,
Min	0,000	0,002	0,001	0,005	0,001	0,000	0,008	0,000
5%	0,015	0,007	0,003	0,017	0,001	0,022	0,026	0,000
10%	0,056	0,026	0,011	0,064	0,003	0,071	0,096	0,000
25%	0,183	0,078	0,033	0,193	0,016	0,239	0,309	0,002
50%	0,430	0,332	0,121	0,567	0,054	0,648	0,773	0,008
75%	1,475	0,544	0,139	0,956	0,077	0,896	1,421	0,019
90%	3,001	0,986	0,253	1,446	0,132	1,323	2,204	0,030
95%	4,875	1,152	0,284	1,696	0,158	1,630	2,666	0,033
Max	6,330	1,559	0,351	2,087	0,213	2,192	3,512	0,047
n	30	30	30	30	25	30	30	25
Höst	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,
Min	0,170	0,114	0,047	0,167	0,028	0,324	0,214	0,003
5%	0,250	0,158	0,050	0,240	0,037	0,397	0,344	0,004
10%	0,322	0,196	0,074	0,328	0,039	0,517	0,411	0,005
25%	0,603	0,245	0,102	0,562	0,050	0,655	0,892	0,007
50%	1,075	0,456	0,163	0,850	0,081	0,992	1,343	0,013
75%	2,918	1,116	0,386	1,409	0,191	1,945	2,482	0,028
90%	11,430	1,527	0,509	2,610	0,372	2,750	4,521	0,050
95%	14,452	1,833	0,709	3,310	0,518	4,747	5,403	0,056
Max	25,060	2,172	0,803	4,787	0,573	5,794	8,210	0,068
n	32	32	32	32	26	32	32	26
Vinter	H+ g/ha,mån	Ca kg/ha,mån	Mg kg/ha,mån	Na kg/ha,mån	K kg/ha,mån	SO4 kg/ha,mån	Cl kg/ha,mån	ANC kgekv/ha,
Min	0,340	0,073	0,031	0,155	0,016	0,224	0,230	0,002
5%	0,512	0,238	0,105	0,535	0,036	0,723	0,718	0,003
10%	1,012	0,373	0,159	0,792	0,081	1,077	1,242	0,006
25%	1,930	0,521	0,185	0,971	0,121	1,521	1,397	0,011
50%	3,710	1,085	0,398	1,912	0,221	2,908	2,716	0,021
75%	9,460	1,696	0,565	2,416	0,341	4,340	4,072	0,032
90%	19,706	1,895	0,686	3,866	0,503	5,958	6,748	0,066
95%	28,990	2,035	0,803	5,121	0,596	6,573	8,075	0,075
Max	41,610	2,908	1,172	6,286	0,698	8,647	11,186	0,081
n	33	33	33	33	27	33	33	27

Percentiler för arealförluster

Vår	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,001	0,001	0,019	0,024	0,000	0,000	0,000	
5%	0,001	0,004	0,028	0,034	0,000	0,000	0,001	
10%	0,002	0,005	0,046	0,060	0,000	0,000	0,001	
25%	0,003	0,012	0,066	0,096	0,000	0,001	0,002	
50%	0,006	0,025	0,146	0,164	0,001	0,002	0,003	
75%	0,011	0,062	0,175	0,277	0,001	0,004	0,005	
90%	0,020	0,077	0,289	0,373	0,002	0,006	0,007	
95%	0,035	0,119	0,329	0,471	0,002	0,008	0,009	
Max	0,057	0,178	0,400	0,503	0,002	0,008	0,010	
n	33	33	33	33	27	27	33	0
Sommar	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	
5%	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	
10%	0,000	0,000	0,005	0,006	0,000	0,000	0,000	
25%	0,000	0,001	0,024	0,025	0,000	0,000	0,000	
50%	0,003	0,002	0,067	0,073	0,000	0,001	0,002	
75%	0,004	0,005	0,106	0,112	0,000	0,002	0,003	
90%	0,005	0,014	0,184	0,192	0,001	0,004	0,005	
95%	0,006	0,018	0,202	0,223	0,001	0,004	0,006	
Max	0,007	0,019	0,260	0,266	0,001	0,004	0,008	
n	30	30	30	30	25	25	30	0
Höst	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,000	0,001	0,028	0,033	0,000	0,000	0,000	
5%	0,001	0,003	0,031	0,036	0,000	0,000	0,001	
10%	0,001	0,003	0,031	0,038	0,000	0,000	0,001	
25%	0,002	0,004	0,058	0,067	0,000	0,001	0,001	
50%	0,003	0,009	0,103	0,112	0,000	0,001	0,002	
75%	0,007	0,017	0,259	0,295	0,001	0,003	0,005	
90%	0,012	0,035	0,343	0,369	0,002	0,005	0,008	
95%	0,014	0,049	0,373	0,433	0,002	0,005	0,010	
Max	0,019	0,071	0,602	0,653	0,004	0,006	0,012	
n	32	32	32	32	26	26	32	0
Vinter	NH4_N kg/ha,mån	NO2+NO3_N kg/ha,mån	Org_N kg/ha,mån	TotN kg/ha,mån	PO4_P kg/ha,mån	ÖvrP kg/ha,mån	TotP kg/ha,mån	KMnO4 kg/ha,mån
Min	0,001	0,004	0,016	0,021	0,000	0,000	0,000	
5%	0,002	0,009	0,038	0,050	0,000	0,000	0,001	
10%	0,003	0,015	0,056	0,091	0,000	0,001	0,001	
25%	0,004	0,024	0,084	0,116	0,000	0,001	0,002	
50%	0,007	0,042	0,182	0,248	0,001	0,002	0,003	
75%	0,014	0,064	0,236	0,296	0,001	0,003	0,004	
90%	0,022	0,090	0,316	0,424	0,001	0,004	0,007	
95%	0,025	0,101	0,450	0,565	0,001	0,006	0,007	
Max	0,032	0,138	0,624	0,754	0,002	0,008	0,009	
n	33	33	33	33	27	27	33	0

Percentiler för arealförluster

Bilaga 1

Vår	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min					0,009	
5%					0,020	
10%					0,033	
25%					0,056	
50%					0,106	
75%					0,147	
90%					0,177	
95%					0,204	
Max					0,220	
n	0	0	0	0	27	0
Sommar	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min					0,000	
5%					0,001	
10%					0,003	
25%					0,015	
50%					0,054	
75%					0,097	
90%					0,153	
95%					0,171	
Max					0,187	
n	0	0	0	0	27	0
Höst	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min					0,012	
5%					0,026	
10%					0,032	
25%					0,048	
50%					0,078	
75%					0,203	
90%					0,271	
95%					0,311	
Max					0,427	
n	0	0	0	0	28	0
Vinter	Cu kg/ha,mån	Zn kg/ha,mån	Cd g/ha,mån	Pb g/ha,mån	Al_s kg/ha,mån	Al_ICP kg/ha,mån
Min					0,011	
5%					0,027	
10%					0,056	
25%					0,109	
50%					0,138	
75%					0,212	
90%					0,265	
95%					0,267	
Max					0,300	
n	0	0	0	0	27	0

Signifikativa trender

Bilaga 1

	Tidsperiod	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANC (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*	+						+	+	+		+
	Brätångsbäcken	1985-99				+	+	+					
	Lommabäcken Nedre	1985-99				+	+	+					+
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+				+						
	Ringsmobäcken	1985-99	+										
pH	Aneboda IM	1985-99*									+		
	Brätångsbäcken	1985-99				++							+
	Lommabäcken Nedre	1985-99			+	++	+	+	+	+			++
	Pipbäcken Nedre	1985-99	++	+									
	Ringsmobäcken	1985-99		+	+					+			
Ca (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*											
	Brätångsbäcken	1985-99	-	--	--	-	--	-	-	-	-	-	--
	Lommabäcken Nedre	1985-99	--	---	--	--	--	---	--	-	--	---	---
	Pipbäcken Nedre	1985-99	-	-					-			--	-
	Ringsmobäcken	1985-99											
Mg (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*											
	Brätångsbäcken	1985-99		-	--	-	-	--	-	-	-		-
	Lommabäcken Nedre	1985-99	--	--	---	-	-	---	-	-	-	--	--
	Pipbäcken Nedre	1985-99											
	Ringsmobäcken	1985-99											
Na (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*											
	Brätångsbäcken	1985-99											
	Lommabäcken Nedre	1985-99											
	Pipbäcken Nedre	1985-99											
	Ringsmobäcken	1985-99											
K (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*					-	-					
	Brätångsbäcken	1985-99											
	Lommabäcken Nedre	1985-99											
	Pipbäcken Nedre	1985-99							+	+			+
	Ringsmobäcken	1985-99	-										
SO4 (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*		-		-							
	Brätångsbäcken	1985-99	-	-	--	---	--	---	--	-	-	-	-
	Lommabäcken Nedre	1985-99	-	--		---	--	---	-	-	-	--	--
	Pipbäcken Nedre	1985-99	-	-		-	--	--	-			-	-
	Ringsmobäcken	1985-99	-		--	-						--	-
Cl (mekv/l)	Aneboda IM	1985-99*					+						
	Brätångsbäcken	1985-99											
	Lommabäcken Nedre	1985-99											
	Pipbäcken Nedre	1985-99											
	Ringsmobäcken	1985-99											
KMnO4 (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Brätångsbäcken	1985-99	++	+	+	++	+++	++	++	+	+	+++	+++
	Lommabäcken Nedre	1985-99	+		+	++	+++	++	+	+		++	++
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+	+				++				+	+
	Ringsmobäcken	1985-99									+	+	
Q (l/s,km2)	Aneboda IM	1985-99*					-						
	Brätångsbäcken	1985-99									-	+	
	Lommabäcken Nedre	1985-99		++	+						-	+	
	Pipbäcken Nedre	1985-99											
	Ringsmobäcken	1985-99											

Signifikativa trender

Bila

	Tidsperiod	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NH ₄ -N (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*								+			
	Bråtängsbäcken	1985-99											
	Lommabäcken Nedre	1985-99		--	--								
	Pipbäcken Nedre	1985-99						+	++	++			
	Ringsmobäcken	1985-99					+						
NO ₃ -N (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*											
	Bråtängsbäcken	1985-99											
	Lommabäcken Nedre	1985-99				---							
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+++	++	+						++	++	+
	Ringsmobäcken	1985-99							-	-			
Org-N (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*					+	+			+		+
	Bråtängsbäcken	1985-99				++	+	+					
	Lommabäcken Nedre	1985-99				++	++	+					
	Pipbäcken Nedre	1985-99						++	+		++	+	
	Ringsmobäcken	1985-99					+			++	++	+	
Tot-N (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	+					+					+
	Bråtängsbäcken	1985-99				++	++						
	Lommabäcken Nedre	1985-99				+	++	+					
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+	++			+			+	++	+	+
	Ringsmobäcken	1985-99					+			++	++	+	
PO ₄ -P (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99						-					
	Lommabäcken Nedre	1985-99											
	Pipbäcken Nedre	1985-99			--								
	Ringsmobäcken	1985-99			-		-		-	-			
Tot-P (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99		-	--	-							
	Lommabäcken Nedre	1985-99		-	-	-							-
	Pipbäcken Nedre	1985-99		--	--		-	+					
	Ringsmobäcken	1985-99			-	-	-		--	-			
KMnO ₄ (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99	++	+	+	++	+++	++	++	+		+	+++
	Lommabäcken Nedre	1985-99	+		+	++	+++	++	+	+		++	++
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+	+				++				+	+
	Ringsmobäcken	1985-99									+	+	
Q (l/s,km ²)	Aneboda IM	1985-99*					-						
	Bråtängsbäcken	1985-99								-	+		
	Lommabäcken Nedre	1985-99		++	+					-	+		
	Pipbäcken Nedre	1985-99											
	Ringsmobäcken	1985-99							-				

* Ej okt-dec 1995 och hela 1996

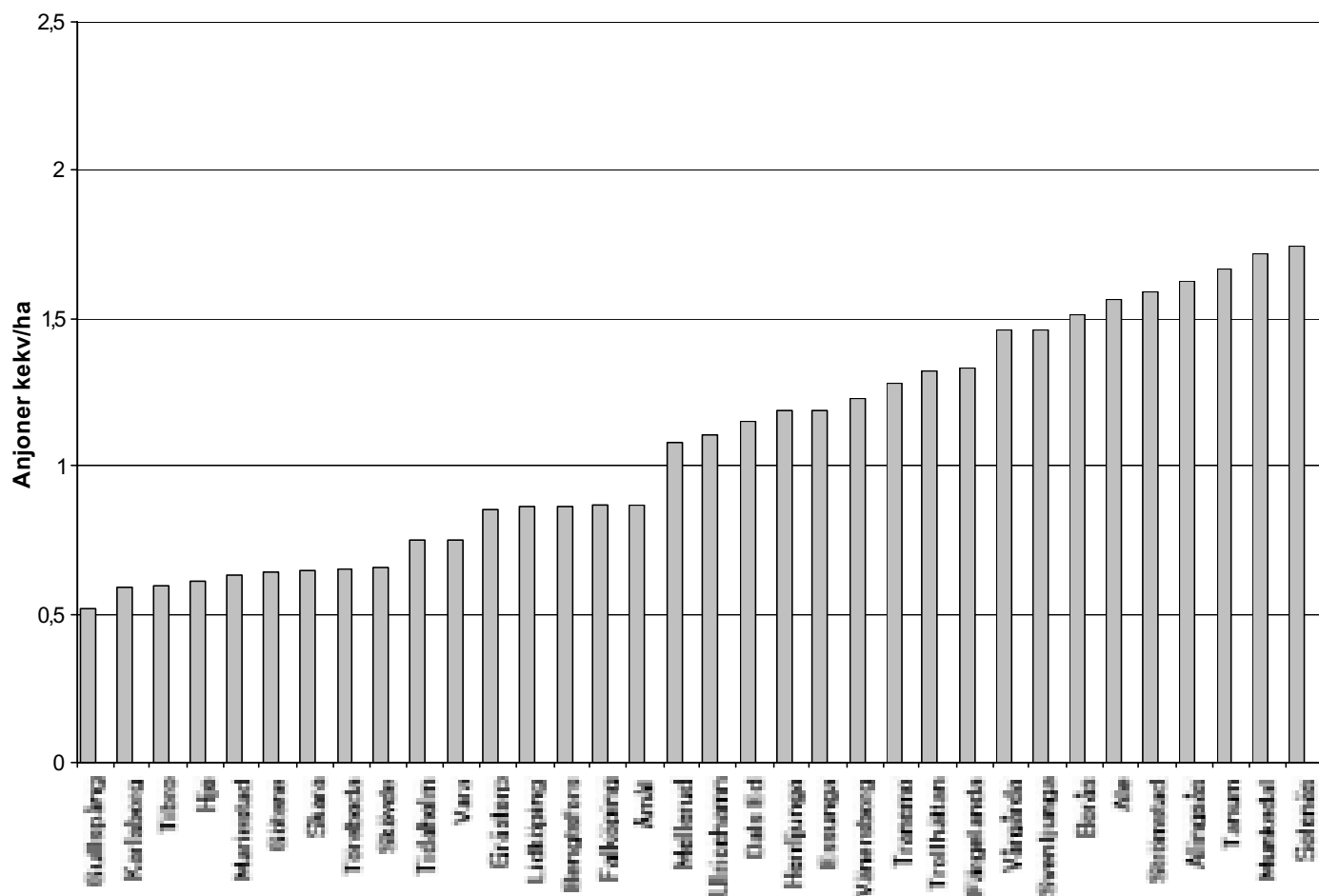
Signifikativa trender

Bilaga 1

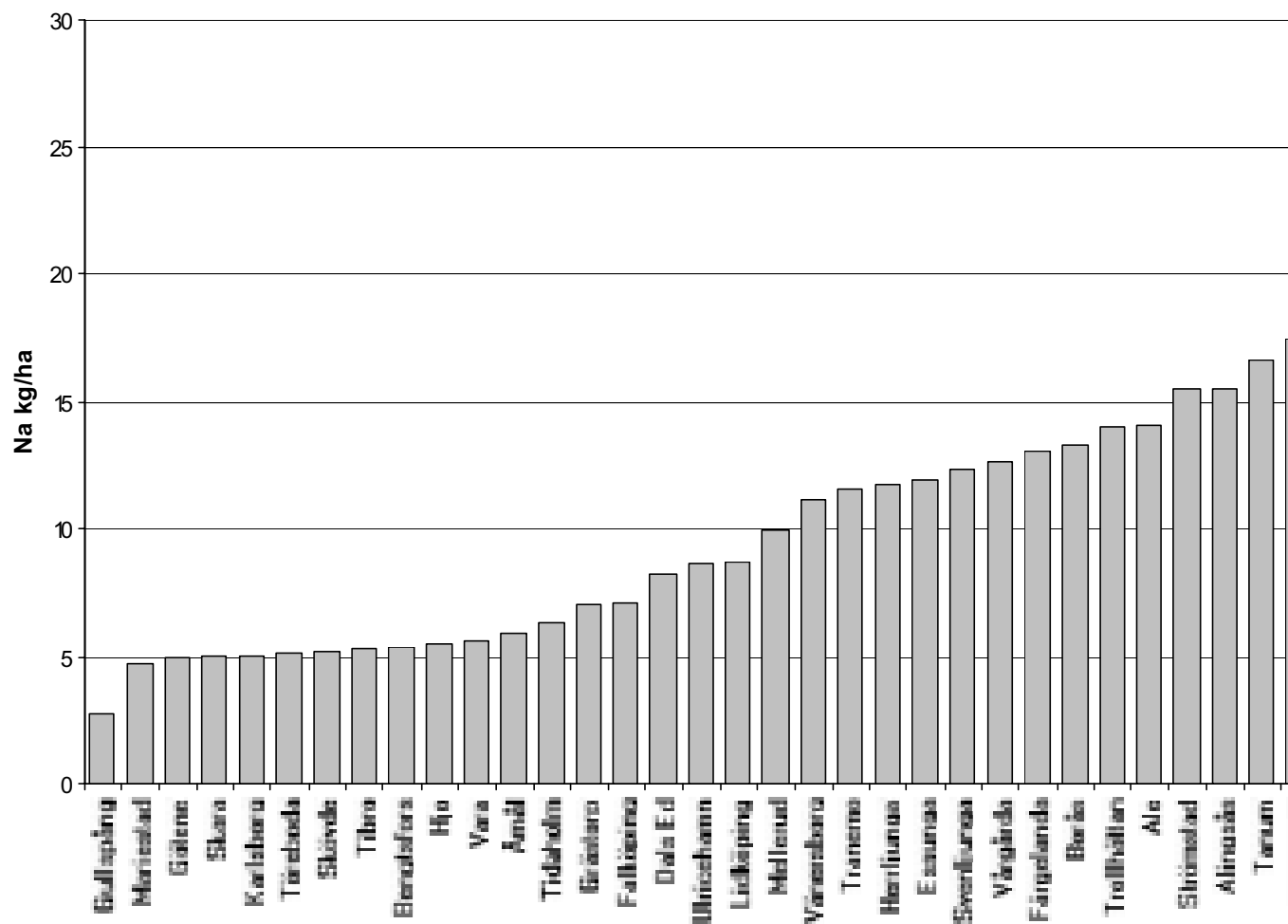
		Tidsperiod	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cu (µg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99	-					-				-	---	--
	Lommabäcken Nedre	1985-99	--	---		--		-		-			-	-
	Pipbäcken Nedre	1985-99						--				--	-	-
	Ringsmobäcken	1985-99	-	--					-					-
Zn (µg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99	-	-	--	--	-	-	-			-	--	--
	Lommabäcken Nedre	1985-99	--	--	---	--	-	---	-		-	---	--	--
	Pipbäcken Nedre	1985-99						--	-				--	-
	Ringsmobäcken	1985-99	--	--	-							-	-	-
Cd (µg/l)	Aneboda IM	1985-99*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Bråtängsbäcken	1985-99								--	-		-	
	Lommabäcken Nedre	1985-99								-				
	Pipbäcken Nedre	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Ringsmobäcken	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pb (µg/l)	Aneboda IM	1985-99*												
	Bråtängsbäcken	1985-99						++						
	Lommabäcken Nedre	1985-99						+						
	Pipbäcken Nedre	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Ringsmobäcken	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Al-ICP/AAS (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*	+											
	Bråtängsbäcken	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Lommabäcken Nedre	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pipbäcken Nedre	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Ringsmobäcken	1985-99	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
KMnO4 (mg/l)	Aneboda IM	1985-99*												
	Bråtängsbäcken	1985-99	++	+	+	++	+++	++	++	+		+	+++	+++
	Lommabäcken Nedre	1985-99	+		+	++	+++	++	+	+			++	++
	Pipbäcken Nedre	1985-99	+	+				++					+	+
	Ringsmobäcken	1985-99										+	+	
Q (l/s,km2)	Aneboda IM	1985-99*												
	Bråtängsbäcken	1985-99									-	+		
	Lommabäcken Nedre	1985-99		++	+						-	+		
	Pipbäcken Nedre	1985-99												
	Ringsmobäcken	1985-99								-				

* Ej okt-dec 1995 och hela 1996

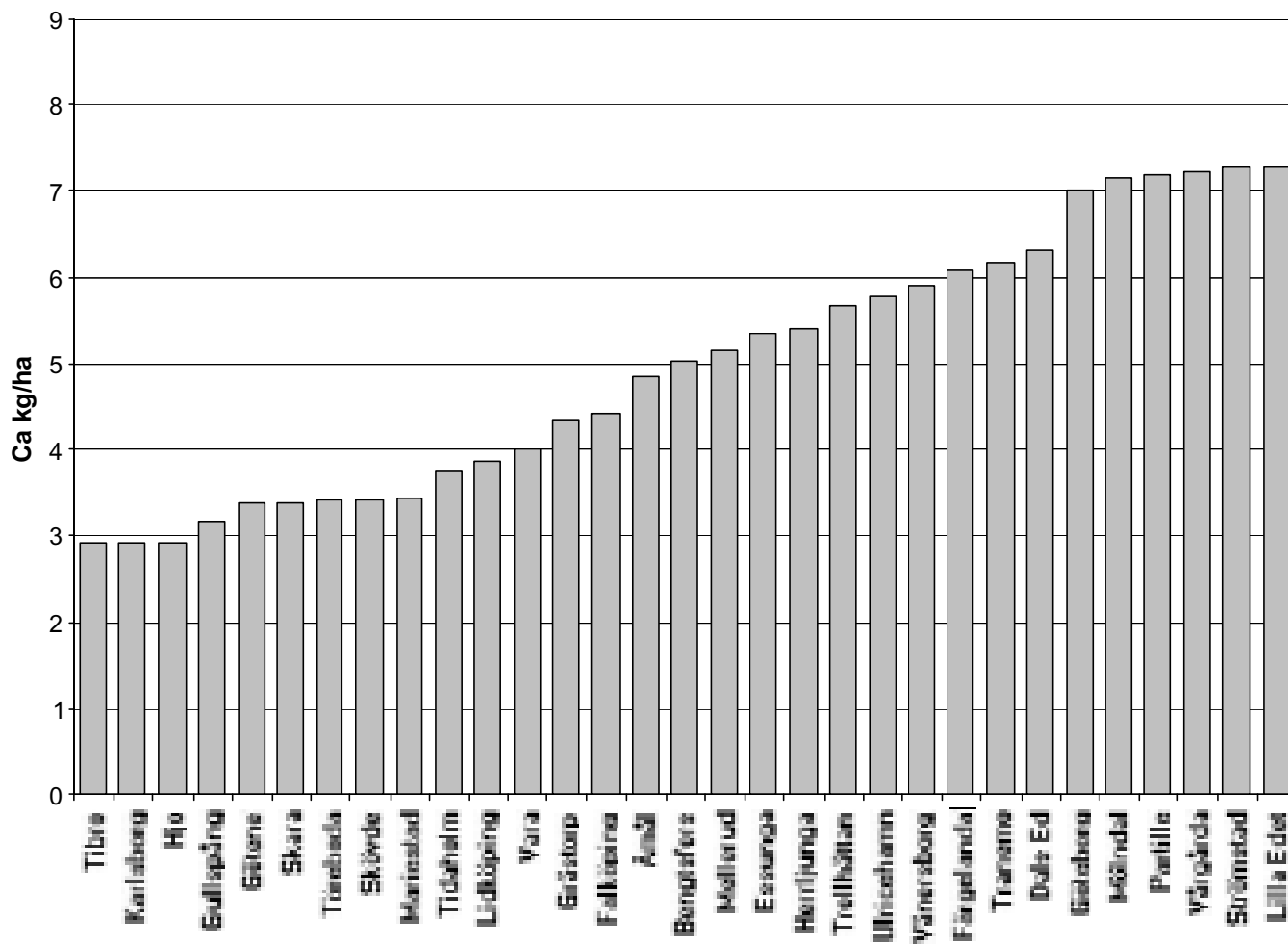
Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsmark, kom



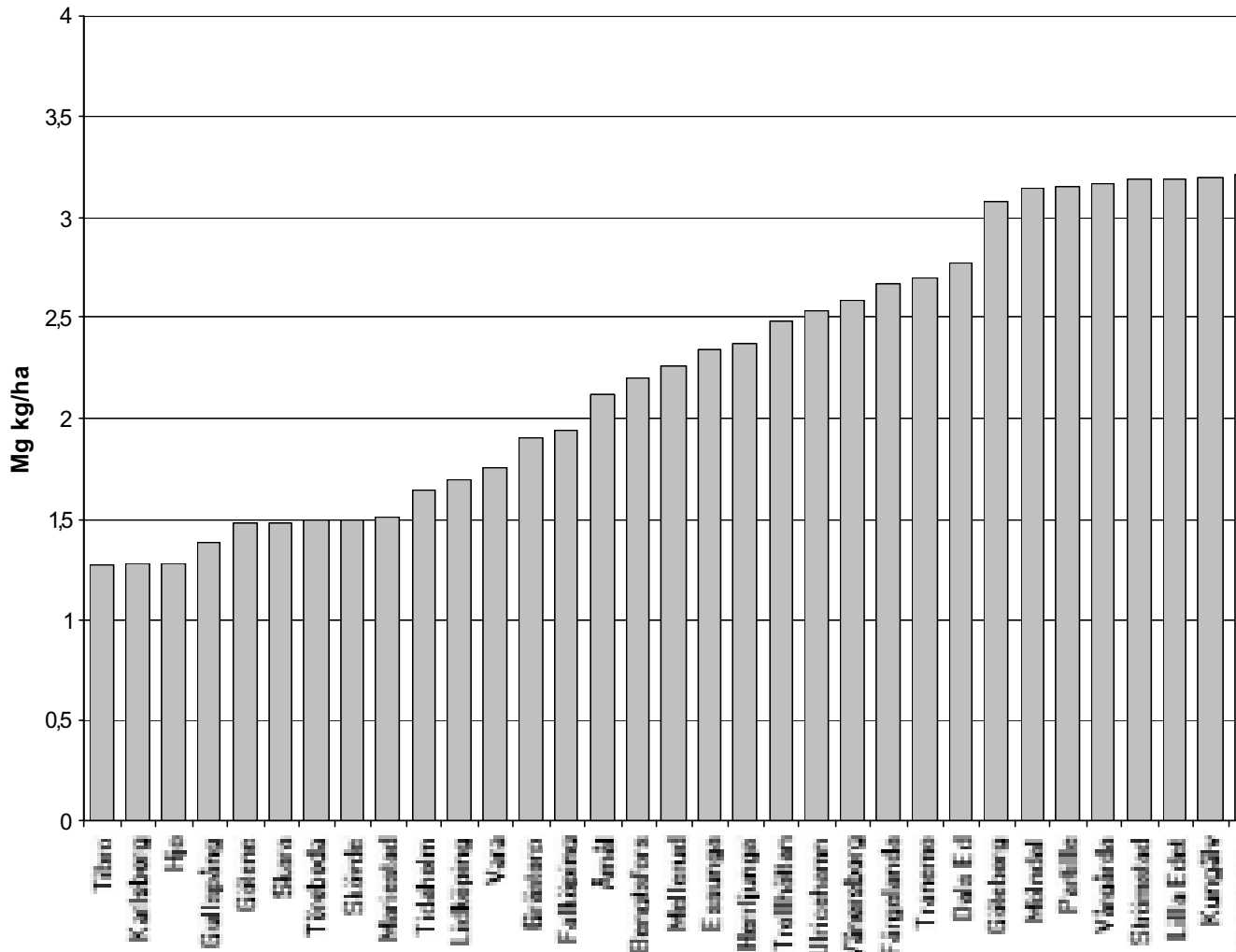
Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsmark,



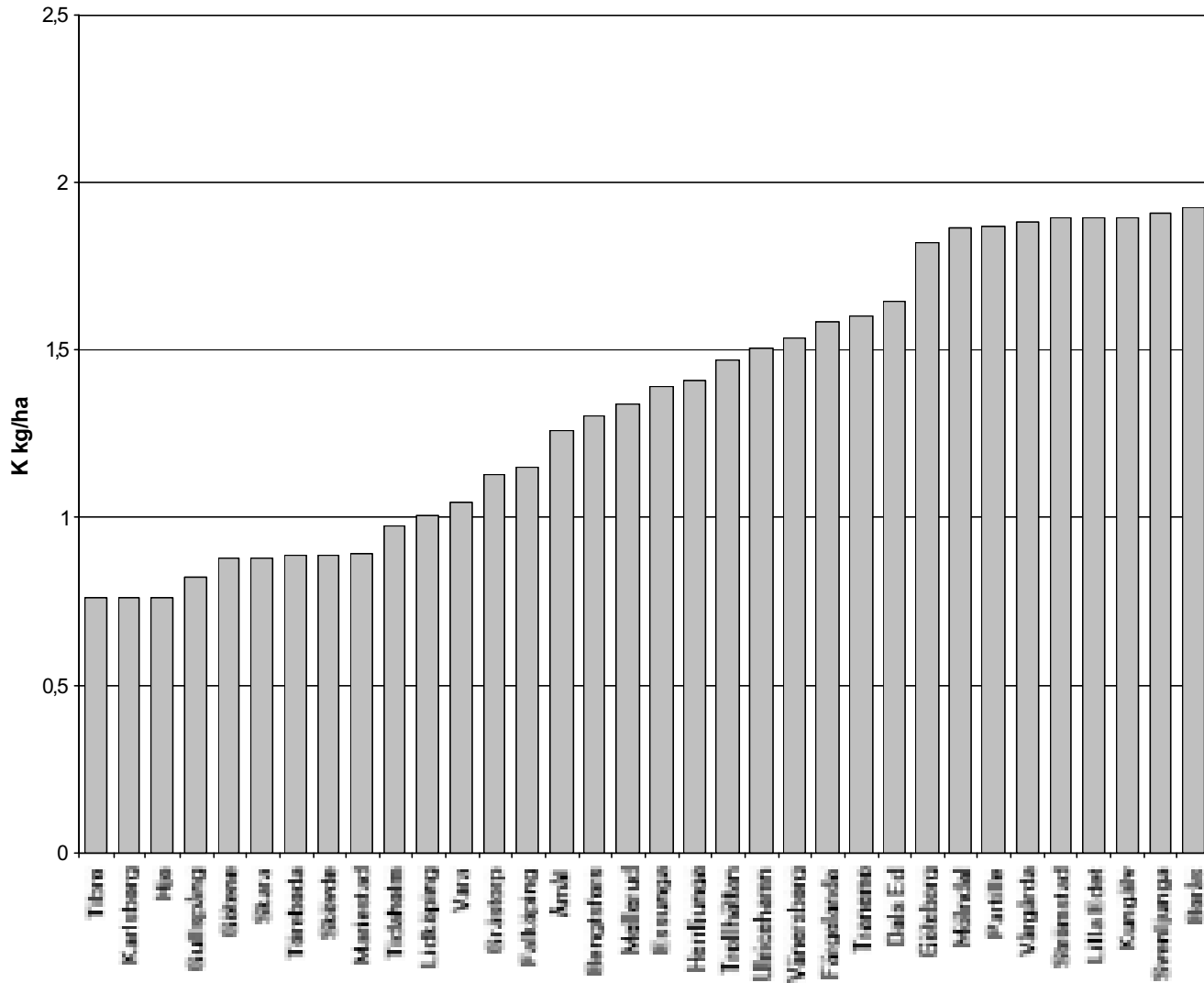
Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsma



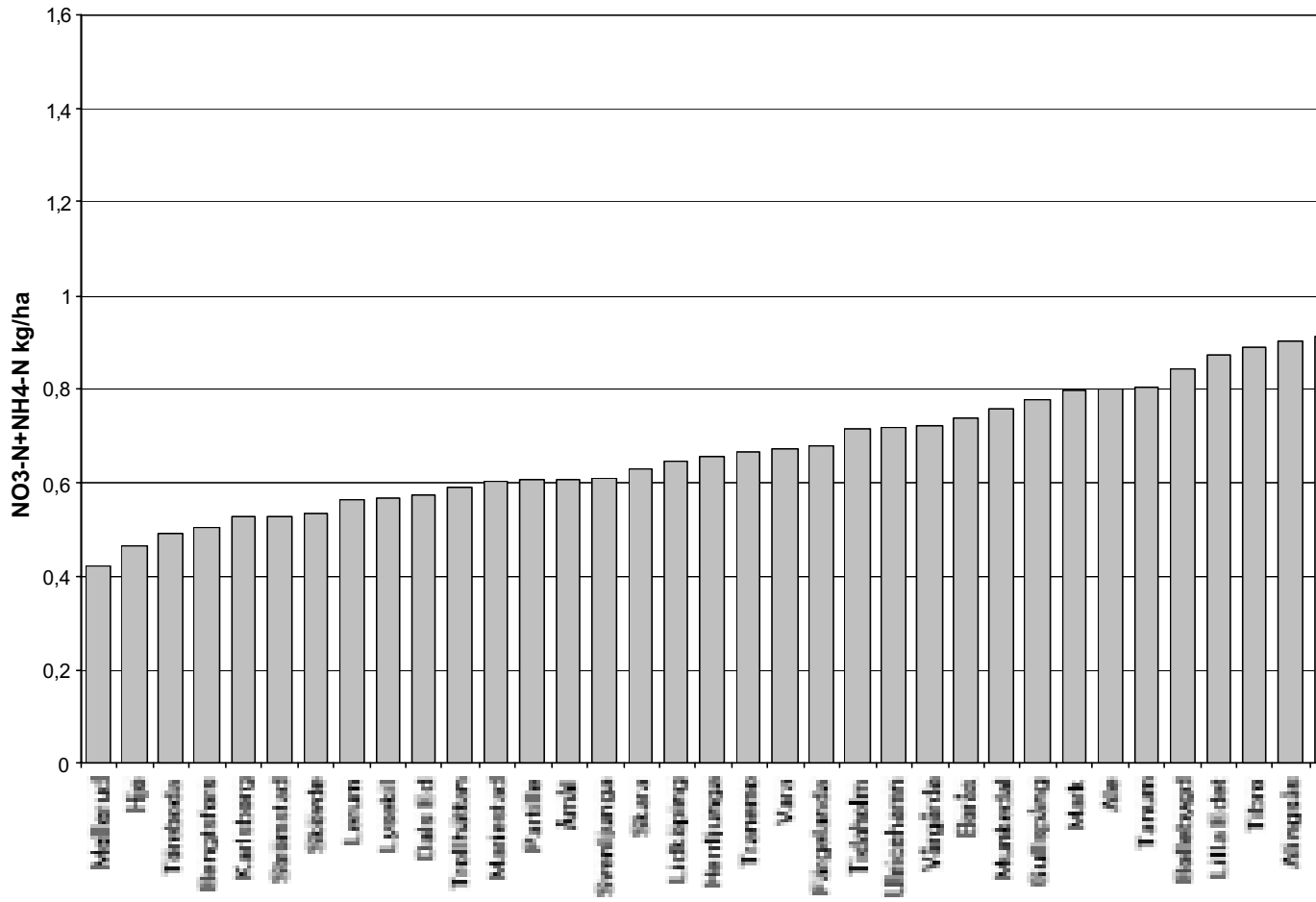
Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsmark, Mg kg/ha



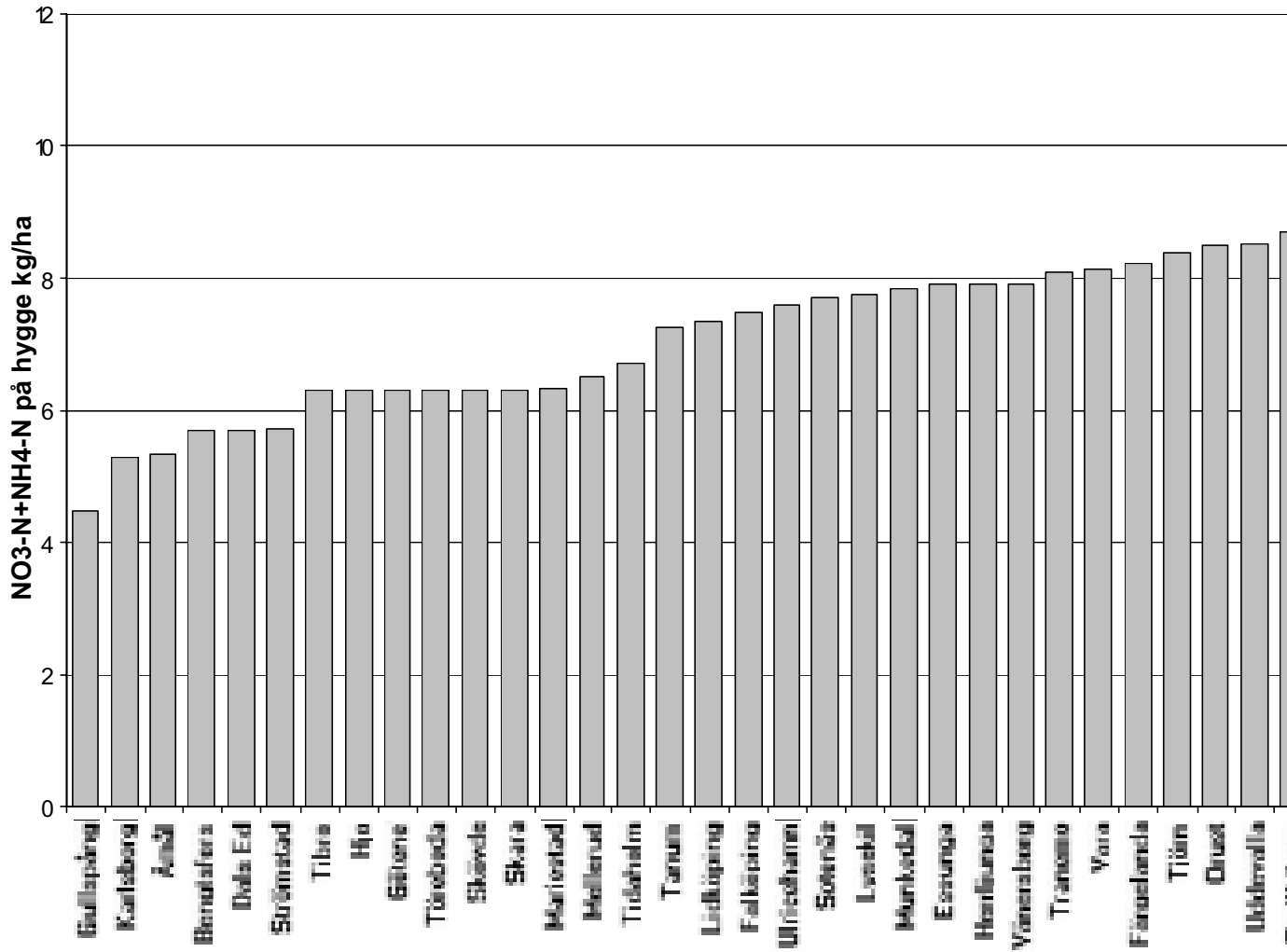
Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsmark, kom



Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsmark, komr



Beräknade genomsnittliga arealförluster från skogsma



Skoglig statistik som använts i beräkningarna

Bilaga 3

Arealer med trädslag uppdelat på kommuner. Data från Riksskogstaxeringen, 1990-99

Kommun	Bestånd *100 ha					Övrig skog	Totalt skog
	Tall	Gran	Löv	Ädellöv	Hygge		
Grästorps	45	24	3		9	12	93
Essunga	9	20			6	2	38
Karlsborg	101	144	24	3	16	50	337
Gullspång	38	62	12		17	17	146
Vara	123	116	38	3	15	22	316
Götene	35	86	16		22	14	173
Tibro	28	62	28		15	16	149
Töreboda	123	135	44		12	55	369
Mariestad	107	135	50		19	57	369
Lidköping	60	50	14	2	8	28	162
Skara	51	91	53	4	14	36	250
Skövde	118	90	37	22	13	46	326
Hjo	52	32	25	6	4	18	137
Tidaholm	180	72	46	9	26	67	399
Falköping	89	159	109	9	42	73	481
Skaraborg	1158	1278	501	59	239	511	3746
Dals-Ed	122	139	40		20	117	438
Färgelanda	60	205	28		16	49	357
Bengtsfors	157	228	72		21	106	583
Mellerud	33	65	42	4	3	25	172
Vänersborg	36	44	37	4	15	19	155
Åmål	49	146	24		16	34	270
P-Dalsland	456	827	242	8	91	350	1975
Ale	84	97	7	3	11	27	229
Lerum	66	45	14	7	4	29	165
Vårgårda	82	156	45		14	24	320
Bollebygd	17	57	2		5	14	95
Tranemo	137	307	14	4	25	79	566
L:a Edet	56	108	16	2	12	19	213
Mark	143	309	60	35	28	55	631
Svenljunga	150	421	43		24	111	749
Herrljunga	109	132	63	2	16	35	357
Trollhätta	40	65	18	2	5	24	154
Alingsås	79	144	14	2	19	39	297
Borås	102	406	52	8	31	93	692
Ulricehamn	61	424	73	21	38	75	691
P- Västergötland	1125	2671	421	87	234	622	5159

Skoglig statistik som använts i beräkningarna

Bilaga 3

Arealer med trädslag uppdelat på kommuner. Data från Riksskogstaxeringen, 1990-99

Kommun	Bestånd *100 ha						Totalt skog
	Tall	Gran	Löv	Ädellöv	Hygge	Övrig skog	
Härryda	48	69	10	4	10	19	160
Partille	9	10	7	7	1	6	40
Stenungsun	31	51	16	7	8	13	125
Tjörn	3	3	8	1	2	1	19
Orust	22	30	23	8	10	9	102
Sotenäs	5	8	7	1	4	1	25
Munkedal	90	103	25	5	16	49	287
Tanum	129	127	47	2	25	43	372
Göteborg	22	3	19	7	7	7	65
Mölndal	33	9	19	3	4	7	76
Kungälv	26	35	12	11	12	11	107
Lysekil	7	14	5	3	1	3	33
Uddevalla	60	137	39	4	23	34	297
Strömstad	62	59	19	1	6	24	170
Bohuslän	547	657	254	64	126	229	1877
Västra Göta- lands län	3287	5434	1418	218	690	1712	12758

Skoglig statistik som använts i beräkningarna

Bilaga 3

Virkesförråd uppdelat på kommuner. Data från Riksskogstaxeringen, 1990-99.

Kommun	Virkesförråd, m ³ sk/ha					Total
	Tall	Gran	Löv	Ädellöv	Övrig skog inkl hygge	
Grästorp	181	155	53		33	136
Essunga	127	172			1	124
Karlsborg	145	180	153	185	14	135
Gullspång	160	219	197		55	164
Vara	192	242	128	198	15	182
Götene	276	178	92		23	157
Tibro	209	183	230		37	166
Töreboda	194	233	195		38	180
Mariestad	260	154	190		32	165
Lidköping	220	282	154	107	47	193
Skara	161	212	112	218	27	144
Skövde	217	232	156	238	53	186
Hjo	202	211	219	510	31	194
Tidaholm	174	204	178	282	17	146
Falköping	255	194	176	130	23	159
Skaraborg	200	204	168	246	29	164
Dals-Ed	125	215	101		25	120
Färgelanda	123	236	169		31	175
Bengtstors	133	186	151		40	136
Mellerud	110	201	144	217	13	139
Vänersborg	133	206	213	174	89	164
Åmål	174	217	86		40	164
P-Dalsland	132	211	147	195	36	146
Ale	133	183	166	101	16	135
Lerum	133	165	175	191	74	136
Vårgårda	198	226	155		24	185
Bollebygd	210	154	171		59	146
Tranemo	191	207	109	285	25	168
L:a Edet	136	207	90	149	27	152
Mark	208	225	160	281	48	195
Svenljunga	160	229	87		24	170
Herrljunga	200	202	147	650	31	169
Trollhätta	153	184	111	24	74	145
Alingsås	215	219	285	136	63	190
Borås	140	209	153	321	27	163
Ulricehamn	176	197	172	232	23	165
P- Västergötland	175	209	150	253	34	169

Skoglig statistik som använts i beräkningarna

Bilaga 3

Virkesförråd uppdelat på kommuner. Data från Riksskogstaxeringen, 1990-99.

Kommun	Virkesförråd, m ³ sk/ha					Total
	Tall	Gran	Löv	Ädellöv	Övrig skog inkl hygge	
Härryda	126	201	144	272	41	148
Partille	119	223	182	133	139	161
Stenungsun	142	253	178	220	52	181
Tjörn	234	146	129	396	32	148
Orust	162	243	142	226	46	165
Sotenäs	347	237	190	84	1	199
Munkedal	118	263	188	221	35	159
Tanum	135	242	158	459	51	160
Göteborg	173	396	162	155	30	149
Mölnadal	164	235	160	137	31	151
Kungälv	211	216	294	219	17	180
Lysekil	260	185	232	184	24	188
Uddevalla	150	243	202	61	28	175
Strömstad	132	236	161	353	53	158
Bohuslän	145	239	176	201	40	164
Västra Göta- lands län	173	212	160	234	34	163

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 1985 Utvärdering av ÖSI-effekter mm
1985:1 Samordnad publicering vid skogsstyrelsen
1985:2 Beskrivning i tallfröplantager
1986:1 Bilvägslagrat virke 1984
1987:1 Skogs- och naturvårdsservice inom skogsvårdsorganisationen
1988:1 Mallar för ståndortsbonitering; Lathund för 18 län i södra Sverige
1988:2 Grusanalys i fält
1988:3 Björken i blickpunkten
1989:1 Dokumentation – Storkonferensen 1989
1989:2 Bok, ek och ask inom svenskt skogsbruk och skogsindustri
1990:1 Teknik vid skogsmarkskalkning
1991:1 Tätortsnära skogsbruk
1991:2 ÖSI; utvärdering av effekter mm
1991:3 Utboträffar; utvärdering
1991:4 Skogsskador i Sverige 1990
1991:5 Contortarapporten
1991:6 Participation in design of a system to assess Environmental Consideration in forestry a Case study of the greenery project
1992:1 Allmän Skogs- och Miljöinventering, ÖSI och NISP
1992:2 Skogsskador i Sverige 1991
1992:3 Aktiva Natur- och Kulturvårdande åtgärder i skogsbruket
1992:4 Utvärdering av studiekampanjen Rikare Skog
1993:1 Skoglig geologi
1993:2 Organisationens Dolda Resurs
1993:3 Skogsskador i Sverige 1992
1993:4 Av böcker om skog får man aldrig nog, eller?
1993:5 Nyckelbiotoper i skogarna vid våra sydligaste fjäll
1993:6 Skogsmarkskalkning – *Resultat från en fyraårig försöksperiod samt förslag till åtgärdsprogram*
1993:7 Betespräglad äldre bondeskog – *från naturvårdssynpunkt*
1993:8 Seminarier om Naturhänsyn i gallring i januari 1993
1993:9 Förbättrad sysselsättningsstatistik i skogsbruket – *arbetsgruppens slutrapport*
1994:1 EG/EU och EES-avtalet ur skoglig synvinkel
1994:2 Hur upplever "grönt utbildade kvinnor" sin arbetssituation inom skogsvårdsorganisationen?
1994:3 Renewable Forests - Myth or Reality?
1994:4 Bjursåsprojektet - *underlag för landskapsekologisk planering i samband med skogsinventering*
1994:5 Historiska kartor - *underlag för natur- och kulturmiljövård i skogen*
1994:6 Skogsskador i Sverige 1993
1994:7 Skogsskador i Sverige – *nuläge och förslag till åtgärder*
1994:8 Häckfågelinventering i en åkerholme åren 1989-1993
1995:1 Planering av skogsbrukets hänsyn till vatten i ett avrinningsområde i Gävleborg
1995:2 SUMPSKOG – ekologi och skötsel
1995:3 Skogsbruk vid vatten
1995:4 Skogsskador i Sverige 1994
1995:5 Långsam alkalisering av skogsmark
1995:6 Vad kan vi lära av KMV-kampanjen?
1995:7 GROT-uttaget. Pilotundersökning angående uttaget av trädrester på skogsmark
1995:8 The Capercaillie and Forestry. Reports No. 1-2 from the Swedish Field Study 1982-1988
1996:1 Women in Forestry – What is their situation?
1996:2 Skogens kvinnor – Hur är läget?
1996:3 Landmollusker i jämtländska nyckelbiotoper
1996:4 Förslag till metod för bestämning av prestationstal m.m. vid självverksamhet i småskaligt skogsbruk.
1996:5 Skogsvårdsorganisationens framtidsscenarioer
1997:1 Sjövatten som indikator på markförsurning
1997:2 Naturvårdsutbildning (20 poäng) Hur gick det?
1997:3 IR-95 – Flygbildsbaserad inventering av skogsskador i sydvästra Sverige 1995
1997:4 Den skogliga genbanken (Del 1 och Del 2)
1997:5 Miljeu96 Rådgivning. Rapport från utvärdering av miljeurådgivningen
1997:6 Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – *en litteraturstudie*
1997:7 Målgruppsanalys
1997:8 Effekter av tungmetallnedfall på skogslevande landsnäckor (*with English Summary: The impact on forest land snails by atmospheric deposition of heavy metals*)
1997:9 GIS-metodik för kartläggning av markförsurning – *En pilotstudie i Jönköpings län*

- 1998:1 Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation
- 1998:2 Studier över skogsbruksåtgärdernas inverkan på snäckfaunans diversitet (*with English summary: Studies on the impact by forestry on the mollusc fauna in commercially uses forests in Central Sweden*)
- 1998:3 Dalaskog - Pilotprojekt i landskapsanalys
- 1998:4 Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov
- 1998:5 Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark - tillstånd och förändringar
- 1998:6 Övervakning av biologisk mångfald i det brukade skogslandskapet. *With a summary in English: Monitoring of biodiversity in managed forests.*
- 1998:7 Marksvampar i kalkbarrskogar och skogsbeten i Gotländska nyckelbiotoper
- 1998:8 Omgivande skog och skogsbrukets betydelse för fiskfaunan i små skogsbäckar
- 1999:1 Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering
- 1999:2 Internationella konventioner och andra instrument som behandlar internationella skogsfrågor
- 1999:3 Målklassificering i "Gröna skogsbruksplaner" - betydelsen för produktion och ekonomi
- 1999:4 Scenarier och Analyser i SKA 99 - Förutsättningar
- 2000:1 Samordnade åtgärder mot försurning av mark och vatten - Underlagsdokument till Nationell plan för kalkning av sjöar och vattendrag
- 2000:2 Skogliga Konsekvens-Analyser 1999 - Skogens möjligheter på 2000-talet
- 2000:3 Ministerkonferens om skydd av Europas skogar - Resolutioner och deklarationer
- 2000:4 Skogsbruket i den lokala ekonomin
- 2000:5 Aska från biobränsle
- 2000:6 Skogsskadeinventering av bok och ek i Sydsverige 1999
- 2001:1 Landmolluskfaunans ekologi i sump- och myrskogar i mellersta Norrland, med jämförelser beträffande förhållandena i södra Sverige
- 2001:2 Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland

Av skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

- 1985:1 Fem år med en ny skogspolitik
- 1985:2 Eldning med helved och flis i privatskogsbruket/virkesbalanser 1985
- 1986:1 Förbrukningen av trädbränsle i s.k. mellanskaliga anläggningar/virkesbalanser 1985
- 1986:3 Skogsvårdsenkäten 1984/virkesbalanser 1985
- 1986:4 Huvudrapporten/virkesbalanser 1985
- 1986:5 Återväxttaxeringen 1984 och 1985
- 1987:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1986
- 1987:2 Återväxttaxeringen 1984 – 1986
- 1987:3 Utvärdering av samråden 1984 och 1985/skogsbruk – rennärning
- 1988:1 Forskningsseminarium/skogsbruk – rennärning
- 1989:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1988
- 1989:2 Gallringsundersökningen 1987
- 1991:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1990
- 1991:2 Vägplan -90
- 1991:3 Skogsvårdsorganisationens uppdragsverksamhet
– Efterfrågade tjänster på en öppen marknad
- 1991:4 Naturvårdshänsyn – Tagen hänsyn vid slutavverkning 1989–1991
- 1991:5 Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag
- 1992:1 Svanahuvudsvägen
- 1992:2 Transportformer i väglöst land
- 1992:3 Utvärdering av samråden 1989-1990 /skogsbruk – rennärning
- 1993:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1992
- 1993:2 Virkesbalanser 1992
- 1993:3 Uppföljning av 1991 års lövträdsplantering på åker
- 1993:4 Återväxttaxeringarna 1990-1992
- 1994:1 Plantinventering 89
- 1995:1 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1994
- 1995:2 Gallringsundersökning 92
- 1995:3 Kontrolltaxering av nyckelbiotoper
- 1996:1 Skogsstyrelsens anslag för tillämpad skogsproduktionsforskning
- 1997:1 Naturskydd och naturhänsyn i skogen
- 1997:2 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1996
- 1998:1 Skogsvårdsorganisationens Utvärdering av Skogspolitiken
- 1998:2 Skogliga aktörer och den nya skogspolitiken
- 1998:3 Föryngringsavverkning och skogsbilvägar
- 1998:4 Miljöhänsyn vid föryngringsavverkning - Delresultat från Polytax
- 1998:5 Beståndsanläggning
- 1998:6 Naturskydd och miljöarbete
- 1998:7 Röjningsundersökning 1997
- 1998:8 Gallringsundersökning 1997
- 1998:9 Skadebilden beträffande fasta fornlämningar och övriga kulturmiljövärden
- 1998:10 Produktionskonsekvenser av den nya skogspolitiken
- 1998:11 SMILE - Uppföljning av sumpskogsskötsel
- 1998:12 Sköter vi ädellövskogen? - Ett projekt inom SMILE
- 1998:13 Riksdagens skogspolitiska intentioner. Om mål som uppdrag till en myndighet
- 1998:14 Swedish forest policy in an international perspective. (Utfört av FAO)
- 1998:15 Produktion eller miljö. (En mediaundersökning utförd av Göteborgs universitet)
- 1998:16 De trädbevuxna impedimentens betydelse som livsmiljöer för skogslevande växt- och djurarter
- 1998:17 Verksamhet inom Skogsvårdsorganisationen som kan utnyttjas i den nationella miljöövervakningen
- 1998:18 Auswertung der schwedischen Forstpolitik 1997
- 1998:19 Skogsvårdsorganisationens årskonferens 1998
- 1999:1 Nyckelbiotopsinventeringen 1993-1998. Slutrapport
- 1999:2 Nyckelbiotopsinventering inom större skogsbolag. En jämförelse mellan SVOs och bolagens inventeringsmetodik
- 1999:3 Sveriges sumpskogar. Resultat av sumpskogsinventeringen 1990-1998
- 2001:1 Skogsvårdsorganisationens Årskonferens 2000

Beställning av Rapporter och Meddelanden

Skogsvårdsstyrelsen i ditt län
eller
Skogsstyrelsen,
Förlaget
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 15 55 92
vx 036 – 15 56 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: sksforlag.order@svo.se
www.svo.se/forlag

I Skogsstyrelsens författningssamling (SKSFS) publiceras myndighetens föreskrifter och allmänna råd. Föreskrifterna är av tvingande natur. De allmänna råden är generella rekommendationer som anger hur någon kan eller bör handla i visst hänseende.

I Skogsstyrelsens Meddelande-serie publiceras redogörelser, utredningar m.m. av officiell karaktär. Innehållet överensstämmer med myndighetens policy.

I Skogsstyrelsens Rapport-serie publiceras redogörelser och utredningar m.m. för vars innehåll författaren/författarna själva ansvarar.

Skogsstyrelsen publicerar dessutom fortlöpande: Foldrar, broschyrer, böcker m.m. inom skilda skogliga ämnesområden.

Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

Rapporten beskriver typiska arealförluster från brukad skogsmark i Västra Götalands län, samt belyser utvecklingen i tiden. Mätdata från länet har legat till grund för yttäckande beräkningar i länets samtliga kommuner som uppskattar deposition av luftföroreningar samt genomsnittliga arealförluster av olika ämnen från skogsmark. Utvärderingen har utförts av SLU, Institutionen för miljöanalys, och IVL i Aneboda på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län samt Skogsstyrelsen.

