



LÄNSSTYRELSEN I
STOCKHOLMS LÄN

RAPPORT

1992:8

Sigtuna
kommun



Miljö- och hälsoskyddskontoret

Sigtuna-kommunen med skaparkraft

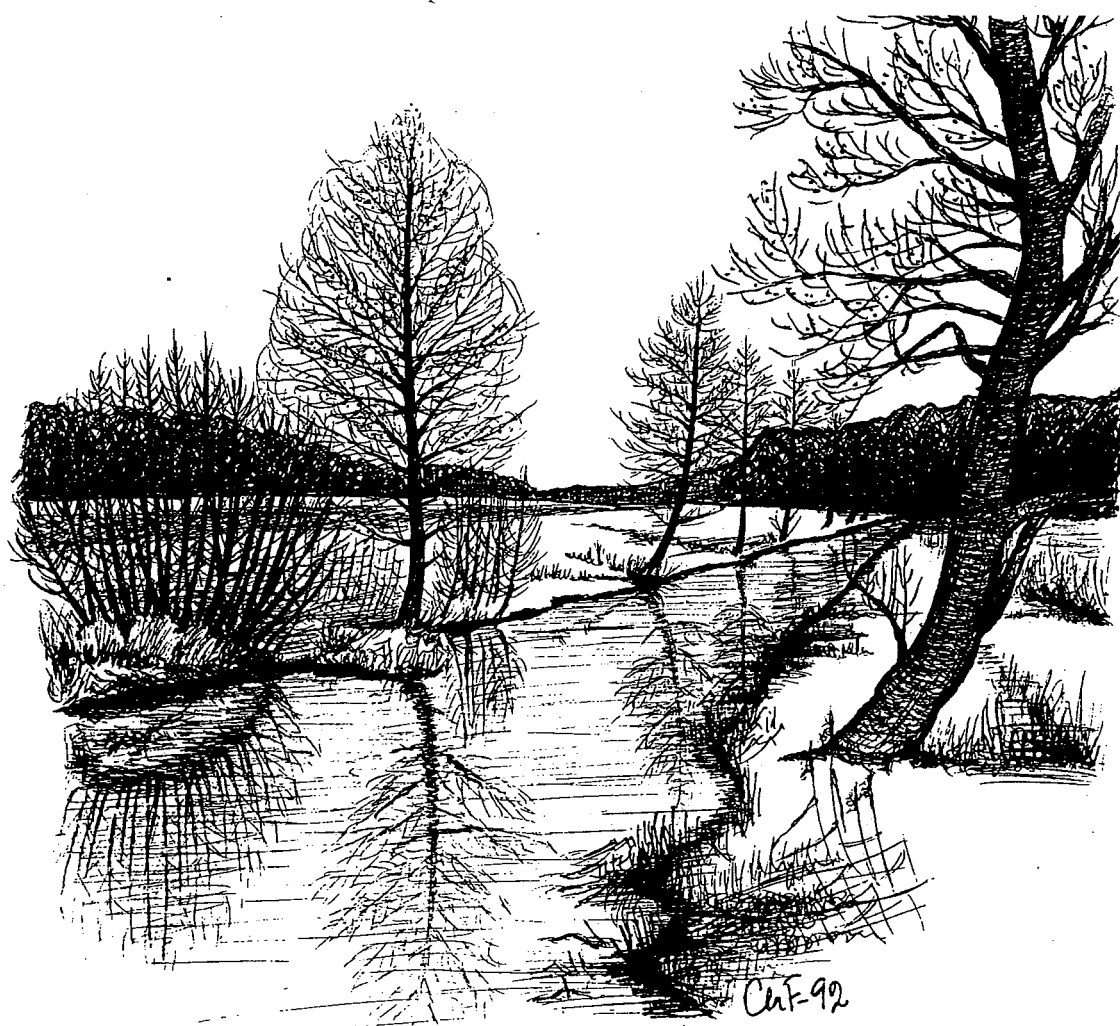
DP4

V20

V21

Märstaån

Vattenkvalitet och närsalttransporter i ån
maj 1988 - maj 1989



Utgiven av Miljövårdsenheten i samarbete med Sigtuna kommun

FÖRORD

Märstaån ligger i Sigtuna kommun. Ån rinner genom odlingslandskapet kring Märsta/Odensala, men passerar även Arlanda flygplats och Märsta tätort. Ån har genom åren fått ta emot stora mängder avisningskemikalier från flygplatsen. Detta har starkt bidragit till den ansträngda vattenmiljön i ån. Sedan vintersäsongen 88/89 uppsamlas dock merparten av den glykol som används vid avisning av planen. Urea, som används för halkbekämpning av banorna, omhändertas inte.

Sigtuna kommun och Länsstyrelsen har under 1988-89 tillsammans genomfört vattenkemiska undersökningar i Märstaån

Resultaten av undersökningarna redovisas i denna rapport, liksom beräkningar av närsaltstransporter och hur dessa fördelar sig på olika källor inom avrinningsområdet. Vidare ges förslag till det fortsatta vattenvårdsarbetet inom Märstaåns avrinningsområde.

Länsstyrelsen och Sigtuna kommun i maj 1992

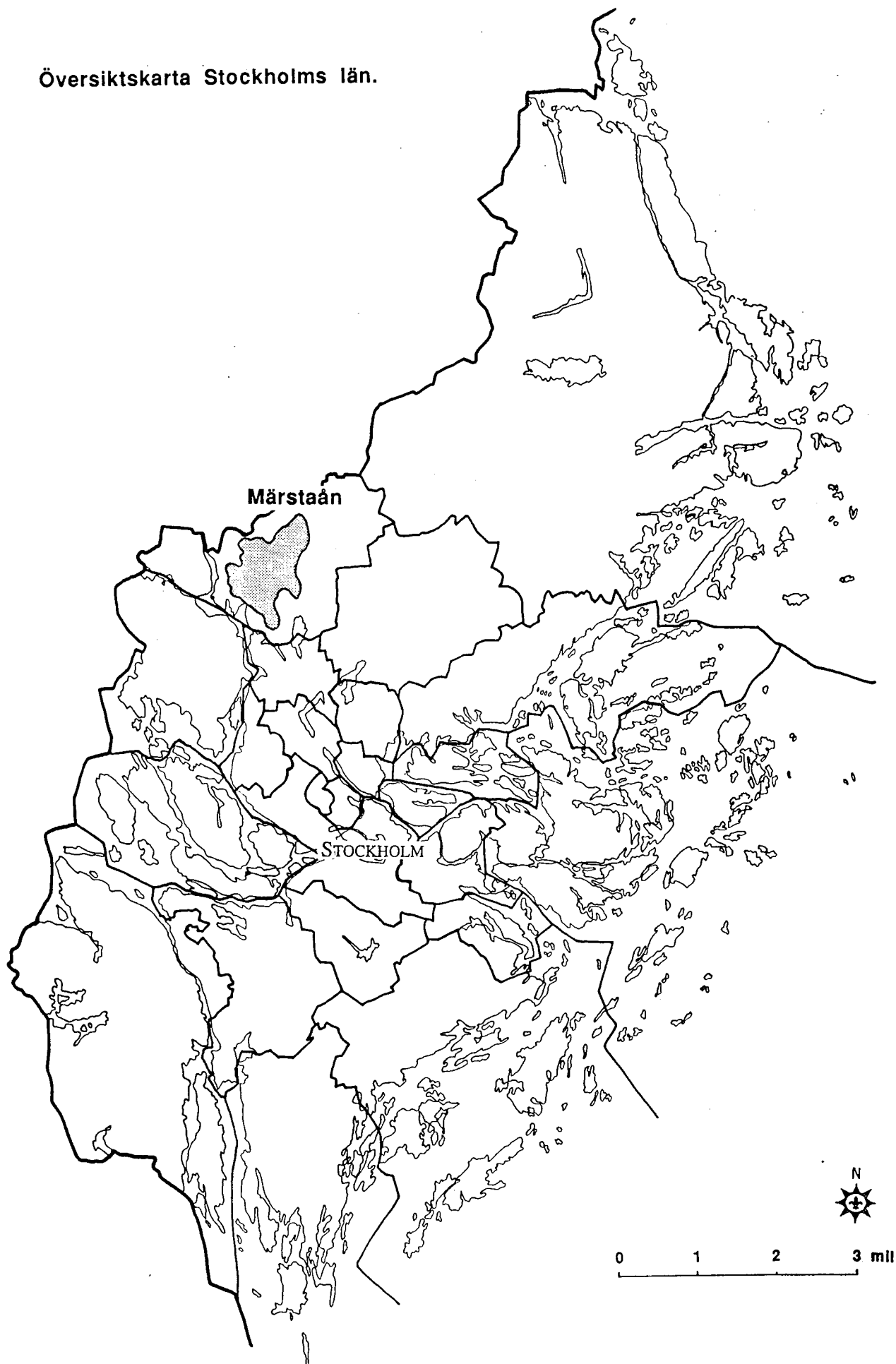


Svante Pekkari
Miljövårdsdirektör
Länsstyrelsen i Stockholms län



Greger Svensson
Miljö- och hälsoskyddschef
Sigtuna kommun

Översiktskarta Stockholms län.



INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid
1. INLEDNING	1
2. SAMMANFATTNING	1
2 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	8
4. BESKRIVNING AV OMRÅDET	9
4.1 Avrinningsområdet	9
4.2 Markanvändning	10
4.3 Utsläpp i vattendraget	11
4.3.1 Arlanda	11
4.3.2 Jordbruket	12
4.3.3 Enskilda VA-anläggningar	12
5. VÄDERLEK	12
6. VATTENFÖRING	13
7. BEDÖMNINGSGRUNDER	13
8. HALTER OCH TILLSTÅND	13
8.1 Kväve	14
8.2 Fosfor	15
8.3 pH och alkalinitet	16
8.4 Syretillstånd och syretärande ämnen	17
8.5 Färg, grumlighet och suspenderat material	19
8.6 Konduktivitet, kalcium, magnesium, klorid, sulfat	21
9. TRANSPORTER OCH AREALFÖRLUSTER	22
9.1 Transporter	22
9.2 Arealförluster	23
9.3 Horssjön, område 2	24
9.4 Rosersbergsbäcken, område 8	24
9.5 Odensala, område 5	25
9.6 Fransåker, område 6	26
9.7 Fjällsta, område 7	26
9.8 Halmsjön, område 1	27
9.9 Kättstabäcken, område 3	28
9.10 Halmsjöbäcken, område 4	29
9.11 Broby, område 3 och 4	29
9.12 Tunnelmynningen, område 9	30
9.13 Steninge, område 10	31
10. REFERENSER	32

	Sid
BILAGA METODIK OCH DOKUMENTATION	36
1. Provtagningsprogram	36
2. Övriga provtagningar i Märstaån	37
3. Bestämning av avrinningsområden och markanvändning	38
4. Punktkällor	38
5. Använda schabloner	39
6. Vattenföring och beräkning av ämnes- transporter	40

KARTOR OCH FIGURER

TABELLER

Sammanställning och utvärdering: Karin Ek

Layout, figurer och teckningar: Christina Fagergren

Teckningar:

Framsida: Strax uppströms Märstaåns mynning i Steningeviken.

Bilaga: Biflöde till Märstaån vid Fjällsta.

1. INLEDNING

Under perioden maj 1988 till juni 1989 har länsstyrelsen och Sigtuna kommun gemensamt utfört en undersökning av Märstaåns vattensystem.

Syftet med denna undersökning har varit:

- att få kunskap om tillståndet i hela vattensystemet
- att bedöma belastningssituationen inom olika delar av avrinningsområdet
- att bedöma belastningen från Arlanda flygplats i relation till andra belastningskällor inom avrinningsområdet.
- att bidra med kunskapsunderlag i kommunal vattenplanering
- att utgöra ett underlag för eventuella åtgärder för att minska föroreningsbelastningen.

På uppdrag av Luftfartsverket genomförde Limnodata HB i maj 1988 en undersökning av bottenfaunans sammansättning i Märstaån. Av denna undersökning framgår att Märstaån i jämnhöjd med Arlanda och ned till Märsta är *extremt förorenad*, även vid jämförelser med andra vattendrag såväl i som utanför Sverige. Bottenfaunan domineras här av extremt föroreningståligena djur. I övriga undersökta delar av ån klassificeras föroreningstillståndet som *kraftigt - mycket förorenat*, förutom omedelbart nedströms Horssjön där bottenfaunan indikerar ett *något förorenat tillstånd*.

Nedan följer en sammanfattning av rapporten samt ett avsnitt med förslag till åtgärder. En mer detaljerad redovisning finns i de efterföljande avsnitten. På grund av att dessa avsnitt är detaljerade har nedanstående sammanfattning medvetet gjorts relativt omfattande. Redovisning av metoder m.m. finns samlade i bilagor sist i rapporten.

2. SAMMANFATTNING

Slutsatser av undersökningen

Märstaån är ett mycket förorenat vattendrag med osedvanligt höga näringsämneshalter (fr.a. kväve), syrefattigt tillstånd och med hög syrgastäring i vattnet.

Huvudorsaken till den starka föroreningsgraden står att finna i utsläppen från Arlanda flygplats. Via dagvattenutsläpp tillförs ån fr.a. mycket stora kvävemängder från ureaspridningen på landningsbanorna men även glykol, fosfor m.m. Merparten av glykolen uppsamlas numera, men fortfarande sker vissa utsläpp till ån. Glykol innehåller också fosfor till 0,2% och bidrar därigenom således även till fosforbelastningen på ån.

Från Odensalaområdet iakttas onormalt höga fosforhalter och fosfortransporter. Troliga orsaker till dessa förhållanden är utsläpp från Odensalatvätten samt dåligt fungerande enskilda VA-anläggningar.

Trots att antalet fastigheter med enskilda VA-anläggningar inom Märstaåns avrinningsområde är relativt lågt svarar dessa ändå för ca 20% av fosfortransporterna till Mälaren.

Märstaåns transport av kväve till Mälaren är mycket hög, (44 ton). Den är ca 2,5 gånger förhöjd p.g.a. ureautsläppen från flygplatsen. Ca 60% av kvävetransporten i Märstaån beräknas härröra från Arlanda samt andra hårdgjorda eller bebyggda områden.

Avrinningsområdet

Märstaån ligger i sin helhet inom Sigtuna kommun och mynnar i Steningeviken, som är en vik av Mälaren.

Två sjöar finns inom avrinningsområdet. Horssjön, som ligger i områdets nordligaste del och är en grund, näringsfattig sjö omgiven av skogs- och myrmarker samt Halmsjön som är belägen i direkt anslutning till den öst-västliga landningsbanan. Halmsjön är naturligen måttligt näringsrik, men har på grund av tillförsel av ureahaltigt dagvatten mycket höga kvävehalter.

Halmsjöns och Horssjöns utloppsäckar, här benämnda Halm-sjö- resp. Kättstabäcken, tar emot betydande mängder förorenat dagvatten, som släpps ut i vattendraget vid passagen av flygplatsen. De båda bäckarna rinner samman vid Broby. Nedströms sammanflödet av de båda bäckarna kallas vattendraget för Märstaån.

Mellan Broby och Märsta tätort mynnar ett vattendrag som avvattnar områdena väster och norr om tätorten, bl.a. bebyggelsen vid Odensala. Avrinningsområdet för detta vattendrag, här kallat Fjällsta, utgör drygt 30% av hela avrinningsområdet och består till mer än 60% av jordbruksmark.

Märstaån leds, strax före passagen av tätorten, in i en ca 2 km lång tunnel, som mynnar i den gamla åfåran omkring ca 2 km uppströms åns mynning i Mälaren.

I den nedre delen av gamla åfåran mynnar Rosersbergsbäcken, som avvattnar delar av Rosersbergsområdet och industriområdet vid Brista.

Märstaåns avrinningsområde är ca 80,5 km², varav ca hälften utgörs av skogsmark. Andelen öppen mark (åker, äng m.m.) är förhållandevis hög, ca 40%, och denna är framför allt belägen i de delar som avvattnar Fjällsta-, Odensala- och Fransåkerområdet. Bebyggda/hårdgjorda ytor utgör ca 12% av

hela avrinningsområdet. Dessa ytor består framför allt av flygplatsen och Märsta tätort.

Sjöprocenten är mycket låg i avrinningsområdet, <1%.

Utsläpp i vattendraget

Den i särklass största punktkällan inom avrinningsområdet är Arlanda. Stora mängder glykol och urea eller dess nedbrytningsprodukter har genom åren tillförts Märstaån.

Glykol används som avisningsmedel på flygplanen. Förbrukningen har under 1980-talet varit 170-1 100 ton/säsong (fig 3). Under den aktuella mätperioden var förbrukningen 660 ton. Glykol är vid sin nedbrytning kraftigt syreförbrukande, vilket leder till syrebrist i vattenmiljön och utslagning av högre växt- och djurliv. Ofullständig nedbrytning av glykol ger produkter som är starkt illaluktande (rutten lök). Den lukten har under vår och sommar tidvis varit mycket påtaglig längs Märstaån, ibland ända ned till Mälaren.

Glykolen hamnade tidigare via dagvattenssystemet i vattendragen. Numera uppsamlas merparten av glykolspillet, dels med hjälp av speciella uppsugningsbilar och dels via ett ledningssystem, där det glykolhaltiga vattnet avleds till en behandlingsdamm i vilken en viss biologisk nedbrytning sker. Vattnet i behandlingsdammen tillförs kontinuerligt det kommunala avloppsnätet (Käppala). Glykol innehåller också fosfor (0,2%). Detta innebär att stora mängder fosfor sprids inom flygplatsområdet (1,3 ton under säsongen 1988/89).

Urea används som avisningsmedel på landningsbanorna. Förbrukningen har under 1980-talet varit 100-260 ton/säsong. Under den aktuella mätperioden var förbrukningen 260 ton, vilket omräknat till kväve motsvarar 120 ton. En betydande del av urean avrinner med dagvattnet till Kättstabäcken, Halmsjöbäcken och Halmsjön. Utredning pågår hos Luftfartsverket om hur föroreningsproblemen med urea skall lösas.

Via dagvattenledningar från Arlanda, Märsta och andra exploaterade ytor tillförs vattendragen dagvatten som innehåller näringsämnen, tungmetaller, oljekolväten m.fl. ämnen.

På grund av att förhållandevis stor andel av avrinningsområdet består av öppen mark (38%) kommer jordbrukets andel av näringstillförseln till vattendraget att vara betydande, särskilt inom vissa delavrinningsområden.

Den största delen av bebyggelsen inom avrinningsområdet är ansluten till kommunalt reningsverk (Käppala). Spridd bebyggelse med enskilda VA-anläggningar finns framför allt inom delavrinningsområdena Odensala, Fransåker och Fjällsta. Inom dessa områden härrör en stor del av fosfor i vattendragen från enskilda VA-anläggningar.

Väderlek och vattenföring

Väderleken under mätperioden var kraftigt avvikande från det normala. Den snöfattiga vintern 1987/88 ledde till att det inte blev någon ordentlig vårflod. På grund av liten nederbörd och tidig kyla hösten 1988 blev det inte heller någon höstflod. Den enda "vårfloden" kom redan vid årsskiftet 1988/89, då all snö på kort tid smälte bort.

Den specifika avrinningen under mätperioden var ca 4,7 l/s och km², vilket är ca 70% av medelavrinningen under perioden 1977-89 för området.

Halter och tillstånd

Kvävehalterna är extremt höga i de delar av vattendraget som påverkas av dagvattenutsläpp från Arlanda flygplats. Vid provpunkt 3, Kättstabäcken är t.ex. medelhalten av totalkväve nära 12 mg/l, vilket är nära tio gånger högre kvävehalt än bedömningsgrundernas gräns för klass 5, mycket höga kvävehalter (>1,5 mg/l).

De stora utsläppen av urea från flygplatsen återspeglar sig i mycket höga kvävehalter i samtliga nedströms liggande mätpunkter. Medelhalten av kväve var således 4,1 och 3,6 mg/l vid tunnelmynningen resp. vid åns mynning i Mälaren.

Också i den delgren som avvattnar den nordöstra delen av avrinningsområdet (provpunkterna 5, 6 och 7) är medelhalterna av totalkväve mycket höga (1,6-1,8 mg/l), men avspeglar här förhållanden som kan förväntas från områden som domineras av jordbruksverksamhet (se fig 6.)

Förhållandena i Halmsjön är kraftigt påverkade av dagvattenutsläpp från flygplatsen. Totalkvävehalten kan enligt bedömningsgrunderna betecknas som mycket hög. Särskilt oroande är de mycket höga ammoniumhalterna (>1 000 ug/l), som tidvis förekommer i sjön. Vid ökande pH övergår ammonium i ökande utsträckning till ammoniak, vilket är mycket giftigt för vattenlevande organismer. Höga ammoniumhalter uppmäts nedströms flygplatsen ända ned till Mälaren. Den flödesvägda medelhalten av ammonium är vid sammanflödena av Halmsjöbäcken och Kättstabäcken 0,8 resp. 4,7 mg/l, vid tunnelmynningen 0,9 mg/l och vid mynningen i Mälaren 0,7 mg/l (se fig 7).

Nitrathalterna är höga vid samtliga mätpunkter utom vid Horssjön. Medelhalterna av nitrat- och nitritkväve är 5 700 ug/l i Kättstabäcken, ca 1 800 ug/l i Halmsjöbäcken, 1 000-1 200 i mätpunkterna Fjällsta-Odensåla-Fransåker och drygt 2 000 ug/l vid tunnelmynningen och mynningen i Mälaren (se fig 8).

Fosforhalterna är mycket höga vid samtliga mätpunkter utom vid Horssjön och möjligen vid Halmsjön. Särskilt höga fosforhalter registreras vid Odensala, provpunkt 5. Den flödesvägda medelhalten är här 720 ug/l, vilket kan jämföras med värdet 50 ug/l, vilket är den nedre haltgränsen vid vilken SNV:s bedömningsgrunder karakteriserar vattnet som mycket näringsrikt, klass 5. Det högsta mätvärdet vid provpunkt 5, Odensala var 4 900 ug/l. Näringstillståndet i Horssjön (medelhalt 20 ug/l) kan karakteriseras som måttligt näringsrikt tillstånd, klass 3 (15-25 ug/l) och i Halmsjön (medelhalt 26 mg/l) som näringsrikt tillstånd, klass 4 (25-50 ug/l). Vid övriga mätpunkter överstiger totalfosforhalterna 50 ug/l, vilket enligt bedömningsgrunderna betecknar ett mycket näringsrikt tillstånd, klass 5 (se fig 9).

Syretillstånd och syretärande ämnen

Syreförhållandena har tack vare kraftig minskning av de direkta glykolutsläppen från flygplatsen till ån, förbättrats jämfört med tidigare år. Trots detta karakteriseras tillståndet enligt SNV:s bedömningsgrunder som mycket syrefattigt/stor syretäring (klass 5) vid samtliga provtagningsstationer förutom vid Fjällsta (nr 7). Vid denna station betecknas tillståndet som svagt syretillstånd/måttlig syretäring (klass 3). (Se fig 10 och 11.)

Färg, grumlighet och suspenderat material

Färg, grumlighet och suspenderat material påverkar ljusförhållandena och därmed livsbetingelserna för många organismer. Förekomsten av löst och partikulärt material påverkar också den biologiska tillgängligheten hos miljögifter.

Färgtalet, som utgör ett mått på mängden humusämnen i vattnet, uppvisar det högsta medelvärdet vid Horssjön (145 mg Pt/l). I övrigt varierar medelvärdet för färgtalet mellan 25 och 95 mg Pt/l (se fig 12).

Mängden organiskt och oorganiskt material kan mätas som suspenderat material och som turbiditet (grumlighet). Båda parametrarna utgör bl.a. ett mått på erosion. Höga slamhalter och höga grumlighetsvärden uppmäts vid samtliga provtagningspunkter, förutom Horssjön (se fig 13 och 14).

Huvuddelen av det suspenderade materialet är av oorganiskt ursprung och utgörs främst av eroderat material från jordbruksmarker.

Transporter och arealförluster

På grund av att avrinning och flöden under den aktuella mätperioden varit betydligt lägre än under ett normalår har också transporten i vattendragen av näringsämnen, suspenderat material m.m. varit lägre än normalt.

I tabellerna 7 och 8 jämföres de, på grundval av halter och flöden, beräknade transporter med de under ett normalår förväntade transporter. Vid schablonberäkningen för ett normalår har hänsyn ej tagits till de onormalt höga kväveförlusterna från hårdgjorda ytor på Arlanda utan arealkoefficienter för ett "normalförorenat" dagvatten har nyttjats. Av tabellerna framgår att fosfortransporterna under 1988/89 är lägre än de för ett normalår schablonberäknade (med undantag av provpunkterna 5 och 7). Liknande förhållanden gäller för kväve vid de mätpunkter som inte är påverkade av ureahaltigt dagvatten från Arlanda. Vid de provpunkter som ligger nedströms flygplatsen är kvävetransporterna avsevärt mycket högre än de med hjälp av schabloner beräknade.

Arealförlusterna av fosfor och kväve från skog och öppen mark visade sig således vara lägre under den aktuella mätperioden än de som förekommer under ett normalår. Arealförlustkoefficienter för det aktuella mätåret 1988/89 har därför räknats fram.

Från skogsmark beräknades förlusterna under perioden vara 0,04 kg fosfor/ha och 1,0 kg kväve/ha och från öppen mark 0,1 kg fosfor/ha och 3,5 kg kväve/ha (se bil 1:5).

Från Odensalaområdet (nr 5) beräknas onormalt stora fosfortransporter ske under mätperioden. Av den totala fosfortransporten vid provpunkt 5 beräknas mer än 90% härröra från enskilda VA, Odensalatvätten och/eller någon annan okänd källa. Närmare undersökningar bör kunna klarlägga orsaken till de höga fosforförlusterna från detta område.

Från de jordbruksdominerade delavrinningsområdena Odensala (nr 5), Fransåker (nr 6) och Fjällsta (nr 7) utgörs den största delen (60-75%) av kvävetransporten av förluster från jordbruksmark.

Från Arlanda flygplats tillförs Märstaån extremt stora kvävemängder genom ureahanteringen. Vid Broby, nedströms flygplatsen, uppgår kvävetransporten under mätperioden till ca 35 ton. Av dessa 35 ton beräknas 30 ton härröra från bebyggda/hårdgjorda ytor och då särskilt från ureaspridningen på landningsbanorna. Arealförlusterna från dessa ytor blir mycket höga, ca 60 kg/ha.

Ureaanvändningen var säsongen 1988/89 ca 260 ton, varav ca 120 ton utgörs av kväve. Om man räknar med att en rimlig del (30%), i förhållande till gödslad jordbruksmark, av kvävet denitrifieras och avgår till luften återstår 84 ton. Denna kvävemängd kvarstannar på eller i marken, bryts ned och/eller transporteras mot vattendraget. Av dessa 84 ton beräknas ca 30 ton transporteras ur området med Märstaån, men det återstår att förklara vart drygt 50 ton kväve tar vägen. Om inte upplagring i marken av kväve skall ha skett i området måste denitrifikationen ha varit i storleksordningen 70%.

Glykolförbrukningen var under mätåret 660 ton. Av denna mängd beräknas 11% ha nått recipienten direkt via dagvattenledningarna. Detta glykolutsläpp motsvarar en kemisk syreförbrukning, COD, av 119 ton syrgas under mätåret samt innehåller dessutom 145 kg fosfor. Fosformängden motsvarar ett renat avloppsutsläpp från ca 1 800 personer.

Arealförlusterna av fosfor från hårdgjorda ytor är höga från flygplatsområdet. Denna mätperiod beräknas de uppgå till 0,2 kg/haxår och utgör ca 40% av de totala fosforförlusterna från detta avrinningsområde.

Provtagningsstation Steninge (10) representerar Märstaåns mynning i Mälaren och ger ett mått på ämnestransporten från avrinningsområdet till Mälaren.

Kvävetransporten till Mälaren (44 ton) är detta mätår nära 2,5 gånger större än den man skulle kunna förvänta om urea-utsläpp från flygplatsen inte förekom. Arealförlusten av kväve, utslagen på hela åns avrinningsområde, blir detta mätår 5,4 kg/ha. Detta motsvarar 50% större kväveförluster än om hela avrinningsområdet hade bestått av öppen mark. De höga kvävetransporterna i ån beror huvudsakligen på urea-användningen på flygplatsen. Drygt 60% av kvävetransporterna till Mälaren beräknas härröra från flygplatsen - andra bebyggda/hårdgjorda ytor inom avrinningsområdet. Öppen mark utgör ca 40% av avrinningsområdet. Kväveläckagen från dessa områden motsvarar ca 25% av de totala kvävetransporterna, vilket dock blir en oproportionellt liten andel på grund av de mycket stora kväveutsläppen från Arlanda. Från skogsmark, som dock utgör 50% av ytan, läcker endast 9% av de totala kväveförlusterna från avrinningsområdet.

Fosfortransporterna i mynningen uppgår detta mätår till ca 1 035 kg, vilket utgör ca 70% av transporterna under ett normalår.

Ca 45% av fosfortransporten beräknas härröra från öppen mark, som utgör ca 40% av avrinningsområdet. Skogsmark, som utgör ca 50% av avrinningsområdet svarar endast för 13% av fosfortransporten. Bebyggda/hårdgjorda ytor upptar ca 12% av avrinningsområdet (varav hälften utgör Arlanda), men svarar för drygt 20% av fosforläckaget. Trots att antalet fastigheter med enskilda VA-anläggningar inom området är förhållandevis lågt svarar ändå dessa för ca 20% av fosfortransporten till Mälaren.

3. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Arlanda

- Vattenvårdsproblemen bör åtgärdas i största möjliga utsträckning. Frågorna behandlas i pågående miljöskyddsprövning i koncessionsnämnden, men bör även kontinuerligt bevakas genom kontrollprogram samt i pågående tillsyn enligt miljöskyddslagen.
- En separat utredning syftande till en kväve-, fosfor- och glykolbudget för Arlandaområdet bör genomföras.

Dagvatten från tätorterna

- Riktlinjer för dagvattenhanteringen bör införas i kommunens översiktsplan.
- Dagvattenfrågorna bör vara ett obligatoriskt moment i den fysiska planeringen.
- Dagvattenhanteringen bör tidigt i planeringsprocessen tas upp i ett brett samarbete mellan tekniker, planerare och miljösakkunniga.
- Lokalt omhändertagande av dagvattnet skall eftersträvas, såvida det inte finns särskilda skäl att frågå detta.
- Metoder för att minska dagvattenmängderna och dämpa flödestopparna samt metoder för att öka dagvattnets uppehållstid bör användas (t.ex. perkolationsmagasin, fördröjningsmagasin, öppna dammar, våtmarker m.m.).

Enskilda VA-anläggningar

- En inventering av enskilda anläggningar bör genomföras. Vid behov bör föreläggande ske om vidtagande av åtgärder.
- Samtliga enskilda VA-anläggningar bör ha av kommunen godkänd standard.
- Områden med VA-problem bör redovisas i kommunens översiktsplan och förses med rekommendationer för fortsatt detaljplanering och bygglov.
- Vid nybebyggelse i äldre bostadsområden bör VA-frågorna i området som helhet ses över. Sanering av äldre anläggningar kan eventuellt samordnas.
- Vid ny glesbebyggelse och vid samlad äldre bebyggelse bör övervägas om anslutning till reningsverk kan ske.
- Boende, som är anslutna till enskilda VA-anläggningar med låg fosforrening, bör rekommenderas att använda fosforfria tvätt- och diskmedel.

Jordbruket

- Tillsyn bör bedrivas enligt skötsellagen och miljöskyddslagen
- Handlingsprogrammet för jordbrukets vattenmiljöfrågor bör aktivt följas upp.
- Genom införandet av bevuxna skyddszoner längs vattendragen kan uttransporten av eroderat lermaterial minska liksom mängden fosfor som adsorberas till det eroderande materialet.

Kontroll

- Utöver recipientkontrollen vid Arlanda är det angeläget att fortsätta bevaka tillståndet även i Märstaåns övriga delar för att kunna följa upp effekterna av exploateringar inom avrinningsområdet liksom effekterna av insatta miljöåtgärder.
- Samordning bör ske av de mätningar som sker/kommer att ske i Märstaån, så att en samlad utvärdering är möjlig att göra.

4. BESKRIVNING AV OMRÅDET

4.1 Avrinningsområdet (se fig 1a och b)

Märstaåns avrinningsområde är 80,5 km² och ingår som en del i Mälarens avrinningsområde, nr 60.

Inom Märstaåns avrinningsområdet finns två sjöar, Halmsjön och Horssjön. Båda sjöarna är belägna långt upp i vatten-systemet.

Halmsjön är naturligen en måttligt näringsrik sjö, som är belägen i direkt anslutning till den grusås som löper vidare söderut längs Fysingens västra strand. Sannolikt tillförs Halmsjön betydande mängder grundvatten från åsen. Sjön ligger nära Arlanda flygplats och mottar dagvatten från framför allt den öst-västliga landningsbanan. Detta märks särskilt tydligt i de mycket höga kvävehalter som kan mätas i sjön. Signalkräftor och ädelfisk finns utplanterade i Halmsjön. Sjöns yta är 40 ha.

Horssjön är en liten (10 ha), näringsfattig, humös skogssjö, som är belägen i avrinningsområdets nordligaste del. Sjön är mycket grund och har relativt omfattande vassbestånd och flytbladsvegetation. Sjöns tillrinningsområde består av skog och sankmark.

Halmsjöns och Horssjöns utloppsäckar, här kallade Halmsjöbäcken respektive Kättstabäcken, avrinner mot sydväst och passerar flygplatsen innan de, ca 1 km väster om motorvägen, rinner samman vid Broby. Betydande mängder dagvatten tillförs de båda vattendragen vid deras passage genom flygplatsen. De största dagvattenmängderna tillförs Kättstabäcken.

Strax innan Märstaån når fram till Märsta mynnar ett vattendrag som avvattnar områdena väster och norr om tätorten. Avrinningsområdet för detta vattendrag, här kallat Fjällsta, utgör drygt 30% av Märstaåns hela avrinningsområde och består till mer än 60% av jordbruksmark, vilket är att betrakta som en mycket hög andel. Inom detta område ligger större delen av bebyggelsen vid Odensala.

Märstaån leds, strax före passagen av tätorten, in i en ca 2 km lång tunnel. Tunneln mynnar i den gamla åfåran nedströms tätorten och ca 2 km uppströms mynningen i Mälaren.

Den kvarvarande gamla åfåran genom tätorten har således numera endast ett begränsat tillrinningsområde. Dagvatten från tätorten tillförs både den gamla åfåran och tunneln. Vilka andelar av dagvattnet som tillförs gamla åfåran respektive tunneln är inte helt klarlagt, men cirka 75% tillförs förmodligen tunneln.

I den nedre delen av gamla åfåran tillkommer ett vattendrag, här kallat Rosersbergsbäcken, som avvattnar delar av Rosersbergsområdet, Brista avfallsanläggning och industriområdet vid Brista. Märstaån mynnar slutligen i Steningeviken i Mälaren.

4.2 Markanvändning

Markanvändningen inom avrinningsområdet som helhet består till ungefär hälften av skogsbevuxen mark.

Utmärkande för området är dock att andelen öppen mark är förhållandevis hög, ca 40%. Huvuddelen av jordbruksmarken är belägen i de delar som avvattnar Fjällstaområdet samt områdena norr och väster om Märsta.

Arealen bebyggda och hårdgjorda ytor är förhållandevis stor, 9,5 km², vilket utgör ca 12% av hela avrinningsområdet. Huvuddelen av dessa ytor utgörs av Märsta tätort och Arlanda flygplats. Sjöandelen är låg inom avrinningsområdet (<1%).
(Se även fig 2 och tabell 1.)

4.3 Utsläpp i vattendraget

4.3.1 Arlanda

Den största enskilda utsläppskällan inom avrinningsområdet är Arlanda. Stora mängder glykol och urea har under årens lopp tillförts Märstaån.

Glykol, som är en flervärd alkohol (1,2-propandiol), används som avisningsmedel på flygplanen. Förbrukningen har under 1980-talet varit 170-1 100 ton/säsong (uttryckt som ren propylenglykol). Under den aktuella mätperioden 1988/89 var förbrukningen ca 660 ton, vilket är en lägre förbrukning än normalt. En normal förbrukning ligger på ca 1 000 ton (se fig 3).

Föroreningseffekten består framför allt i att glykol vid sin nedbrytning är kraftigt syreförbrukande, vilket leder till syrebrist i vattenmiljön och därmed utslagning av högre växt- och djurliv i vattnet. Vid ofullständig nedbrytning av glykol bildas mellanprodukter (ketoner och aldehyder), som är starkt illaluktande (rutten lök). Denna lukt har under vår och försommar tidvis varit mycket påträngande längs ån, ibland ända ned till Mälaren. Glykol innehåller även ca 0,2% fosfor som tillsats för att förhindra korrosion. Detta innebär att stora mängder fosfor också sprids inom flygplatsområdet (1,3 ton fosfor under säsongen 1989/90).

Glykolen hamnade tidigare via dagvattensystemet i Kättstabäcken och Halmsjöbäcken. Fr.o.m. säsongen 88/89 uppsamlas merparten av glykolspillet, dels med hjälp av speciella uppsugningsbilar och dels via ett ledningssystem, och avleds till en behandlingsdamm. I denna damm sker viss biologisk nedbrytning. Vattnet från dammen tillförs kontinuerligt avloppssystemet för vidare befordran till Käppala reningsverk. Av de 660 ton glykol, som förbrukades under säsongen 1988/89, beräknas 11% (73 ton) ha förts direkt till Märstaån via dagvattenledningar. Dessa 73 ton motsvarar en kemisk syreförbrukning, (COD), av 119 ton syrgas. Den till ån förda glykolen innehåller vidare 145 kg fosfor, vilket motsvarar det renade utsläppet från ca 1 800 personer.

Urea används som avisningsmedel på landningsbanorna. Ämnet är en organisk förening, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, som till 46% består av kväve. Förbrukningen har under 80-talet varit 100-260 ton/säsong. Omräknat till kväve motsvarar detta en kvävemängd på ca 46-120 ton. En betydande del av detta har avrunnit med dagvattnet till Halmsjön, Halmsjöbäcken och Kättstabäcken, i vilka också mycket höga kvävehalter noteras. Under den aktuella mätperioden 1989/90 sprids 260 ton urea (=120 ton kväve).

Utredning pågår inom Luftfartsverket om hur föroreningsproblemen med urea skall lösas.

Förutom glykol, fosfor och urea tillförs åsystemet även andra föroreningar via dagvattnet från hårdgjorda ytor inom flygplatsområdet. Dagvattnet från denna typ av verksamhetsområden är oftast mycket förorenat och innehåller höga halter av såväl näringsämnen som tungmetaller och giftiga och/eller svårnedbrytbara organiska föreningar.

4.3.2 Jordbruket

Djurhållningen inom avrinningsområdet är inte särskilt stor, varför stora utsläpp från jordbrukets anläggningar inte är att förvänta. En översiktlig genomgång av djurbeståndet har utförts av miljö- och hälsoskyddskontoret och redovisas i bilaga 1:4.

Genom att en förhållandevis stor andel av avrinningsområdet består av öppen mark (38%) kommer jordbrukets andel av näringstillförseln till vattendraget att vara betydande inom vissa delavrinningsområden.

4.3.3 Enskilda VA-anläggningar

Den största delen av befolkningen inom avrinningsområdet är ansluten till reningsverk (Käppala).

Ca 260 fastigheter med permanentboende och ca 100 fritidsfastigheter har någon form av enskild VA-lösning. Huvuddelen av dessa fastigheter är belägna inom delavrinningsområdena 5, 6 och 7 (se fig 1), dvs. jordbruksområdena norr och väster om Märsta. I Odensala finns även skola och barnstuga med enbart slamavskiljare. I bilaga 1:4 redovisas en översiktlig sammanställning över antalet permanent- och fritidsfastigheter inom avrinningsområdet.

5. VÄDERLEK

Vädret under mätperioden kan karakteriseras som starkt avvikande från det normala. Figur 4 visar hur temperatur och nederbörd varierat under år 1988 och 1989 i jämförelse med ett normalår.

Vintern 1988 var mild, nederbördsrik och rekordsolfattig. Våren blev kort och ostadig och karakteriserades av torr, kylig men solig april.

Sommaren startade redan i maj och fortsatte i juni. Augusti blev ostadigaste sommarmånaden. Som helhet blev sommaren något varmare än normalt, regnrikare än normalt, solfattig och åskrik.

Hösten 1988 blev varm och solig, men varade endast till omkring 23 oktober. Då kom vintern, med åtskilliga minus-

grader och 15 cm snö i Uppland. Vintern fortsatte under november och större delen av december. Året 1988 avslutas med regn och plusgrader.

Januari och februari 1989 är rekordvarma. Värmerekord slås och det är mer eller mindre snöfritt. Mars är mild, solfattig och snöfri. Nederbörden är nära den normala. April blev kall, torr och solrik med flera vinterbakslog. Maj är rekordvarm, men med kylig och ostadig avslutning.

6. VATTENFÖRING

Som nämnts ovan karakteriseras mätperioden av att vädret varit mycket avvikande från det normala. Den snöfattiga vintern 1988 ledde således till att det inte blev någon ordentlig vårflod, utan nederbörden rann av i flera små, kortvariga flödestoppar. Den låga höstnederbörden och den tidiga vintern ledde till att det inte heller blev någon höstflod. Den enda "vårfloden" kom redan vid årsskiftet 1988/89 då all snö smälte bort på kort tid och resulterade i relativt höga flöden. Under mätperioden beräknas avrinningen till $4,7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, vilket är ca 70% av medelavrinningen under perioden 1977-89 för området.

Figur 5 och tabell 2 visar flödesvariationerna, beräknade enligt SMHI:s PULS-modell, under mätperioden vid Broby, nedströms sammanflödet av de båda ågrenarna, Kättstabäcken och Halmsjöbäcken. Vattenföringsberäkning enligt PULS-modellen sker ej i Märstaåns mynning. Bilaga 1:6 redovisar metodik för flödesberäkningar.

7. BEDÖMNINGSGRUNDER

Naturvårdsverket har i Allmänna Råd 90:4, "Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag" (ref 2) rekommenderat ett system för redovisning och utvärdering av vattendata. Systemet har utformats för att medge en enkel och översiktlig bedömning av tillståndet och graden av påverkan i sjöar och vattendrag. Klassificeringen bör grundas på medelvärden från provtagningar varje eller varannan månad. Genomsnittet av 3 års medelvärden bör användas för inplacering i klass. I denna undersökning har dock endast värden från ett års undersökningar använts. Detta torde dock kunna vara acceptabelt då de flesta bedömda parametrarna med god marginal överskrider den högsta (=sämsta) tillståndsklassen.

8. HALTER OCH TILLSTÅND

Näringsämneshalterna är mycket höga i nästan hela vattensystemet. Nedan redogörs för resultaten av de genomförda mätningarna. Samtliga analysresultat redovisas i tabell 3.

8.1 Kväve

Kväve förekommer i vatten dels i oorganisk form (nitrit, nitrat, ammonium) och dels i organisk form, bunden i levande eller dött organiskt material. Med totalkväve menas summan av de oorganiska fraktionerna och den organiska delen.

Ca 80% av luften består av kvävgas. Kvävefixering av blå-gröna alger och andra bakterier samt denitrifikation (bakteriell omvandling av nitrat till framför allt kvävgas) utgör länkar mellan atmosfärens och biosfärens kvävepooler.

En betydande ökning av kvävehalten har skett i många inlandsvatten under de senaste decennierna, vilket i sin tur påskyndat eutrofieringen av havet. En väsentlig orsak till kväveökningen i södra och mellersta Sverige anses vara den kraftigt ökade användningen av handelsgödsel. Kväve som urlakas ur jordbruksmark föreligger oftast som oorganiska salter (nitrat), som är direkt växttillgängliga. Kväve, som dräneras från skogsmark, föreligger till största delen som organiskt kväve.

Näringstillståndet för kväve anges enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder enligt följande:

Totalkvävehalt mg/l	Klass	Benämning
≤0,30	1	Mycket låga kvävehalter
0,30-0,45	2	Låga kvävehalter
0,45-0,75	3	Måttligt höga kvävehalter
0,75-1,50	4	Höga kvävehalter
>1,50	5	Mycket höga kvävehalter

Höga kvävehalter uppmäts i samtliga punkter, förutom vid punkt 2, Horssjön, som har en medelhalt av totalkväve på 0,24 mg/l. Flödesvägda medelhalter redovisas i figur 6.

Halterna är extremt höga i de delar av vattendraget som påverkas av dagvattenutsläpp från Arlanda flygplats. Vid punkt 3, Kättstabäcken, är till exempel medelhalten av totalkväve under mätperioden nära 12 mg/l med en variation på 9-25 mg/l. Redan medelvärdet är således ca 8 ggr högre än gränsen för klass 5 ovan. Totalkvävehalterna är även i den andra delgrenen som avvattnar Arlanda onormalt höga i Halmsjön och vid station 4 Halmsjöbäcken vid Broby, liksom vid nedströms liggande punkter i vattendraget. Också i den delgren som avvattnar den nordöstra delen av avrinningsområdet är medelhalten av totalkväve hög (ca 1,6-1,8 mg/l), men avspeglar här förhållanden som kan förväntas från jordbruksdominerade områden. Andelen öppen mark, fr.a. åkermark, är i detta delavrinningsområde hela 62%. Medelhalten av totalkväve i Märstaåns mynning är 3,6 mg/l.

I figurerna 7 och 8 redovisas även de flödesvägda medelhalterna av de lösta kvävefraktionerna ammonium- samt nitrit- och nitratkväve. Man kan särskilt notera de mycket höga ammoniumhalterna vid de mätstationer som berörs av utsläpp av dagvatten från flygplatsen. De medelammoniumhalter som registreras inom detta område varierar mellan 490 och 4 700 ug/l vid de olika mätstationerna, vilket är 25-250 gånger större än de halter som förekommer i Horssjöns utlopp (medelhalt 19 ug/l).

Halmsjön har stor betydelse som badsjö och är även betydelsefull genom sina goda bestånd av signalkräftor och ädel-fisk. I sjön registreras bl.a. med tanke på kräftornas fortlevnad oroväckande höga ammoniumhalter, ibland mer än 1 000 ug ammoniumkväve/l. Förutom att vara syreförbrukande vid oxidationen till nitrat kan ammonium vid högt pH-värde i ökad utsträckning övergå till ammoniak, vilket är ett starkt gift för många av de i vatten förekommande organismerna.

Horssjöns tillrinningsområde består helt av skogsmark. Medelhalten av nitratkväve är under mätperioden 32 ug/l. Ca 90% av totalkvävet är här organiskt bundet, fr.a. i humus.

I den jordbruksdominerade nordvästra delen av avrinningsområdet (nr 5, 6 och 7) är medelhalterna av nitratkväve 30-40 gånger högre (1 070-1 230 ug/l) och i flygplatsens närområde 20-170 gånger högre (650-5 700 ug/l) än vid Horssjön.

8.2 Fosfor

Fosfor förekommer i vatten huvudsakligen i löst form som fosfat och i organiskt och oorganiskt partikulärt material. Summan av fraktionerna benämns totalfosfor. Fosfor har i sötvatten en nyckelroll genom att vara det näringsämne som först förbrukas och därmed vanligen begränsar tillväxten hos alger och andra vattenväxter. Näringstillståndet hos sjöar och vattendrag brukar av denna anledning anges med utgångspunkt från just fosforhalten.

Näringstillståndet vad gäller fosfor anges i naturvårdsverkets bedömningsgrunder enligt följande:

Totalfosforhalt (ug/l)	Klass	Benämning
≤7,5	1	Mycket näringsfattigt tillstånd
7,5-15	2	Näringsfattigt tillstånd
15 - 25	3	Måttligt näringsrikt tillstånd
25 - 50	4	Näringsrikt tillstånd
>50	5	Mycket näringsrikt tillstånd

Figur 9 visar den flödesvägda medelkoncentrationen av totalfosfor.

Totalfosforhalterna är enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder mycket höga vid samtliga mätpunkter förutom vid Horssjön respektive Halmsjöns utlopp. Halter överstigande 50 ug/l betecknar enligt bedömningsgrunderna ett mycket näringsrikt tillstånd (klass 5). Medelhalterna vid Halmsjön och Horssjön var under mätperioden 26 resp. 20 ug/l, vilket kan karakteriseras som ett näringsrikt resp. måttligt näringsrikt tillstånd. Halten i Halmsjön ligger dock vid den nivå vid vilken man kan riskera att sjön hamnar i obalans med t.ex. kraftiga blågrönalgbloomningar, låga siktdjup och ökad syrgastäring som följd. Låga siktdjup på grund av kraftig planktonproduktion noteras också regelbundet i Halmsjön.

När de båda ågrenarna passerar Arlanda flygplats stiger fosforhalterna kraftigt. De höga halterna indikerar att påverkan sker från bl.a. dagvatten, enskilda VA-anläggningar och jordbruksmark.

De allra högsta fosforhalterna i Märstaån noterades dock vid station 5 i det vattendrag som avvattnar Odensalaområdet. Den beräknade medelhalten är ca 720 ug/l. Vid tre mättillfällen har dock halter överstigande 1 000 ug/l registrerats, varav vid ett tillfälle 4 900 ug/l. Orsaken till dessa höga halter är inte helt klarlagd. En närmare undersökning av funktionen hos enskilda VA-anläggningar och ev. utsläpp från tvätteriet i Odensala kan sannolikt klarlägga orsaken.

Totalfosforhalterna nedströms Märsta tätort är fortfarande mycket höga och ligger på ca 80-90 ug/l, beräknat som medelvärden under perioden.

8.3 pH och alkalinitet

pH är ett logaritmiskt mått på vattnets innehåll av vätejoner. pH-värdet blir lägre ju surare vattnet är. Det logaritmiska måttet innebär att vattnet är 10, 100 resp. 1 000 gånger surare vid pH 6, 5 resp. 4 än vid pH 7. I opåverkade sjöar och vattendrag varierar pH vanligen mellan 6 och 8.

Alkalinitet är ett mått på vattnets förmåga att neutralisera syror. Vatten med alkalinitetsvärden <0,10 mekv/l anses ha en svag buffertkapacitet. Vid kalkning av sjöar är målsättningen att en alkalinitet >0,10 mekv/l skall uppnås.

Surhetstillståndet anges i bedömningsgrunderna enligt följande:

Alkalinitet mekv/l	pH	Klass	Benämning (alkalinitet)
>0,5	>7,1	1	Mycket god buffertkapacitet
0,1-0,5	6,8-7,1	2	God buffertkapacitet
0,05-0,1	6,3-6,8	3	Svag buffertkapacitet
0,01-0,05	5,7-6,3	4	Mycket svag buffertkapacitet
≤0,01	≤5,7	5	Ingen eller obetydlig buffertkapacitet

I Märstaåns avrinningsområde, förutom vid Horssjön, uppmäts pH-värden på 6,8-8,8 och alkalinitetsvärden på 2,0-6,4 mekv/l. I Horssjön, vars tillrinningsområde helt består av skog och sankmark, är vattnet något surare. pH-värdet uppmäts här till 6,3-6,7 och alkaliniteten till 0,66-1,1 mekv/l. Området som helhet har alltså mycket god motståndskraft mot försurning.

8.4 Syretillstånd och syretärande ämnen

Vattnets syretillstånd är av vital betydelse för ekosystemet. Syretillståndet kan variera mycket kraftigt under dygnet och året beroende på produktionsförhållanden, organisk belastning, temperatur och, i rinnande vatten, även vattenrörelser. I många vattendrag är primärproduktionen låg, men där vegetationen är riklig kan växternas syrgasproduktion öka vattnets syrgashalt. En hög syrgasmättnad är dock inte alltid tecken på en "frisk" vattenmiljö. Större punktutsläpp av syretärande material kan drastiskt sänka syrgashalten i vattnet.

I rinnande vatten och i oskiktade sjöar kan således betydande variationer förekomma i syrehalt och syremättnad. Bedömningen av syretillståndet bör därför också grundas på koncentrationen av syretärande ämnen (organiskt material). Organiskt material mäts i allmänhet som BOD (biokemisk syretäring), COD (kemisk syreförbrukning) eller TOC (totalhalt organiskt bundet kol). I denna undersökning är det organiska materialet mätt som TOC. Medelhalter av TOC under mätperioden redovisas i figur 10.

Syretillståndet i rinnande vatten och oskiktade sjöar anges enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder på följande sätt:

Syremättnad i ytvatten, % ¹⁾	Syretärande ämnen som TOC eller COD _{Mn} ²⁾ mg/l	Klass	Benämning
>90	>5	1	Syrerikt tillstånd/ obetydlig syretäring
80-90	5-10	2	Måttligt syrerikt till- stånd/liten syretäring
70-80	10-15	3	Svagt syretillstånd/ måttlig syretäring
60-70	15-20	4	Syrefattigt tillstånd/ tydlig syretäring
≤60	>20	5	Mycket syrefattigt till- stånd/stor syretäring

1) lägsta värde under året

2) högsta värde under året

Syretillståndet i Märstaån har under en lång följd av år varit mycket otillfredsställande (se fig 11). Huvudorsaken till detta har varit de stora utsläppen av glykol som skett från flygplatsen. Glykol, som används som avisningsmedel på flygplanen, är ett organiskt ämne som bryts ned mycket snabbt och därvid lätt förbrukar allt tillgängligt syre. Därefter blir nedbrytningen ofullständig och de intermediära produkter som bildas är starkt illaluktande. Denna lukt har tidigare år varit mycket påtaglig längs ån under vår och försommar. Lukten har periodvis varit mycket besvärande ända nere vid Märstaåns utlopp i Mälaren.

Huvuddelen av glykolspillet uppsamlas fr.o.m. säsongen 88/89 och återvinns eller avleds efter viss nedbrytning i behandlingsdamm till det kommunala VA-nätet (se fig 3).

En tillämpning av bedömningsgrunderna med avseende på syremättnad och totalt organiskt kol ger för undersökningsperioden resultatet att samtliga mätstationer, utom nr 7, hamnar i den "sämsta" tillståndsklassen, klass 5 (fig 11). Klass 5 representerar syremättnadsvärden som är mindre än 60% och TOC-halter som är större än 20 mg/l och betecknar ett mycket syrefattigt tillstånd med stor syretäring.

Att även Horssjön hamnar i tillståndsklass 5 beror på att vattnet är mycket humöst, dvs. innehåller hög halt av naturligt förekommande organiska föreningar (humus). Horssjön är även grund och vegetationsrik, vilket också innebär att syretäringen blir stor när stora mängder organiskt material skall brytas ned.

Provtagningsstationen 7, Fjällsta hamnar i tillståndsklass 3, som betecknas som ett svagt syretillstånd med måttlig syretäring.

8.5 Färg, grumlighet och suspenderat material

Ljusförhållanden påverkar livsbetingelserna direkt för många organismer. Förekomsten av löst och partikulärt material påverkar också den biologiska tillgängligheten hos miljögifter.

Färg

Färgtal anger vattnets färgstyrka i en brungul färgskala och utgör ett indirekt mått på koncentrationen av organiskt material (lösta eller kolloidala humusämnen) i vattnet. Ett vattens färgtal avgörs av förhållandena i tillrinningsområdet. Hög förekomst av myrar ger således ett tillrinnande vatten med hög humushalt och således ett högt färgtal.

Vattnets färg varierar under året och är störst när ytavrinningen är stor. Klarvattensjöar har vanligen ett färgtal <15 mg Pt/l, medan näringsfattiga brunvattensjöar har ett färgtal >40 mg Pt/l.

Naturvårdsverket anger bedömningsgrunder för färgtal enligt följande:

Färgtal mg/Pt/l	Klass	Benämning
≤ 10	1	Ej eller obetydligt färgat vatten
10-25	2	Svagt färgat vatten
25-60	3	Måttligt färgat vatten
60-100	4	Betydligt färgat vatten
>100	5	Starkt färgat vatten

Färgtalet i Märstaåns olika delar varierar under mätperioden mellan 5 och 180 mg Pt/l.

De högsta färgvärdena noteras vid provpunkt Horssjön, vilket är naturligt eftersom tillrinningsområdet har stor andel myrmark med hög halt humus i avrinnande vatten. Under mätperioden överstiger färgstyrkan vid station Horssjön vid samtliga tillfällen 100 mg Pt/l, vilket enligt bedömningsgrunderna indikerar på ett starkt färgat vatten (klass 5).

Halmsjön har ett förhållandevis klart vatten. Färgtalet varierar mellan 5 och 50 mg Pt/l. Enligt bedömningsgrunderna kan Halmsjöns vatten klassificeras som ett svagt till måttligt färgat vatten (klass 3-4).

Figur 12 visar medelvärden på färgtalerna under undersökningsperioden.

Grunlighet (turbiditet)

Turbiditeten är ett mått på vattnets grumlighet. I ett rinnande vatten påverkas turbiditeten främst av oorganiska partiklar. Den största källan till sådant material torde

vara erosion. Detta material har en hög densitet och sedimenterar därför relativt lätt. Sjöar fungerar därför som klarningsbassänger.

Tillståndet anges utgående från turbiditet enligt SNV:s bedömningsgrunder enligt följande:

Turbiditet FTU	Klass	Benämning
≤0,5	1	Ej eller obetydligt grumlat vatten
0,5-1,0	2	Svagt grumligt vatten
1,0-2,5	3	Måttligt grumligt vatten
2,5-7,0	4	Betydligt grumligt vatten
>7,0	5	Starkt grumligt vatten

Grumligheten varierade i Märstaån under mätperioden mellan 1 och 87 FTU. Det minst grumliga vattnet iaktogs i Horsjön och Halmsjön med 2,4 resp. 5,5 FTU som medelvärde under mätåret. Enligt bedömningsgrunderna betecknar dessa värden ett måttligt resp. betydligt grumligt vatten.

I övriga delar av systemet är grumligheten betydligt större och överskrider kraftigt gränsen för starkt grumligt vatten, klass 5. Vid stationerna 4 Halmsjöbäcken, 5 Odensalabäcken, 9 tunnelmynningen och 10 Steninge är mätvärdena särskilt höga (>20 FTU) (se fig 13).

Suspenderat material

I rinnande vatten är suspenderat material det mest relevanta måttet på effekter av erosion. Variationer i koncentration kan vara mycket stora i rinnande vatten beroende på variationer i vattenföringen. Provtagningar bör därför ske så att även de högsta vattenföringarna blir representerade.

Tillståndet anges utgående från mängden suspenderat material enligt följande.

Susp. mg/l	Klass	Benämning
≤1,5	1	Mycket låg slamhalt
1,5-3	2	Låg slamhalt
3-6	3	Måttligt hög slamhalt
6-12	4	Hög slamhalt
>12	5	Mycket hög slamhalt

De lägsta halterna av suspenderat material iaktogs vid provpunkterna Horssjön och Halmsjön. Vid Horssjön var också den oorganiska andelen av det grumlighetsalstrande materialet mycket lågt i förhållande till den vid övriga provpunkter.

Höga eller mycket höga slamhalter uppmättes i övriga mätpunkter vid samtliga eller nästan samtliga mättillfällen.

Särskilt vid provpunkterna 4 Halmsjöbäcken, 5 Odensala, 6 Fransåker, 7 Fjällsta och 9 tunnelmynningen är andelen oorganiskt material i slammet hög (>65%). Ursprunget till detta oorganiska material är främst erosion från jordbruksmark och uttransport via dagvatten (se fig 14).

8.6 Konduktivitet, kalcium, magnesium, klorid och sulfat

Konduktivitet (ledningsförmåga) mäts i sorten milli-Siemens/meter (mS/m) och är ett mått på mängden lösta joner i ett naturvatten. Näringsrika sjöar har vanligen hög konduktivitet medan näringsfattiga sjöar oftast har en låg konduktivitet (<10 mS/m). Vattendrag i kalkrika områden har ofta en naturligt hög konduktivitet.

Konduktiviteten i Märstaåns olika delar varierar mellan 13 och 68 mS/m.

Den lägsta konduktiviteten återfinns i den minst föroreningspåverkade mätpunkten, Horssjön (medelvärde 16 mS/m).

Ledningsförmågan i Kättstabäcken tredubblas under vattnets passage av flygplatsen och odlingsbygden (medelvärde 52 mS/m vid punkt 3, Kättstabäcken). Vid Halmsjön är ledningsförmågan ungefär dubbelt så hög (medelvärde 27 mS/m) som vid Horssjön. Vid övriga mätpunkter överstiger konduktiviteten 50 mS/m (medelvärden 51-58 mS/m) (se fig 15).

Vid två tillfällen under mätperioden (maj -88 och februari -89) har även kalcium, magnesium, klorid och sulfat mätts. De lägsta kalciumhalterna uppmättes vid station Horssjön (20 resp. 17 mg/l) och vid station Halmsjön (46 resp. 43 mg/l). Vid de övriga provpunkterna varierar halterna mellan 53 och 81 mg/l. De högsta halterna registreras i Rosersbergsbäcken.

Magnesiumhalterna är även de lägst vid Horssjön (3,1 resp. 2,5 mg/l) och vid Halmsjön (4,8 resp. 4,9 mg/l). Vid övriga provpunkter i vattendraget varierar halterna mellan 8 och 16 mg/l.

Sulfathalten är, liksom för kalcium och magnesium, lägst vid Horssjön (13 resp. 8 mg/l) och Halmsjön (15 resp. 16 mg/l). Vid övriga provpunkter, utom vid Rosersbergsbäcken, varierar halterna mellan 33 och 76 mg/l, de högre halterna vid (70 - 76 mg/l) vid Fransåker och Fjällsta. I Rosersbergsbäcken är dock halterna kraftigt förhöjda med uppmätta halter på 145 resp. 150 mg/l. En orsak till dessa höga halter kan vara sulfidoxidation i marken. Detta kan äga rum när vattennivån i marken sjunker, t.ex. under torrperioder, så att luftens syre tränger ner i marklager som länge varit syrefria. Så snart vattennivån stiger igen sköljs en stor del av de syror som bildats vidare till grundvatten, sjöar och vattendrag. Denna effekt kan även fås vid dikning av sankmarker. År 1989 var mycket torrt och de höga sulfat-

halterna i Rosersbergsbäcken kan vara orsakade av en sådan sulfidoxidation. Inom delavrinningsområdet ligger även Bristatippen. Huruvida den kan bidra till de höga sulfat-halterna är inte utrett i denna undersökning.

Kloridhalterna varierar vid de båda mättillfällena mellan 4 och 77 mg/l vid de olika mätpunkterna. De lägsta halterna registreras vid Horssjön (6 resp. 4 mg/l) och Halmsjön (8 resp. 7 mg/l). De högsta halterna uppmättes vid provpunkt 4, Halmsjöbäcken (66 resp. 71 mg/l) och tunnelmynningen (51 mg/l). Dessa halter kan sannolikt bero på påverkan från förorenat dagvatten (vägsalt).

9. TRANSPORTER OCH AREALFÖRLUSTER

9.1 Transporter

Med hjälp av uppmätta halter och medelflöden under bestämda perioder har transporten av näringsämnen beräknats. I tabell 4 redovisas transporterna vid de olika mätstationerna, under de sex flödesperioder som undersökningsåret indelats i. En sammanställning av transporterad fosfor- och kvävemängd samt genomsnittlig arealförlust för hela delavrinningsområdet uppströms provpunkten redovisas i följande tabell.

Prov- punkt nr	Namn	Totalfosfor		Totalkväve	
		kg	kg/haxår 88/89	kg	kg/haxår 88/89
1	Halmsjön	18	0,04	1 163	2,3
2	Horssjön	7,3	0,03	238	1,0
3	Kättstabäcken	158	0,11	25 693	18,0
4	Halmsjöbäcken, Broby	126	0,08	8 683	5,3
5	Odensala	465	1,06	1 158	2,6
6	Fransåker	183	0,14	3 098	2,4
7	Fjällsta	684	0,26	7 258	2,7
8	Rosersbergsbäcken	63	0,07	1 817	1,9
9	tunnelmynningen	698	0,11	38 281	6,1
10	Steninge	1 035	0,13	43 659	5,4

För att få en uppfattning om storleksordningen på dessa "uppmätta" transporter i förhållande till vad man under ett normalår kan förvänta sig från ett område av denna typ har empiriskt framtagna schablonkoefficienter använts för att beräkna arealförluster och utsläpp från enskilda VA-anläggningar. De koefficienter som använts redovisas i bilaga 1:5.

I tabell 5 och 6 redovisas de under ett normalår schablonberäknade förlusterna av fosfor och kväve från de olika delavrinningsområdena. En jämförelse mellan de under ett normalår schablonberäknade transporterna och de under mätperioden med hjälp av halter och flöden beräknade görs i tabell 7 och 8 samt i figur 16. Vid schablonberäkningen har antagits att förlusterna av kväve och fosfor från Arlanda är lika stora som från "normalt" förorenade hårdgjorda ytor.

Av tabell 7 framgår att de schablonberäknade fosforförlusterna, med ett undantag, är högre än de under mätåret beräknade (=halt x flöde) förlusterna. De senare uppgår till ca 60-80% av de schablonberäknade. De koefficienter som används vid schablonberäkningen är i den storleksordning som man genom mätningar vet genomsnittligt gäller i länet under ett normalår. Det aktuella mätåret (maj 1988 - maj 1989) var dock långt ifrån normalt ur klimatsynpunkt (se avsnitt Klimat). Vattenföringen vid Broby var exempelvis ca 70% av medelflödet under perioden 1977-89 (enligt SMHI:s PULS-modell). Genom att nederbörden varit låg och höglödesperioder i stort sett saknats har också utflödet av näringsämnen varit betydligt lägre än normalt.

Det nämnda undantaget utgörs av provpunkt 5 Odensala där de under mätåret registrerade fosforförlusterna är nära fyra gånger högre än de schablonberäknade. De förhöjda fosforförlusterna från Odensalaområdet registreras även i nedströms liggande station 7, Fjällsta.

För kväve gäller, för de provpunkter som ej är påverkade av utsläpp av urea från Arlanda flygplats, liknande förhållande som för fosfor mellan schablonberäknade och under mätåret beräknade förluster. Vid de provpunkter som ligger nedströms flygplatsen är emellertid de verkliga kvävetransporterna i Märstaån avsevärt högre än de schablonberäknade. Orsaken är spridningen av urea på landningsbanorna.

9.2 Arealförluster

För att få en uppfattning om storleken på arealförlusten från skogsmark detta mätår valdes område 2, Horssjöns avrinningsområde. De arealförluster som beräknas ske från skog i detta område antages sedan gälla för skogsmark i hela avrinningsområdet.

För att beräkna arealförlusterna från öppen mark har det område som avvattnar Rosersbergsbäcken valts. Detta område har, till skillnad från övriga delavrinningsområden med hög andel åkermark, betydligt färre antal fastigheter med enskilda VA-utsläpp. Då beräkningar av utsläppen från enskilda VA-anläggningar baseras på schabloner och antaganden om aktuell VA-standard är dessa utsläppsvärden ungefärliga. I Rosersbergsbäckens delavrinningsområde förekommer endast ett fåtal enskilda utsläpp, varför arealförlusten från åkermark säkrare beräknas från detta område.

Under det aktuella mätåret 1988/89 var vattenflödet betydligt lägre än normalt. Vid Broby har, som nämnts ovan, flödet under mätperioden varit ca 70% av medelflödet under ett normalår. På grund av den lägre vattentillförseln till vattendraget har också näringsläckagen varit lägre än under ett normalår.

Nedan redovisas arealförluster från olika källor inom de olika delavrinningsområdena.

9.3 Horssjön, område 2

Horssjön tillrinningsområde består helt av skogs- och myrmark, sammanlagt 230 ha. Sjöns yta är 10 ha.

Transporten av fosfor ur sjön uppmättes till 7,3 kg.

Det vatten som tillförs sjön har en genomsnittlig omsättningstid på ca 3 månader. Under tiden kommer en del av fosfor att fastläggas i sediment och vegetation. En omsättningstid på ca 3 månader ger en fosforfastläggning på ca 30%. Till sjön förs alltså totalt ca 10,4 kg fosfor.

Av denna mängd härstammar 0,8 kg från deposition direkt på sjöytan. Återstående mängd, 9,6 kg, kan förmodas komma från omgivande skogs- och myrmark. Arealförlusten av fosfor blir då 0,04 kg/haxår.

Uppmätt kvävetransport ur sjön är 238 kg.

Kvävedenitrifikationen, dvs. kvävet avgång till luften i form av bl.a. kvävgas, antas uppgå till 20%.

Totalt till Horssjön kan då beräknas föras 296 kg kväve. Direkt på sjöytan deponeras ca 63 kg. Resterande del, 233 kg, antas komma från omgivande skogs- och myrmarker. Arealförlusten av kväve från skogsmark blir då 1,0 kg/haxår. Resultaten redovisas i nedanstående tabell och i figur 17.

Källa	Areal ha	Fosfor kg	Fosfor %	Kväve kg	Kväve %
skogsmark, myr	220	9,6	92	233	79
dep på sjön	10	0,8	8	63	21
totalt	230	10,4	100	296	100

De erhållna arealkoefficienterna, 0,04 kg fosfor/haxår och 1,0 kg kväve/haxår antas även gälla för övrig skogsmark inom avrinningsområdet.

9.4 Rosersbergsbäcken, område 8

För beräkning av kväve- och fosforförluster från skogsmark används de värden som erhöles från Horssjöns avrinningsområden (1,0 resp 0,04 kg/haxår).

För förluster av kväve och fosfor från bebyggd mark används detta nederbördsfattiga år koefficienterna 2 resp 0,2 kg/haxår. Den restpost som återstår när man från den uppmätta transporten i vattendraget subtraherar förluster från skogsmark, bebyggda områden (dagvatten) och enskilda VA-anläggningar kan anses utgöra förluster från öppen mark. Den beräknade förlusten från åkermark av fosfor blir då i detta område 0,1 och av kväve 3,5 kg/haxår.

Nedanstående tabell redovisar transport av kväve och fosfor fördelad på olika källor (se även fig 18).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark	580	23	36	580	32
öppen mark	330	29	46	1 150	63
bebyggda omr	30	6	10	60	3
enskilda VA		5	8	27	2
Totalt	940	63	100	1 817	100

9.5 Odensala, område 5

Med hjälp av framtagna arealkoefficienter samt schablonberäknade utsläpp från enskilda VA-anläggningar erhålls följande källfördelning av näringsförluster från avrinningsområdet (se även fig 19).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark	220	9	2	220	18
öppen mark	220	22	5	770	62
enskilda VA		36	8	244	20
okänd källa (ensk.VA?)		398	85	-	-
Totalt (schablonberäkn)		(67)		1 234	100%
Totalt (halt x flöde)		465	100	1 158	

Av beräkningarna framgår att det i detta område således finns en mycket stor fosforkälla som kan bestå i större utsläpp än väntat från enskilda VA-anläggningar, utsläpp från tvätten samt ev. större förluster från jordbruksmark än beräknat. Den sk. okända källan samt förväntade utsläpp från enskilda VA svarar tillsammans för mer än 90% av den totala fosforförlusten.

Resultaten visar att det finns anledning att närmare studera avloppsvattenförhållandena i Odensalaområdet.

Vid användande av de schablonkoefficienter som förmodas gälla för avrinningsområdet detta år erhåller man en total kvävetransport på 1 230 kg. Den genom uppmätta halter och registrerade flöden (PULS) "uppmätta" transporten uppgår till ca 1 160 kg. Differensen ligger inom felmarginalen för denna typ av beräkningar.

9.6 Fransåker, område 6

Nedanstående tabell visar uppmätt fosfor- och kvävetransport fördelad på källor (se även fig 20).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark	440	18	12	440	12
öppen mark	770	77	50	2 695	75
bebyggda omr	80	16	10	160	5
enskilda VA		44	28	300	8
Totalt (schablonberäkn)		155	100	3 595	100
Totalt (halt x flöde)		183		3 098	

Såsom framgår av tabellen ovan så uppgår den genom flöde och halt beräknade fosfortransporten till 183 kg, medan den med hjälp av arealkoefficienter och förmodade utsläpp från enskilda VA beräknade transporten uppgår till 155 kg. En skillnad på 28 kg föreligger alltså. Orsaken till denna kan vara att utsläppen från enskilda VA är större än beräknat och/eller att läckagen från jordbruksmarken är högre än vad som antagits.

För kväve gäller att den med hjälp av schablonkoefficienter beräknade transporten uppgår till ca 3 600 kg, medan den med hjälp av halter och flöden beräknade transporten uppgår till ca 3 100 kg.

En tänkbar förklaring kan vara att markerna läcker mindre kväve än det antagna läckaget. En annan orsak kan vara att de uppmätta totalkvävehalterna inte är helt representativa för de flödesperioder som används i transportberäkningarna. Eftersom haltväxlingarna kan vara stora i små vattendrag kan transportberäkningen bli mer osäker än i ett större vattendrag. En förklaring kan också vara kvävedenitrifikation, dvs. överföring av nitrat till kvävgas. Om denitrifikationen uppgår till ca 15% kommer det att innebära att ca 500 kg kväve avgår i form av kvävgas. Total schablonberäknad kvävetransport skulle då uppgå till ca 3 100 kg, vilket även är den kvävetransport som beräknas med hjälp av halter och flöden.

Från detta område kommer således merparten av fosforläckagen från öppen mark (ca 50%) och enskilda VA (28%). De helt dominerande kväveläckagen kan härledas från öppen mark (ca 75%).

9.7 Fjällsta, område 7 (inkl. 5 och 6)

Nedanstående tabell visar fosfor- och kvävetransport fördelade på källor (se även fig 21).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark	900	36	5	900	12
öppen mark	1 630	163	24	5 705	74
bebyggd mark	110	22	3	220	3
enskilda VA + extra fosforkälla vid Odensala		464	68	878	11
Totalt (schablonberäkn)*		350	100	7 703	100
Totalt (halt x flöde)		685		7 258	

* exkl. det s.k. okända tillskottet från Odensalaområdet.

I de båda uppströms liggande mätpunkterna Odensala och Fransåker beräknas med hjälp av halter och flöden fosfortransporten vara 465 resp. 183 kg. Från området som tillkommer (9,1 km²) vid mätpunkt Fjällsta beräknas med hjälp av schabloner 129 kg fosfor tillkomma. Sammanlagt "borde" 777 kg fosfor transporteras från hela detta avrinningsområde. Den fosformängd som erhålles med hjälp av mätvärden och flöden uppgår endast till 685 kg. Förklaringar till skillnaden mellan de båda beräkningarna kan vara de som nämns under avsnitt 9.5 samt att fosfor fastlagts i sediment och vegetation i bäckfåran. Skillnaden mellan de båda beräkningssätten ligger dock inom felmarginalen för beräkningsmetoden.

För kväve gäller att den med hjälp av halter och flöden beräknade transporten är ca 6% lägre än den schablonberäknade. Skillnaden ligger inom felmarginalen för beräkningsmetoden.

Av tabellen ovan framgår att den helt dominerande fosforkällan utgörs av utsläpp från enskilda VA samt framför allt från det stora extratillskottet från Odensalaområdet (totalt ca 70%) (se även avsnitt 9,5). Fosforläckagen från jordbruksmark uppgår till ca 25% av den totala transporten. För kväve gäller att merparten (ca 75%) av transporten i vattendraget kan härledas till läckage från jordbruksmark.

9.8 Halmsjön, område 1

I detta avrinningsområde ingår bl.a. delar av den östvästliga landningsbanan (benämnd 08-26).

Vid antagande att arealförlusten från trafikerade hårdgjorda ytor för kväve är 10 kg/haxår och fosfor 0,2 kg/haxår samt att fosforretention och kvävedenitrifikation är 50 resp. 30% erhålles följande källfördelning av kväve och fosfortransporter. Arealkoefficienterna för kväve och fosfor är satta så att de skall representera ett förorenat dagvatten. Hänsyn är således ej tagen till de extremt stora ureatillskotten från flygplatsen.

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skog, myr	330	13	33	330	23
öppen mark	90	9,0	23	315	25
bebyggt/hårdgjort	50	10	25	500	35
enskilda VA		4,5	11	32	2
dep. på Halmsjön	40	3,2	8	250	18
Totalt (schablonberäkn)		40	100	1 427	100
Avgår:					
P-retention 50%,		20			
N-denitr. 30%				428	
Återstår (schablonberäkn mängd)		20		1 000	
Totalt (halt x flöde)		19		1 163	

Av tabellen framgår att fosfor- och kväveförlusterna från bebyggda/hårdgjorda ytor utgör 25 resp. 35% av totaltransporterna. Dessa ytor utgör dock endast 10% av avrinningsområdet.

Arealförlusterna av kväve från hårdgjorda ytor antas uppgå till 10 kg/haxår, vilket är nära 3 gånger större än kväveförlusterna från öppen mark detta mätår.

Huvudorsaken till de höga kväveförlusterna är huvudsakligen utsläppen av ureahaltigt dagvatten till Halmsjön (se även fig 22).

9.9 Kättstabäcken, område 3 (inkl. område 2, Horssjön).

De uppmätta fosfor- och kvävetransporterna redovisas i nedanstående tabell (se även fig 23).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark, myr	730	29	20	730	3
öppen mark	320	32	23	1 120	4
bebyggt, hårdgj.	360	72	50	23 721 (3 600)	92 (60)
92(60) 92(60)					
enskilda VA		9	6	58	<1
dep på Horssjön	10	0,8	1	63	<1
Totalt (schablonberäkn)		143	100	5 571	
Totalt (halt x flöde)		158		25 692	100

Av tabellen framgår att den transport som beräknas med hjälp av halter och flöden är ca 10% högre än den schablonberäknade. Detta ligger inom felmarginalen för beräknings-sätten, men kan även indikera att fosforläckaget från t.ex. hårdgjorda ytor är större än den antagna 0,2 kg/ha.

Av tabellen framgår vidare att förlusterna av fosfor och framför allt kväve är mycket stora från bebyggda/hårdgjorda områden, dvs. i praktiken Arlanda flygplats.

Vid ett antagande att kväveförlusten normalt är 10 kg/haxår från trafikerade, hårdgjorda ytor inom flygplatsområdet kommer ca 3 600 kg kväve att lämna dessa arealer, vilket

utgör drygt 60% av den totala schablonberäknade kvävetransporten (5 600 kg).

Vid provpunkt 3 erhålles dock mer än 25 000 kg kväve vid beräkning av transporten med hjälp av uppmätta halter och flöden. Av denna mängd kan ca 23 700 kg härröra från hårdgjorda ytor, vilket utgör mer än 90% av totaltransporten. Merparten av detta kväve härrör från ureaspridningen på landningsbanorna. Arealförlusten från hårdgjorda ytor blir mycket hög, 66 kg/haxår, vilket är 19 gånger större än genomsnittliga förluster från öppen mark detta mätår.

9.10 Halmsjöbäcken, område 4 (inkl. område 1, Halmsjön)

Även inom detta delavrinningsområde ligger en del av flygplatsen. De uppmätta fosfor- och kvävetransporterna fördelar sig på källor enligt nedanstående tabell (se även fig 24).

Källa	Areal ha	Fosfor kg	%	Kväve kg	%
skogsmark, myr	1 200	48	44	1 200	14
öppen mark	250	25	23	875	10
bebyggt/hårdgj.	140	28	25	6 322(1 400)	73
enskilda VA		6	5	37	<1
dep. på Halmsjön	40	3,2	3	250	3
Totalt(schablonberäkn)		110	100	3 764	
Totalt (halt x flöde)		126		8 684	100

Liksom för avrinningsområde Kättstabäcken är de verkliga kväveförlusterna från bebyggda/hårdgjorda ytor avsevärt mycket större (6 320 kg) än de schablonberäknade och utgör ca 75% av totaltransporten i denna mätpunkt. Arealförlusterna av kväve från dessa ytor blir 45 kg/haxår, vilket är 12 gånger större förluster än de som detta mätår beräknas ske från öppen mark.

9.11 Broby, hela område 3 och 4 (inkl. område 1 och 2)

Arlanda flygplats ligger helt inom delavrinningsområdena 1, 3 och 4.

I nedanstående tabell redovisas förluster av kväve och fosfor från olika källor inom området (se även fig 25).

Källa	Areal ha	Fosfor kg	%	Kväve kg	%
skog, myr	1 930	77	30	1 930	6
öppen mark	570	57	22	1 995	6
bebyggelse/hårdgj.	500	100	40	30 043	87
enskilda VA		15	6	95	<1
dep på sjö	50	4	2	313	1
total areal=	3050				
omr. 1+2+3+4					
Totalt		253	100	34 376	100

Av tabellen framgår bl.a. att kväveförlusterna från bebyggda/hårdgjorda ytor är mycket hög och utgör nära 90% av den totala kvävetransporten vid Broby (summan av mätpunkt 3 och 4). Även fosforförlusterna från dessa ytor är ovanligt höga.

De sammanlagda arealförlusterna från bebyggda/hårdgjorda ytor inom områdena 3 och 4 är för fosfor 0,2 kg/ha och för kväve 60 kg/ha. Förlusterna av fosfor är därmed dubbelt större än de som sker från s.k. öppen mark (0,1 kg/haxår 88/89) och för kväve 16 gånger större än läckagen från öppen mark (3,5 kg/haxår 88/89).

Av den totala kvävetransporten vid Broby utgörs alltså nära 90% av kväve från hårdgjorda/bebyggda ytor. Den absoluta merparten av detta kväve utgörs av ureakväve.

Ureaförbrukningen var säsongen 88/89 260 ton, varav 120 ton (46%) utgörs av rent kväve. En viss del av detta kväve kommer att denitrifieras och avgå till luften. Om man antar att denitrifikationen är 30%, dvs. liknande den som kan förekomma i jordbruksmark, så innebär detta att ca 36 ton avgår till luften. Resterande del, ca 84 ton, kvarstannar på eller i marken, bryts ned eller transporteras successivt till Märstaån och till grundvattnet.

Vid Broby transporteras under mätåret ca 35 ton kväve, varav 30 ton kan härledas från hårdgjorda ytor. En mycket stor differens föreligger alltså mellan kvarvarande ureakväve (84 ton) och vid Broby transporterad mängd i Märstaån. Vart tar resterande mängd kväve (ca 50 ton) vägen?

9.12 Tunnelmynningen, område 9

Det lokala delavrinningsområdet för tunnelmynningen omfattar bl.a. delar av Märsta tätort. Övriga delar av tätorten avvattnas till den gamla åfåran. Ca 75% av det lokala området 9 avvattnas till tunneln och ca 25% till gamla åfåran. Till området hör också de uppströms liggande delavrinningsområdena 1 till och med 7. Område 8, Rosersbergsbäcken, avvattnas direkt till gamla åfåran.

I nedanstående tabell samt i figur 26 redovisas förluster av kväve och fosfor från olika källor inom avrinningsområdet:

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark, myr	3 000	120	18	3 000	8
öppen mark	2 420	242	36	8 470	22
bebyggt, hårdgj.	800	160	24	25 473 (1 600)	67
enskilda VA		150	22	1 026	3
dep. på sjöar	50	4	<1	313	<1
Totalt (schablonberäkn)		676	100	(14 409)	
Totalt (halt x flöde)		698		38 282	100

Fosfortransporten beräknad med hjälp av antagna schabloner överensstämmer väl med den transport som beräknas med hjälp av halter och flöden.

Kvävetransporten är kraftigt förhöjd jämfört med den man skulle kunna förvänta sig om ureautsläppen från flygplatsen inte existerade. Transporten skulle i en sådan situation uppgå till ca 14 400 kg.

Arealförlusten av kväve från hårdgjorda och bebyggda ytor uppgår till 31 kg/ha, alltså nära tio gånger högre koefficient än för öppen mark (3,5 kg/ha).

9.13 Steninge, område 10 (=hela Märstaåns avrinningsområde)

Provpunkten vid Steninge representerar Märstaåns mynning i Mälaren och ger alltså ett svar på vilken mängd föroreningar som lämnar avrinningsområdet och tillförs Mälaren. Fosfor- och kvävetransporter fördelade på källor redovisas i nedanstående tabell (se även fig 27).

Källa	Areal ha	Fosfor		Kväve	
		kg	%	kg	%
skogsmark, myr	3 990	160	19	3 990	9
öppen mark	3 060	306	37	10 710	25
bebygg./hårdgj.	950	190	23	27 478(1 900)	63
enskilda VA		171	21	1 167	3
dep. på sjöar	50	4	<1	313	<1
Totalt (schablonberäkn)		831	100	(18 080)	
Totalt (halt x flöde)		1 035		43 658	100

Av tabellen framgår att fosforläckagen från öppen mark dominerar (37%), vilket också är naturligt då nära 40% av avrinningsområdet består av åker, ängsmark m.m. Skogsmark som utgör ca 50% av avrinningsområdet svarar endast för 19% av fosforläckaget.

Andelen bebyggda/hårdgjorda ytor uppgår till 12% av ytan (varav ca hälften utgör Arlanda), men svarar för nära 25% av fosforläckaget.

Mera anmärkningsvärt är den förhållandevis stora betydelsen som fosforutsläppen från enskilda VA-anläggningar svarar för. Mer än 20% av den totala fosfortransporten från avrinningsområdet beräknas komma från dessa anläggningar.

Med hjälp av uppmätta halter och beräknade flöden (PULS) erhålls alltså en transport av fosfor på 1 035 kg till Mälaren. En motsvarande beräkning med hjälp av schabloner, anpassade till detta år, ger som resultat en fosfortransport på 831 kg. Trots att avrinningen detta nederbördsfattiga mätår är betydligt lägre (70%) än under ett normalår, så är således den med hjälp av halter och flöden beräk-

nade fosfortransporten ca 25% högre än den schablonberäknade (1 035 resp. 831 kg). Orsaker till detta kan vara att någon eller några schabloner för detta mätår är för lågt satta för området. Den schablonberäknade fosfortransporten under ett normalår beräknas uppgå till ca 1 400 kg, vilket utgör ca 70% av den med hjälp av halter och flöden beräknade transporten.

Arealförlusten utslagen på hela avrinningsområdet blir 0,13 kg/ha, dvs. större fosforförluster än om hela avrinningsområdet bestod av öppen mark (läckage detta mätår 0,1 kg/ha).

För kväve svarar läckagen från skogsmark och öppen mark för 9% resp. 25% av den totala kvävetransporten. Att dessa andelar synes vara små beror på den onaturligt stora kvävetransporten från bebyggda/hårdgjorda ytor. Mer än 60% av den totala kvävetransporten beräknas härstamma från dessa områden och då särskilt från flygplatsen.

Den kvävetransport som erhålls med hjälp av uppmätta halter och beräknade vattenflöden (PULS) uppgår till ca 43 700 kg. Arealförlusten utslagen på hela området blir då drygt 5,4 kg/ha, dvs. högre arealförlust än om hela Märstaåns avrinningsområde (80,5 km²) hade bestått av öppen mark (läckage detta år ca 3,5 kg/ha).

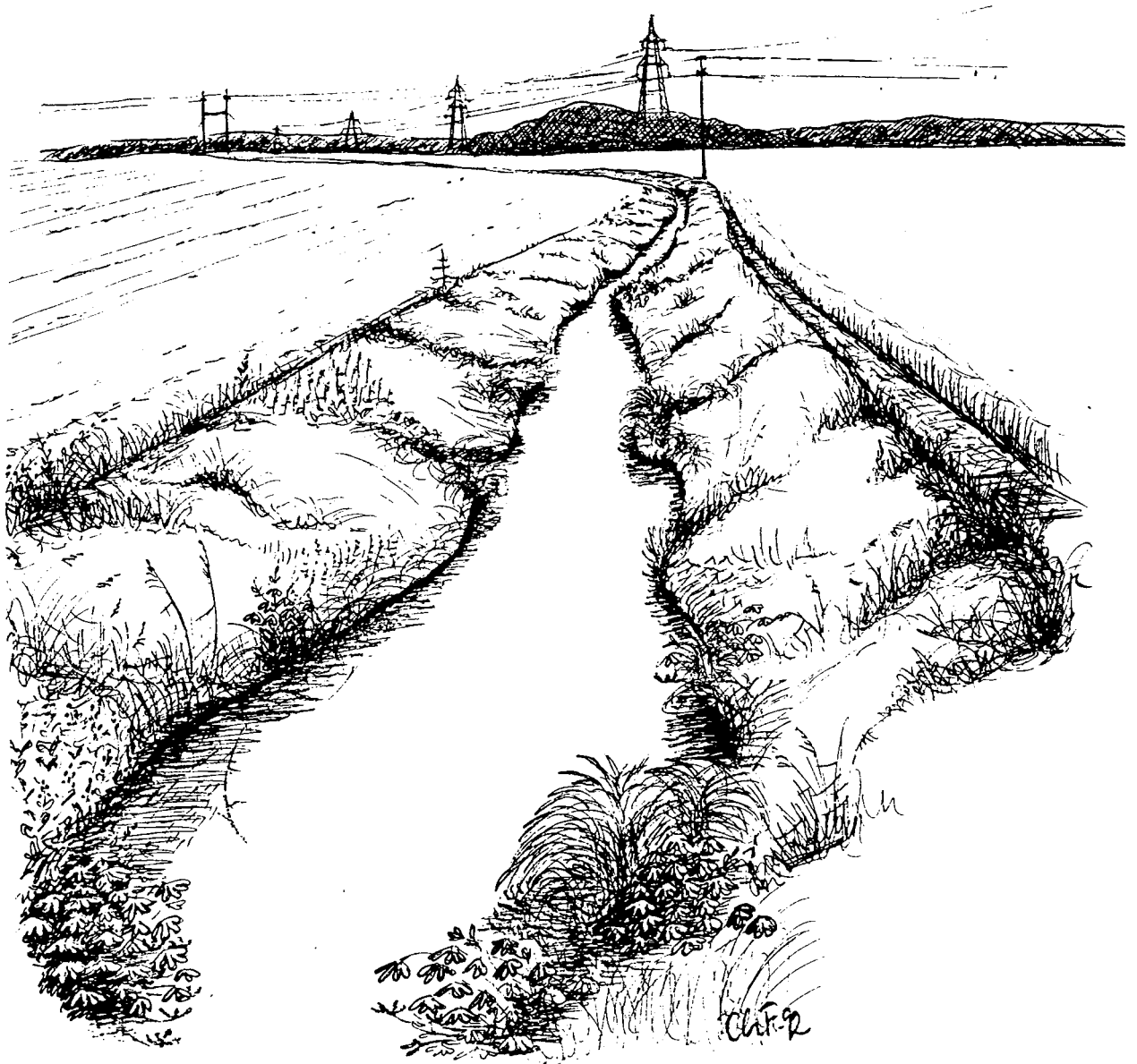
Skillnaden mellan kvävetransport beräknad med hjälp av halter och flöden (ca 44 000 kg) och schablonberäknad transport (ca 19 000 kg) uppgår till ca 25 000 kg. Orsaken till denna stora skillnad mellan de båda beräkningssätten är att schablonberäkningen ej beaktar de mycket höga ureakväveutsläppen från Arlanda. Schablonberäkningen visar en situation som skulle föreligga om ureautsläpp ej förekom.

Arealförlusten av kväve från enbart hårdgjorda/bebyggda ytor inom hela avrinningsområdet blir mätåret 88/89 mycket hög, nämligen 29 kg/ha.

REFERENSER

1. Kan smådjur leva i Märstaån? En studie av bottenfauna maj 1988. Limnodata HB, på uppdrag av Luftfartsverket.
2. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket Allmänna råd 90:4.
3. Dagvattenhantering. Planering och miljöeffekter. Naturvårdsverket 1/83
4. Naturvårdsverket 1991, Monitor 12. Försurning och kalkning av svenska vatten.

Bilaga



METODIK OCH DOKUMENTATION

1. Provtagningsprogram

Vattenprovtagningar har utförts sju gånger under perioden maj 1988 till juni 1989 med ca två månaders intervall. Dessutom har en extra provtagning utförts i Halmsjön med anledning av de mycket höga ammoniumhalter som uppmättes i februariprovtagningen. Tidpunkterna för provtagningarna framgår av tabell 3. Provtagningspunkternas lägen redovisas i figur 1b och dess koordinater i nedanstående tabell.

Provpunkt	Namn	X-koordinat	Y-koordinat
1	Halmsjöns utlopp	661660	162145
2	Horssjöns utlopp	661965	162020
3	Kättstabäcken	661430	161715
4	Halmsjöbäcken	661420	161720
5	Odensala	661620	161555
6	Fransåker	661610	161545
7	Fjällsta	661485	161615
8	Rosersbergsbäcken	661205	161545
9	tunnelmynningen	661180	161505
10	Steninge	661130	161405

Följande parametrar har analyserats

temperatur	fosfatfosfor
pH	totalfosfor
alkalinitet	ammoniumkväve
syrgas	nitritkväve
konduktivitet	nitratkväve
grumlighet	totalkväve
suspenderat material	totalt organiskt kol

samt vid två tillfällen även klorid, sulfat, kalcium och magnesium.

Provtagningarna har utförts av kommunen och Länsstyrelsen gemensamt. Analys av pH, alkalinitet, konduktivitet, färg och syre har utförts på Länsstyrelsens laboratorium. Restande analyser har gjorts hos AB Hydroconsult, Bromma.

I nedanstående tabell redovisas analysmetoder och koder enligt KRUT (miljödatasystem):

Parametrar	Kod enl KRUT	Beskrivning
pH	(PH-25)	Elektrometrisk bestämning vid 25°C. SS 028122
Alkalinitet	(ALK-NGQ)	Ofiltrerat, indikator, titrimetrisk bestämning. SS 028139
Konduktivitet	(KOND-25)	Ledningsförmåga mätt vid 25°C.
Färg	(FÄRG-NK)	Färgtal ofiltrerat, bestämning med komparator. SS 028124
Syre	(O2-DG)	Oxygen, löst. Titrerat enligt Winkler. Fosforsyra. SS 028114
	(O2-MN)	Oxygen, mättnad. Beräkning med tabeller. Montgomery. SS 028114
FTU	(TURBFTU)	Turbiditet (grumlighet), uttryckt i FTU-enheter. SS 028125
TOC	(CORG-Ti)	Kol, organiskt totalt. UV-uppslutning
Susp.mtr.tot.	(STR-SRG)	Suspenderat material, totalt. 105°C. SS 028112
Susp.mtrl.oorg.	(SFR-STG)	Suspenderat material, oorganiskt. GFC-filter, 550°C, glödningsåterstod. SS 028112
Ammonium	(NH4N-NM)	Nitrogenammonium, ofiltrerat spektrofotometrisk bestämning med hypoklorit och fenol. Koroleff ICES CN1969 C:9
Nitrit	(NO2-N)	Nitrogennitrit, ofiltrerat, spektrofotometer. Koroleff (SS 128132)
Nitrat	(NO3N-NM)	Nitrogennitrat, ofiltrerat, spektrofotometer. Koroleff (SS 028133)
Totalkväve	(NTOT-NM)	Nitrogen totalt, ofiltrerat, spektrofotometer, persulfatuppslutning. Koroleff. ICES CN 1969 C:8
Fosfat	(PO4P-NM)	Fosforfosfat, ofiltrerat spektrofotometer. SS 028126:1
Totalfosfor	(PTOT-NM)	Fosfor, totalt, ofiltrerat, spektrofotometer, persulfatuppslutning. Koroleff. (SS 028127:1)
Kalcium	(CA-NTQ)	Kalcium, ofiltrerat, murexidindikator. SS 028119
Magnesium	(MG-NFQ)	Magnesium, ofiltrerat, atomabsorption. SS 028161.
Klorid	(CL-NDQ)	Klorid, ofiltrerat, titrering, indikator difenylkarbazon. IMI
Sulfat	(SO4-NTQ)	Sulfat, ofiltrerat, titrering, thorinindikator. SS 028182. IMI.

2. Övriga provtagningar i Märstaån

Luftfartsverket driver ett recipientkontrollprogram vid Arlanda flygplats. Provtagning sker av dagvattenutsläpp samt i Märstaån. Provtagningarna sker mest frekvent under avisningssäsongen.

Statens naturvårdsverk har ett kontinuerligt löpande mätprogram för tillflödena till Mälaren. En provpunkt är belägen i Märstaån nedströms tunnelmynningen och besöks en gång per månad.

En bottenfaunaundersökning har på uppdrag av Luftfartsverket i maj 1988 utförts i Märstaån av Limnodata HB (ref. 1).

3. Bestämning av avrinningsområden och markanvändning

Avrinningsområdets avgränsning har bestämts med hjälp av topografiska kartan. För de punkter som provtagits har delavrinningsområden avgränsats. Detaljavgränsningen har för vissa delar kontrollerats direkt på platsen.

För Märsta tätort har de områden som avleder vatten direkt till tunneln (kulverterad del av Märstaån) respektive till gamla åfåran inte exakt avgränsats. Cirka 75% av dagvattnet från tätorten tillförs sannolikt tunneln. Avgränsning av delavrinningsområden inom flygplatsområdet har skett i samråd med Luftfartsverket.

Avrinningsområdet och dess indelning i delavrinningsområden redovisas i figur 1b.

Markanvändningen inom avrinningsområdet har bestämts med hjälp av topografiska kartan och redovisas som skog, öppen mark, hårdgjorda/bebyggda ytor, sjö och våtmark.

Hårdgjorda/bebyggda ytor: Bebyggelse i tätort samt tät friliggande bebyggelse (grå markering) enligt topokartan + motorväg (arealen beräknad utifrån 20 meters vägbredd), arealen hårdgjorda ytor på Arlanda beräknad utifrån plan-kartor.

Sjö: Sjö (blå markering) enligt topokartan.

Våtmark: Våtmark (brun markering) enligt topokartan.

Skog: Skog (grön markering) enligt topokartan.

Öppen mark: Öppen mark (vit markering) enligt topokartan. Med öppen mark avses således såväl brukad åkermark som ängsmark och annan obrukad öppen mark.

Sammanställning över markanvändningen redovisas i tabell 1.

4. Punktkällor

Miljö- och hälsoskyddskontoret har översiktligt inventerat enskilda VA-anläggningar och djurhållning inom respektive delavrinningsområde (1-10).

Enskilda VA-anläggningar

Område	Perm.fast	Fritids.fast	Skola	Barnstuga
1	8	6		
2	0	0		
3	13	14		
4	9	5		
5	39	3	120 elever+ lärare	20 barn+ personal
6	73	26		
7	86	16		
8	6	7		
9	4	6		
10	27	19		
Summa	265	102	120 elever+ lärare	20 barn + personal

Djurhållning

Område	Hästar	Nöt	Ugnöt	Avelssvin	Slaktsvin	Får
1						
2						
3	20					
4	13	30	10			
5	7					
6	20	7	20	35	25	15
8	10					
9	5					
10		15				
Summa	55	85	10	35	25	15

Omräknat till djurenheter/ha åker blir detta ca 0,1, vilket är en mycket låg siffra. Riksgenomsnittet är 0,6 djurenheter/ha åker.

5. Använda schabloner

Vid schablonberäkningar av fosfor- och kväveutsläpp från enskilda VA-anläggningar har följande koefficienter nyttjats:

- * Varje person avger i genomsnitt 2,2 g fosfor och 12 g kväve per dygn
- * Reningsgraden i enskilda VA-anläggningar antas vara 40% med avseende på fosfor och 25% med avseende på kväve.
- * En fastighet antas bebos av 2,3 personer
- * En fritidsfastighet antas bebos 2 mån/år.

- * För att de schablonberäknade utsläppen från enskilda VA-anläggningar under detta lågflödesår inte skall över-skattas har vi antagit att förlusterna endast är 50% av ovan nämnda schabloner avseende fosfor- och kväveutsläpp.

Arealkoefficienter

Med hjälp av flöden och uppmätta halter har transporter av bl.a. näringsämnen beräknats.

För att kunna jämföra dessa transporter med de under ett normalår förväntade transporterna har de senare beräknats med hjälp av empiriskt framtagna arealkoefficienter. Beröende på bl.a. marktyp, odlingsmetod, gröda, klimat m.m. så kan arealförlusterna variera avsevärt även under ett s.k. normalår.

I nedanstående tabell redovisas schablonkoefficienter för dels ett s.k. normalår och dels för denna aktuella mätperiod, vilken ur klimatisk synpunkt varit "onormal" med betydligt lägre läckage än normalt.

Källa	Normalår		Mätåret 1988/89	
	Fosfor kg/haxår	Kväve kg/haxår	Fosfor kg/ha	Kväve kg/ha år
skog, våtmark	0,05	1,5	0,04	1,0
öppen mark	0,2	7	0,1	3,5
tätbebygg./hårdgj.	0,2-0,3	2-5*	0,2	2-66**
atm.dep.sjöyta	0,08	6,25	0,08	6,25

* exkl. Arlanda

** inkl. Arlanda

6. Vattenföring och beräkning av ämnestransporter

De flödesuppgifter som använts vid transportberäkningarna har tagits fram på följande sätt.

För 1988/89 har PULS-värden för Luftfartsverkets databaserade vattenföringsstation (PULS) vid Broby använts. Dessa uppgifter har proportionerats till att gälla de olika provtagningspunkterna. PULS är en databaserad vattenföringsmodell som tagits fram av SMHI. Modellen bygger bl.a. på det aktuella avrinningsområdets storlek och markanvändning samt temperatur och nederbördsdata.

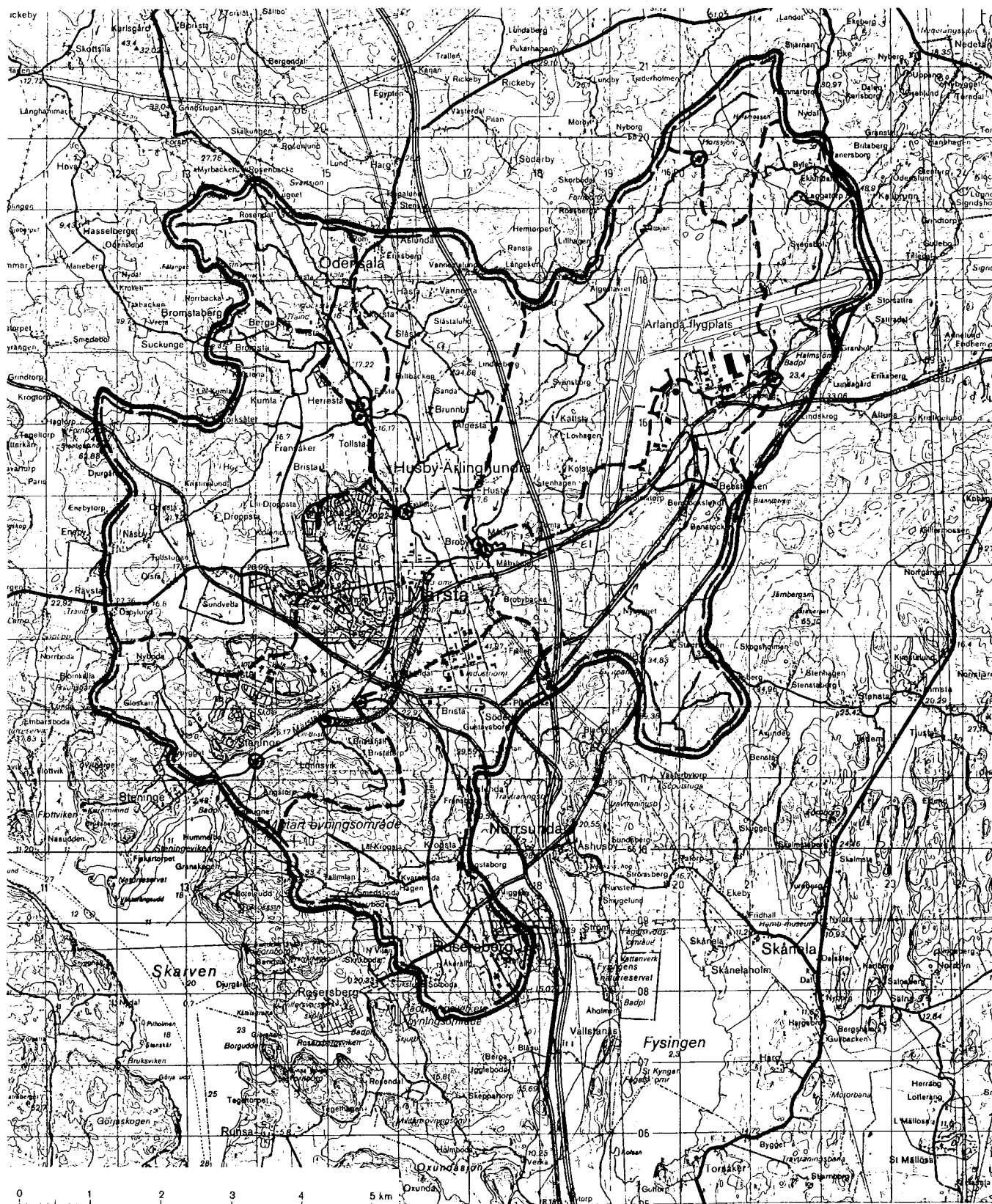
Provtagningsåret har delats upp i sex flödesperioder utgående från de PULS-beräknande vattenflödena. Inom varje period har den sammanlagda flödesvolymen beräknats. Transporten av närsalter, organiskt och suspenderat material erhöles genom att multiplicera halt vid provtagningsstillfallet med flödesvolym under flödesperioden. Provtagningen i juni 1989 har ej medtagits i transportberäkningarna, då beräkningarna avser ett "helt" år, maj 88 - maj 89.

Kartor och figurer

- Figur 1a: Märstaåns avrinningsområde med provpunkter och delavrinningsområden. Utdrag från topografiska kartan Uppsala 11 I SV.
- Figur 1b: Märstaåns avrinningsområde med provpunkter och delavrinningsområden.
- Figur 2a: Markanvändningen i hela Märstaåns avrinningsområde.
- Figur 2b: Markanvändningen inom de olika delområdena.
- Figur 3: Förbrukningen av urea och glykol på Arlanda flygplats under vintersäsongerna 1975/76-1990/91.
- Figur 4: Klimatöversikter för åren 1988 och 1989.
- Figur 5: Vattenföring enligt PULS-modellen vid Broby åren 1988 och 1989.
- Figur 6: Kvävetillståndet i Märstaån enligt SNV:s bedömningsgrunder. Flödesvägda medelhalter (mg/l) av totalkväve under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 7: Flödesvägd medelkoncentration av ammoniumkväve (ug/l) i Märstaån under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 8: Flödesvägd medelkoncentration av nitrat- och nitritkväve ($\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NO}_2\text{-N}$, ug/l) i Märstaån under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 9: Fosfortillståndet i Märstaån enligt SNV:s bedömningsgrunder. Flödesvägda medelhalter (ug/l) av totalfosfor under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 10: Flödesvägd medelkoncentration av totalt organiskt kol (TOC, mg/l) i Märstaån under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 11: Tillstånd i Märstaån med avseende på syremättnad/syretäring enligt SNV:s bedömningsgrunder.
- Figur 12: Tillstånd i Märstaån med avseende på vattnets färg (mgPt/l). Medelvärden under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 13: Tillstånd i Märstaån med avseende på grumlighet (FTU). Medelvärden under perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 14: Tillstånd i Märstaån med avseende på suspenderat material. Flödesvägda medelvärden (ug/l) för perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 15: Konduktiviteten (mS/m) i Märstaån. Medelvärden för perioden maj 1988-maj 1989.
- Figur 16: Jämförelse mellan fosfor- och kvävetransporterna under mätåret 1988/89 och de under ett normalår schablonberäknade transporterna.
- Figur 17: Fosfor- och kvävetransport ur Horssjön.
- Figur 18: Fosfor- och kvävetransport i Rosersbergsbäcken.
- Figur 19: " " Odensala
- Figur 20: " " Fransåker
- Figur 21: " " Fjällsta
- Figur 22: " " Halmsjön
- Figur 23: " " Kättstabäcken
- Figur 24: " " Halmsjöbäcken
- Figur 25: " " Broby
- Figur 26: " " tunnelmynningen
- Figur 27: " " Steninge

Figur 1a: Märstaans avrinningsområde med provpunkter och delavrinningsområden.
Utdrag från topografiska kartan Uppsala 11 I SV. (OBS förminskad kopia).

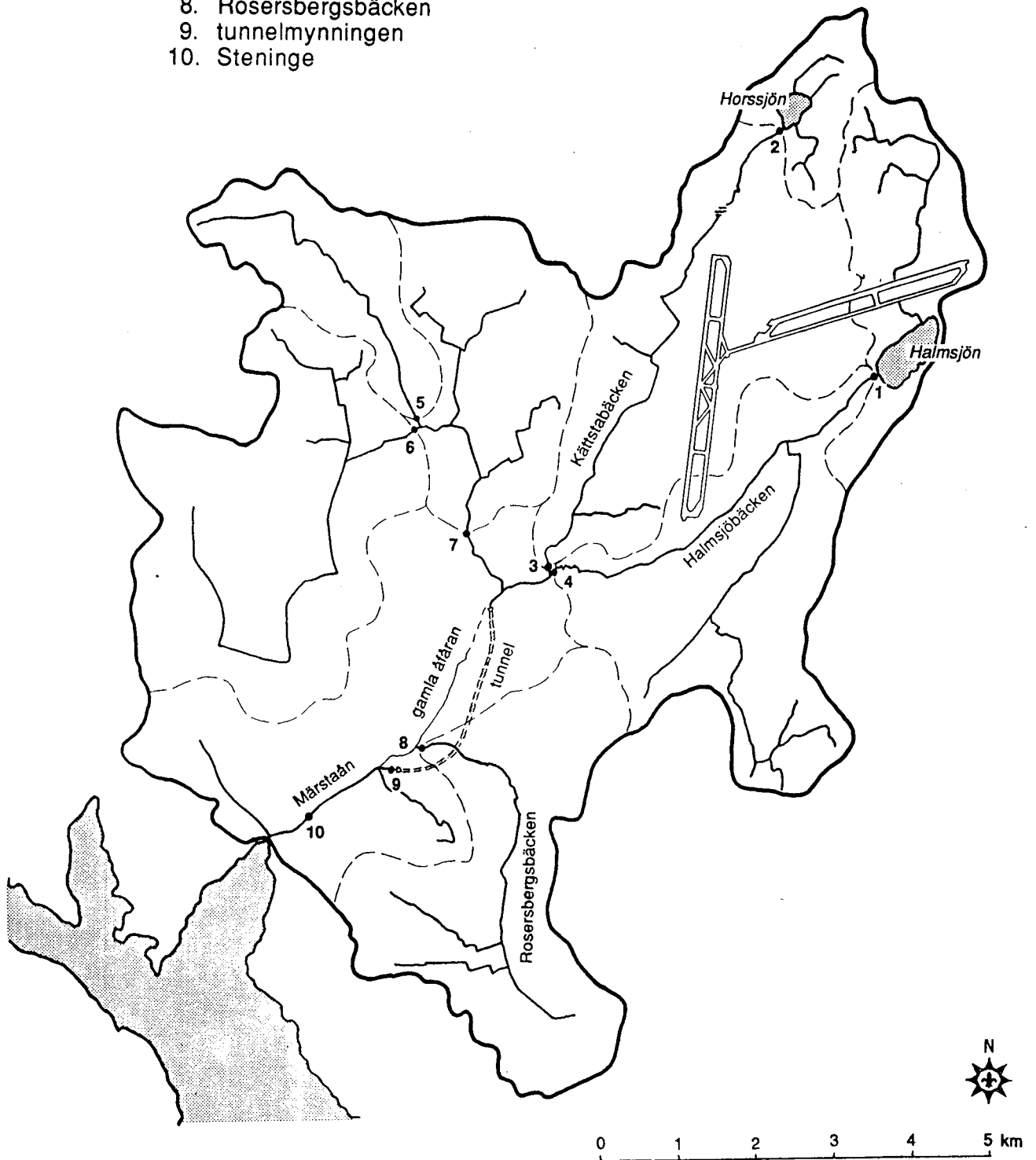
Total areal: 80,5 km²
skog+våtmark: 39,9 km²
öppen mark: 30,6 km²
bebyggt/hårdgjort: 9,5 km²
sjö: 0,5 km²



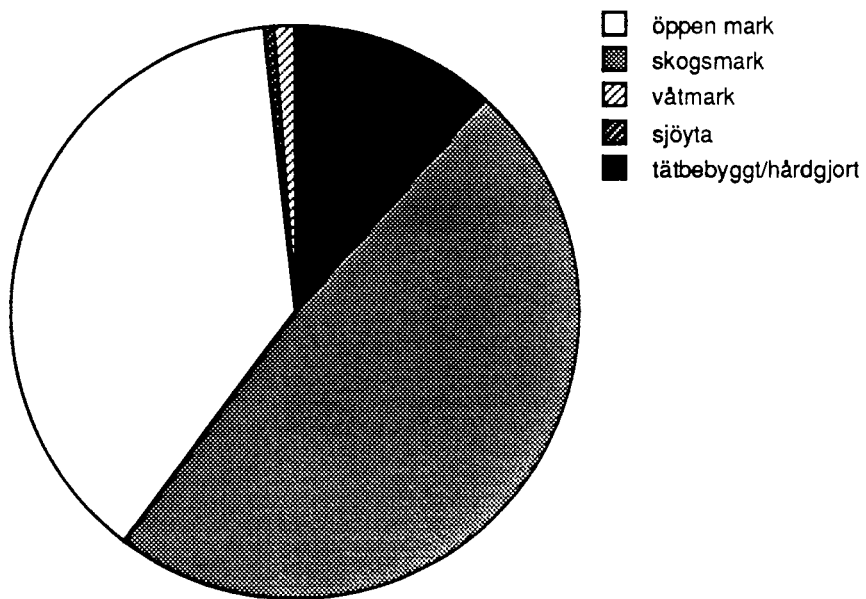
Figur 1b: Märstaåns vattensystem med provpunkter och delavrinningsområden.

Provtagningspunkter:

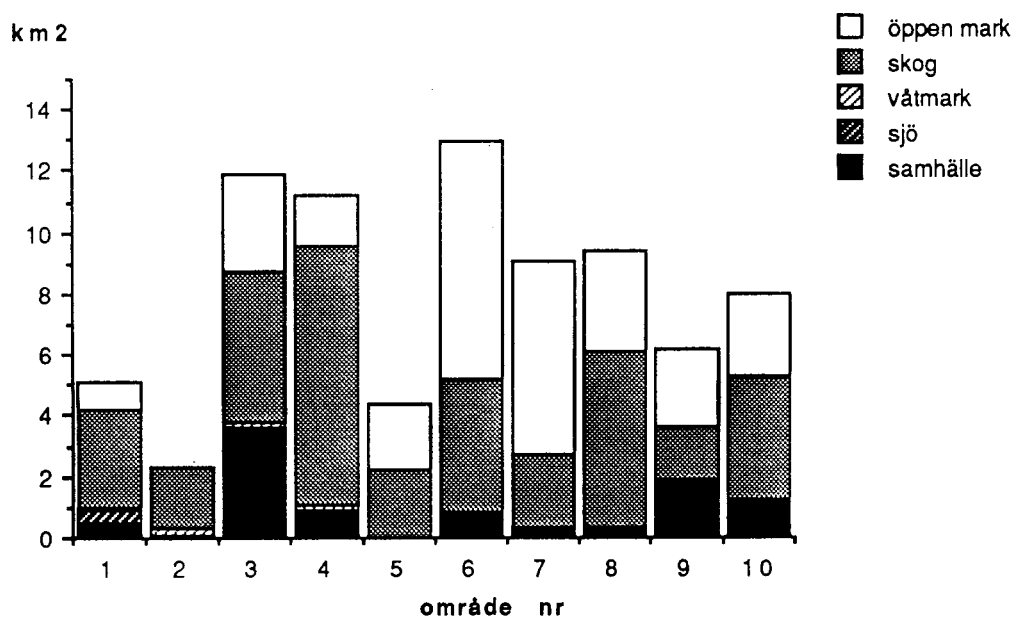
1. Halmsjöns utlopp
2. Horssjöns utlopp
3. Kättstabäcken
4. Halmsjöbäcken
5. Odensala
6. Fransåker
7. Fjällsta
8. Rosersbergsbäcken
9. tunnelmynningen
10. Steninge



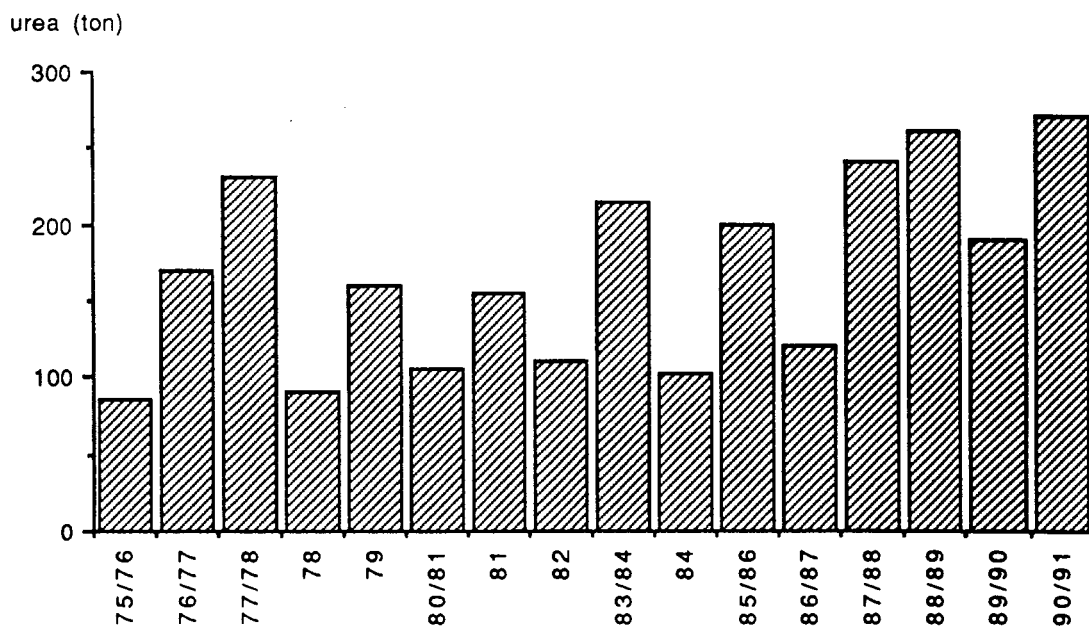
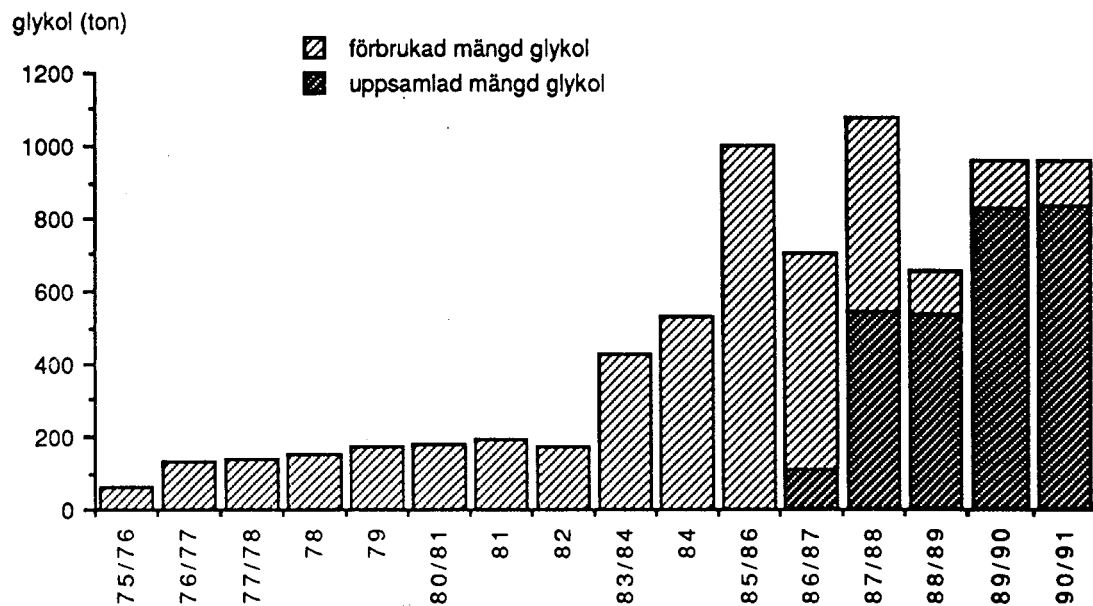
Figur 2a: Markanvändningen i Märstaåns avrinningsområde.



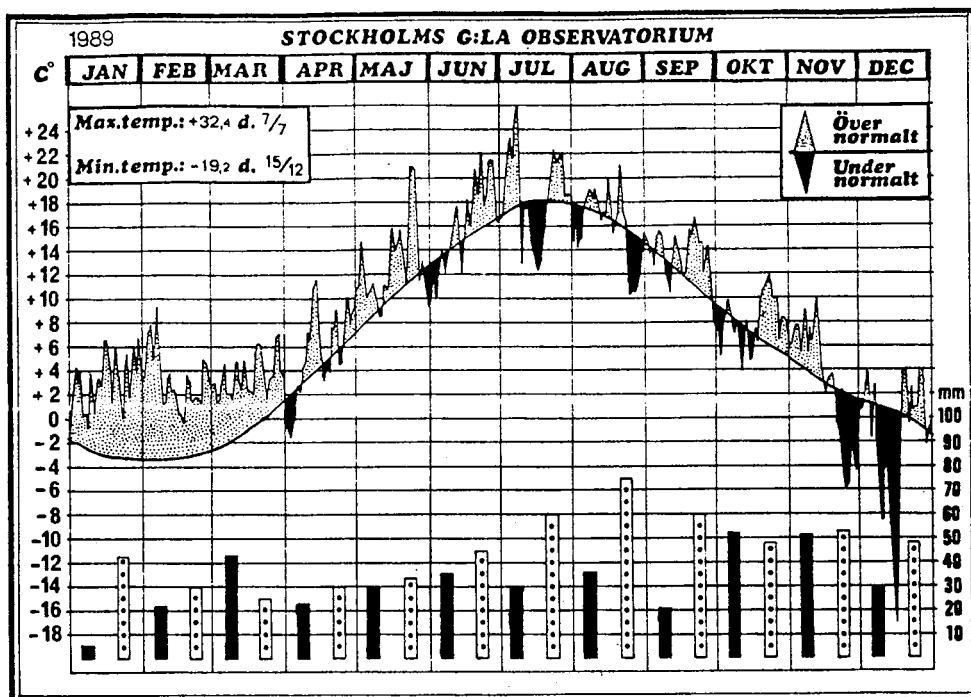
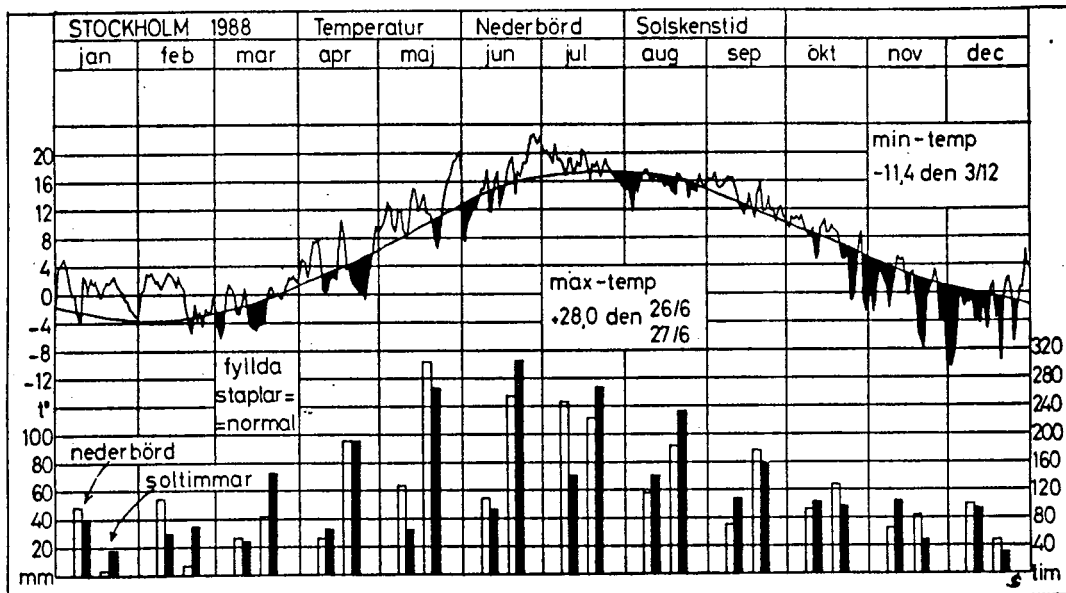
Figur 2b: Markanvändningen inom de olika delområdena.



Figur 3: Förbrukningen av glykol och urea (ton) på Arlanda flygplats under vintersäsongerna 1975/76-1990/91. För glykol redovisas även uppsamlad mängd glykol. Källa: LFV.

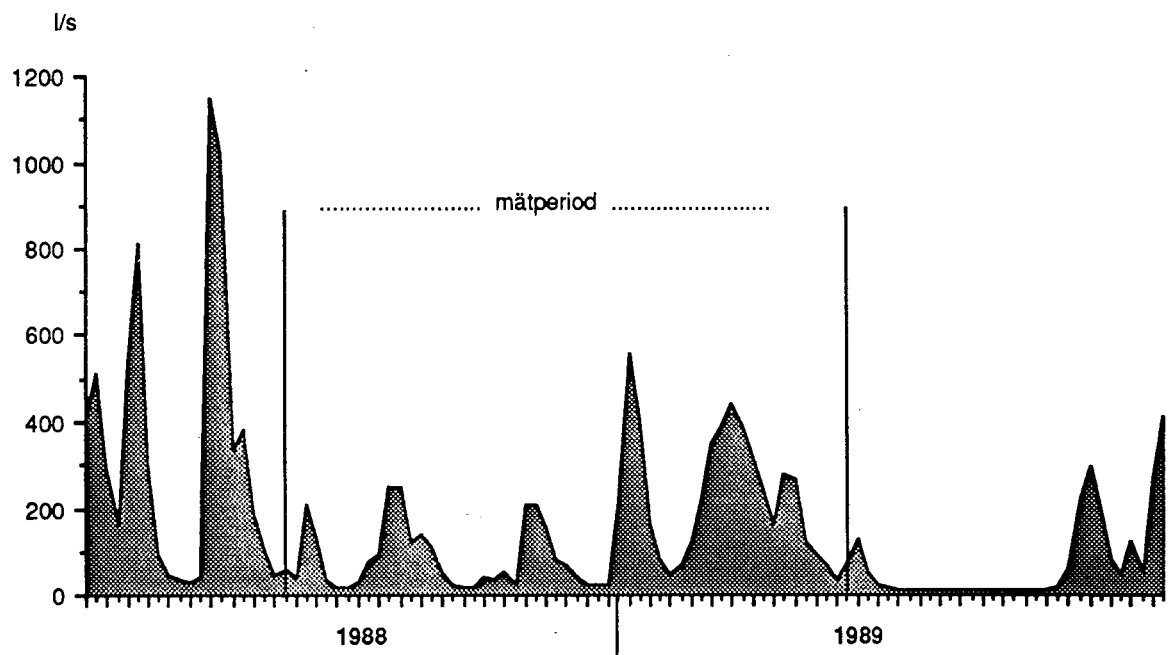


Figur 4: Klimatöversikter för åren 1988 och 1989. Källa SMHI.



Diagrammet visar hur dygnets medeltemperatur i Stockholm varierat kring det normala värdet (1931–60) under 1989. De svärtade staplarna anger aktuell månadsnederbörd, de prickade normal sådan (1951–80). Markant: värmeperioden januari–mars och köldperioden i mitten av december med årets lägsta temperatur.

Figur 5: Vattenförling (veckomedelvärden, l/s) vid Broby i Märstaån 1988 och 1989. Beräknade av SMHI enligt PULS-modellen.



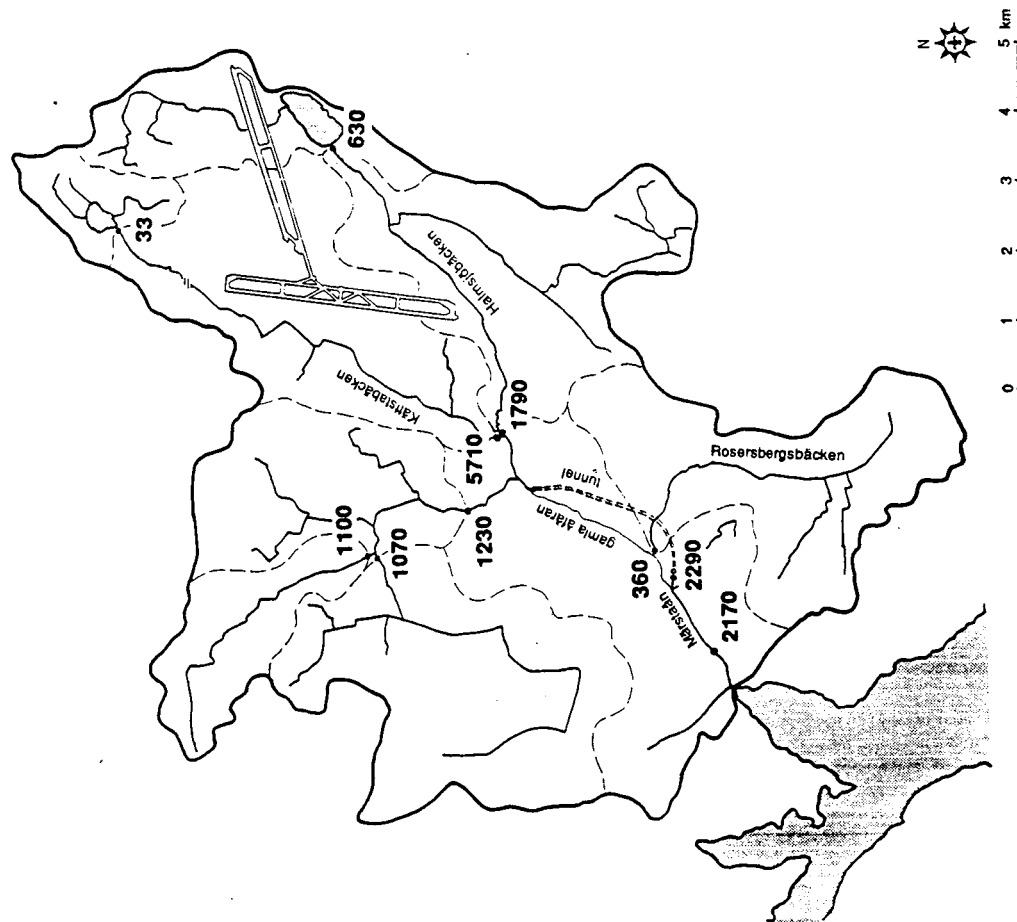
Totalfosfor-
halt, µg/l

- ≤7,5
- 7,5-15
- 15-25
- 25-50
- >50

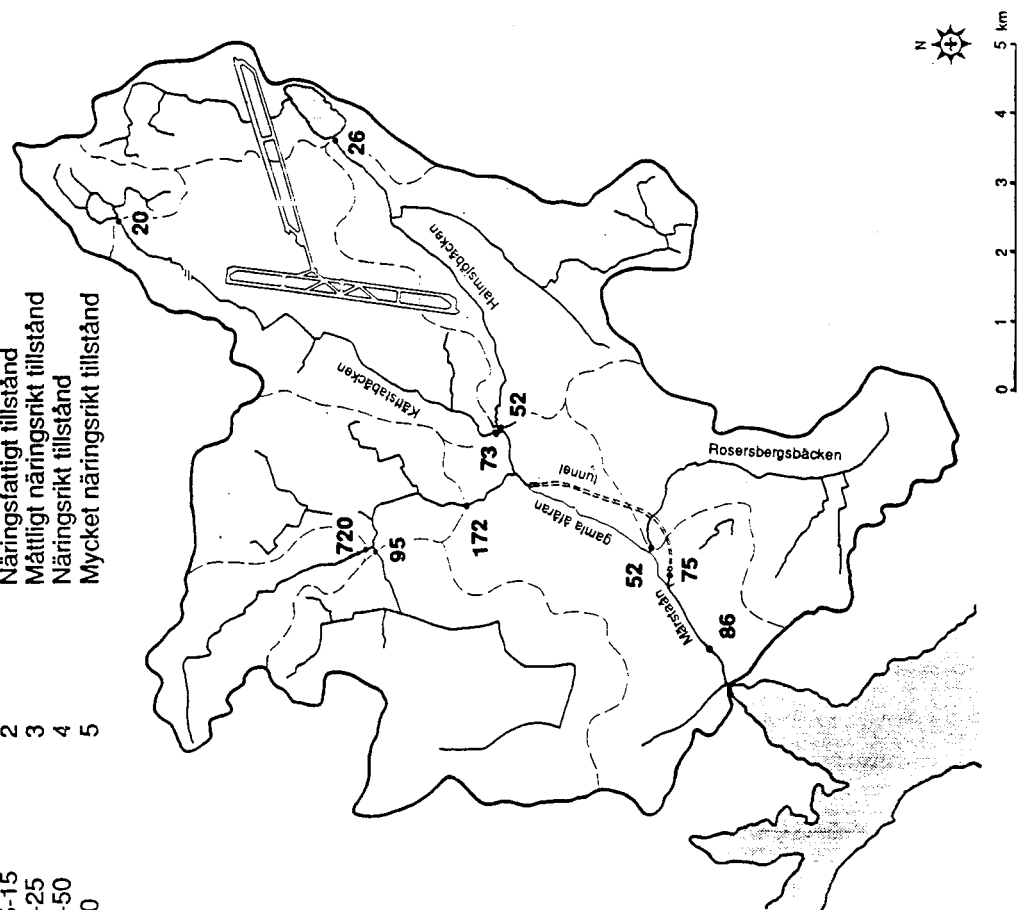
Klass

- 1 Mycket näringsfattigt tillstånd
- 2 Näringsfattigt tillstånd
- 3 Måttligt näringsrikt tillstånd
- 4 Näringsrikt tillstånd
- 5 Mycket näringsrikt tillstånd

Benämning



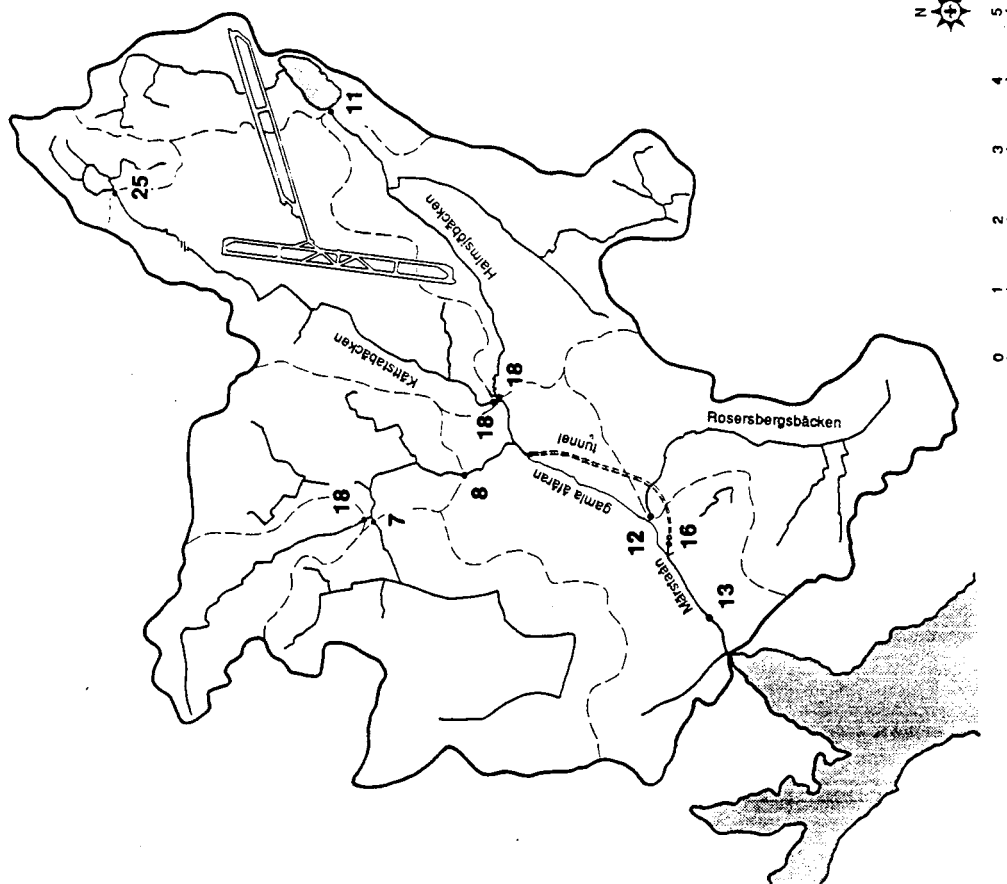
Figur 8: Flödesvägd medelkoncentration av nitrat- och nitritkväve, $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NO}_2\text{-N}$ ($\mu\text{g/l}$), i Mårstaån under perioden maj 1988 - maj 1989.



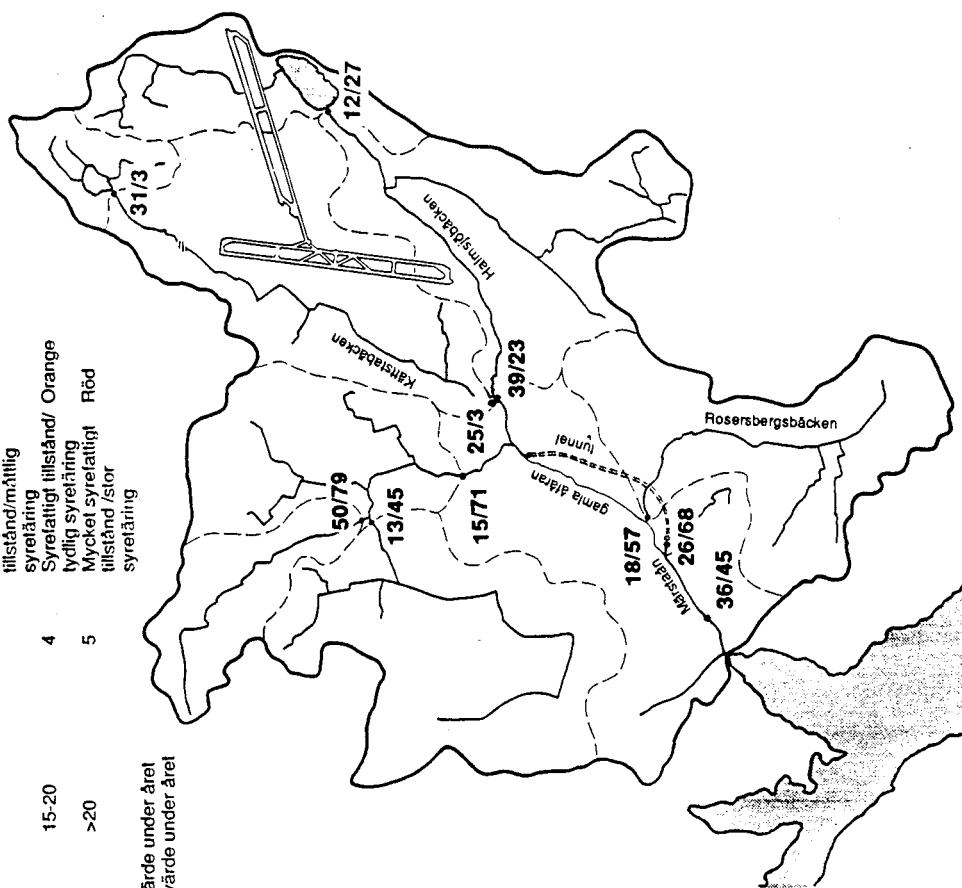
Figur 9: Fosfortillståndet i Mårstaån enligt SNV:s bedömningsgrunder. Flödesvägda medelhalter ($\mu\text{g/l}$) av totalfosfor under perioden maj 1988 - maj 1989.

Syremättnad i ytvatten, % ¹⁾	Syrelärande ämnen som TOC eller COD _{Mn} ²⁾ , mg/l	Klass	Benämning	Färgbeteckning
>90	≤5	1	Syrenikt tillstånd/ obetydlig syreläring	Mörkblå
80-90	5-10	2	Måttigt syrenikt tillstånd/liten syreläring	Ljusblå
70-80	10-15	3	Svagt syrenikt tillstånd/måttlig syreläring	Gul
60-70	15-20	4	Syrelattigt tillstånd/ tydlig syreläring	Orange
≤60	>20	5	Mycket syrelattigt tillstånd /stor syreläring	Röd

1) lägsta värde under året
2) högsta värde under året

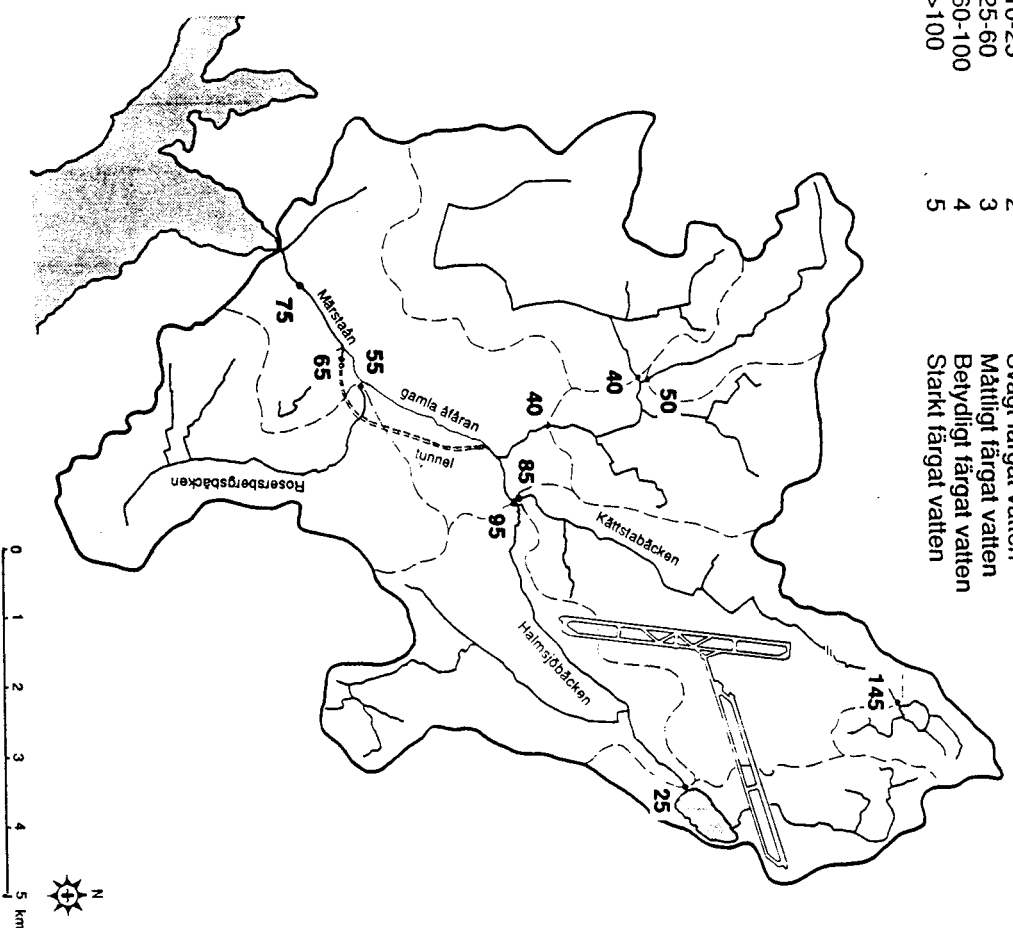


Figur 10: Flödesvägd medelkoncentration av totalt organiskt kol, TOC (mg/l), i Mälaråsen under perioden maj 1988 - maj 1989.



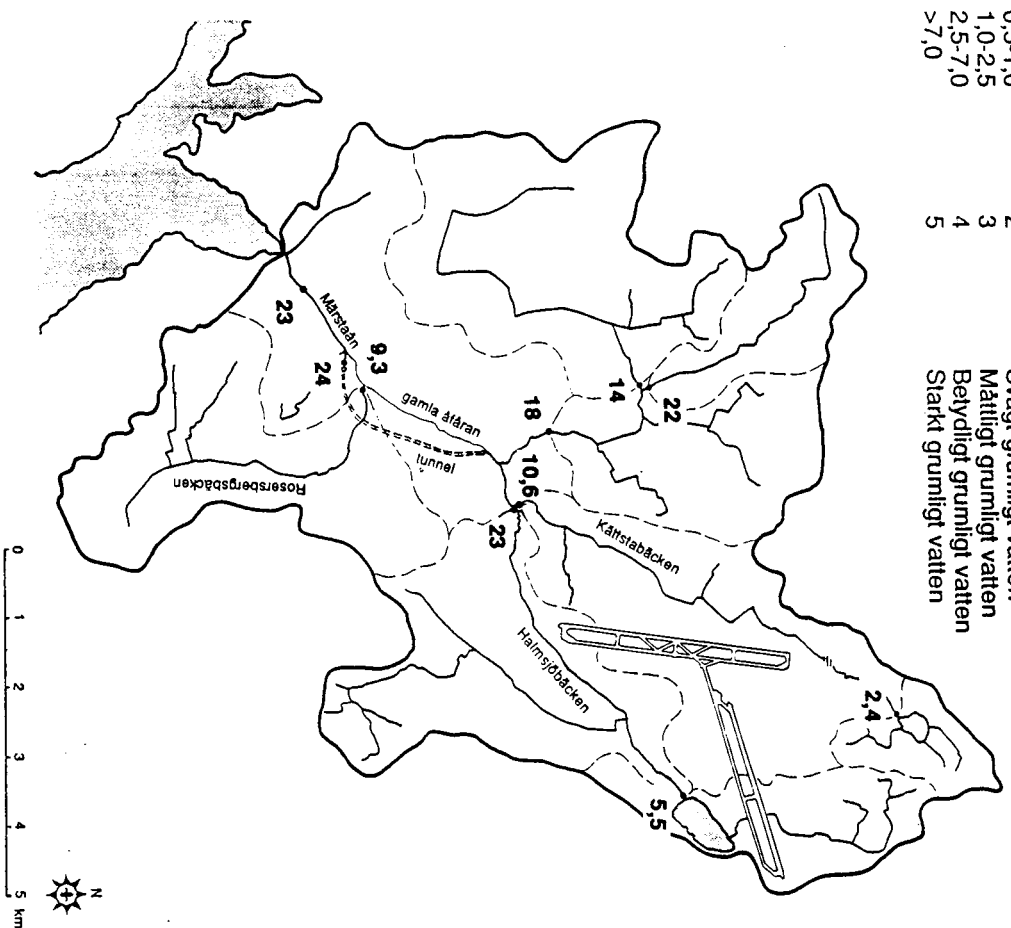
Figur 11: Tillstånd med avseende på syremättnad/syreläring i Mälaråsen enligt SNV:s bedömningsgrunder. Markering av högsta TOC-halt (mg/l) och lägsta syrehalt (%) i Mälaråsen under perioden maj 1988 - maj 1989. (TOC/syremättnad)

Färgtal mg P/l	Klass	Benämning
≤10	1	Ej eller obetydligt färgat vatten
10-25	2	Svagt färgat vatten
25-60	3	Måttligt färgat vatten
60-100	4	Betydligt färgat vatten
>100	5	Starkt färgat vatten



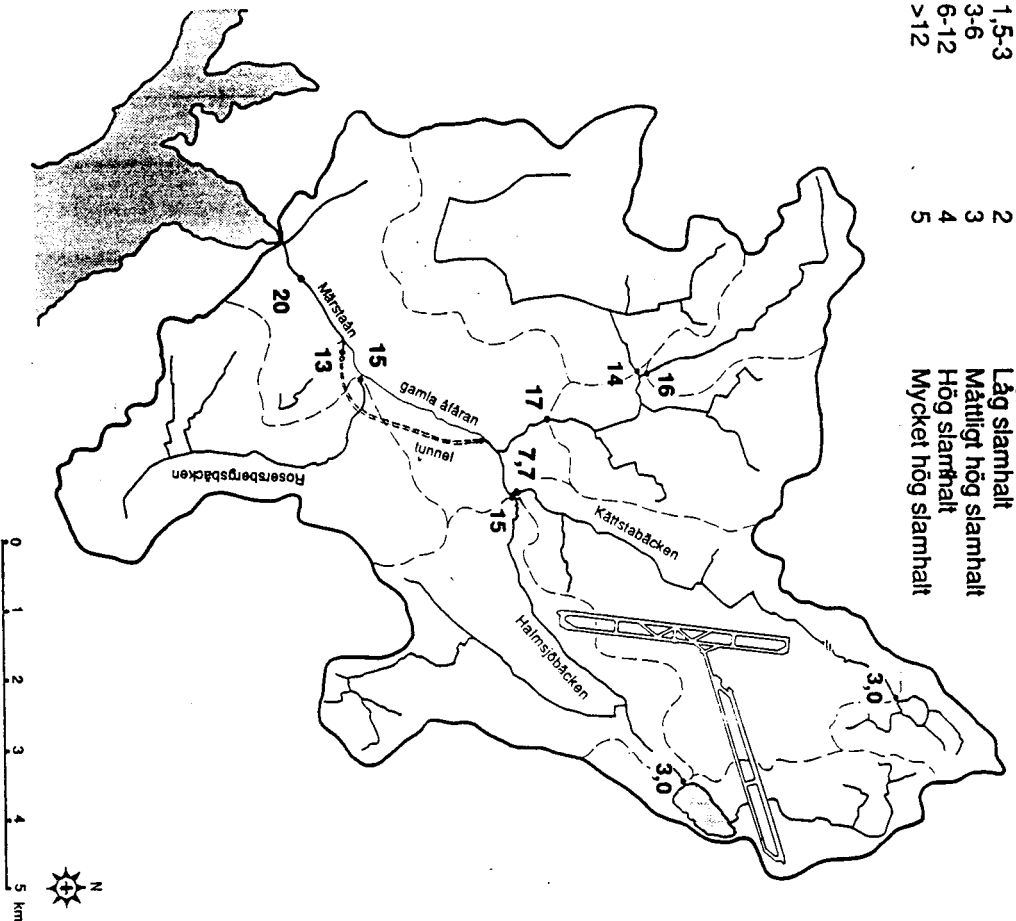
Figur 12: Tillståndet i Mårstaån med avseende på färg (mgP/l) enligt SNV:s bedömningsgrunder. Medelvärden under perioden maj 1988 - maj 1989.

Turbiditet, FTU	Klass	Benämning
≤0,5	1	Ej eller obetydligt grumligt vatten
0,5-1,0	2	Svagt grumligt vatten
1,0-2,5	3	Måttligt grumligt vatten
2,5-7,0	4	Betydligt grumligt vatten
>7,0	5	Starkt grumligt vatten

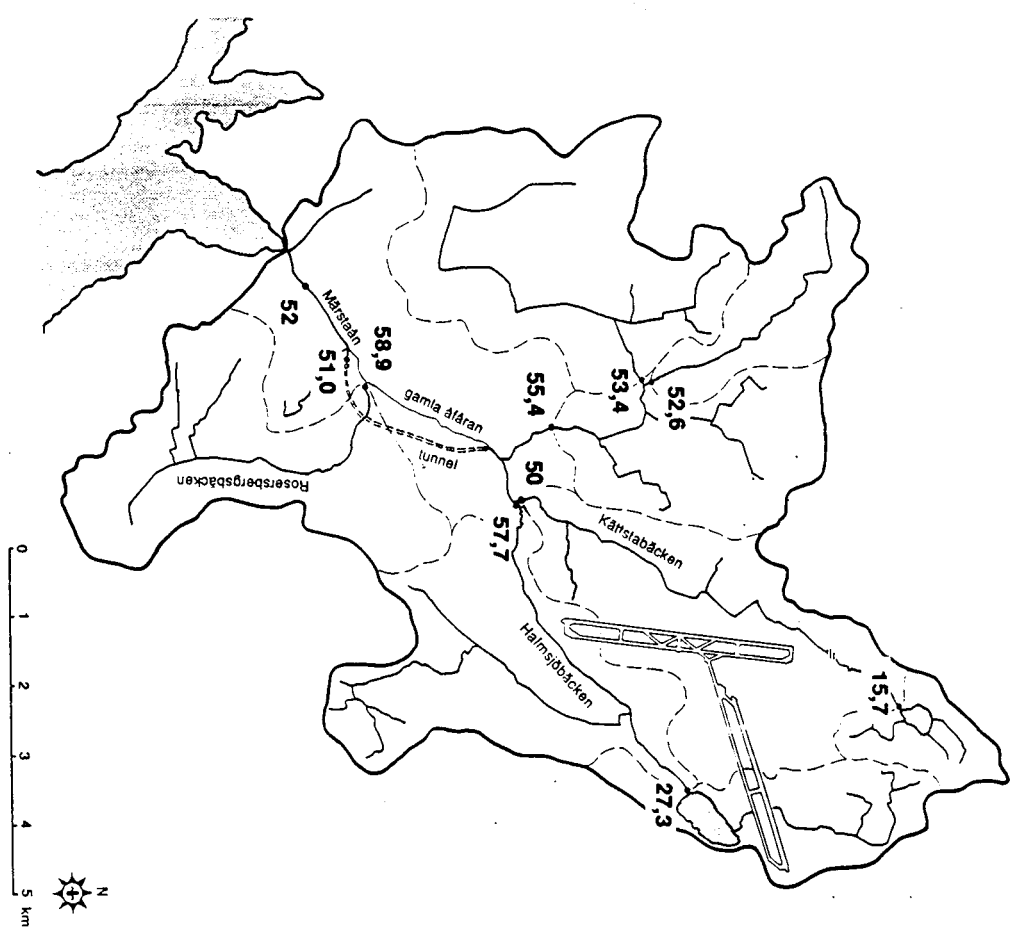


Figur 13: Tillståndet med avseende på grumlighet (FTU) i Mårstaån enligt SNV:s bedömningsgrunder. Medelvärden under perioden maj 1988 - maj 1989.

Susp., mg/l	Klass	Benämning
≤1,5	1	Mycket låg slamhalt
1,5-3	2	Låg slamhalt
3-6	3	Måttigt hög slamhalt
6-12	4	Hög slamhalt
>12	5	Mycket hög slamhalt

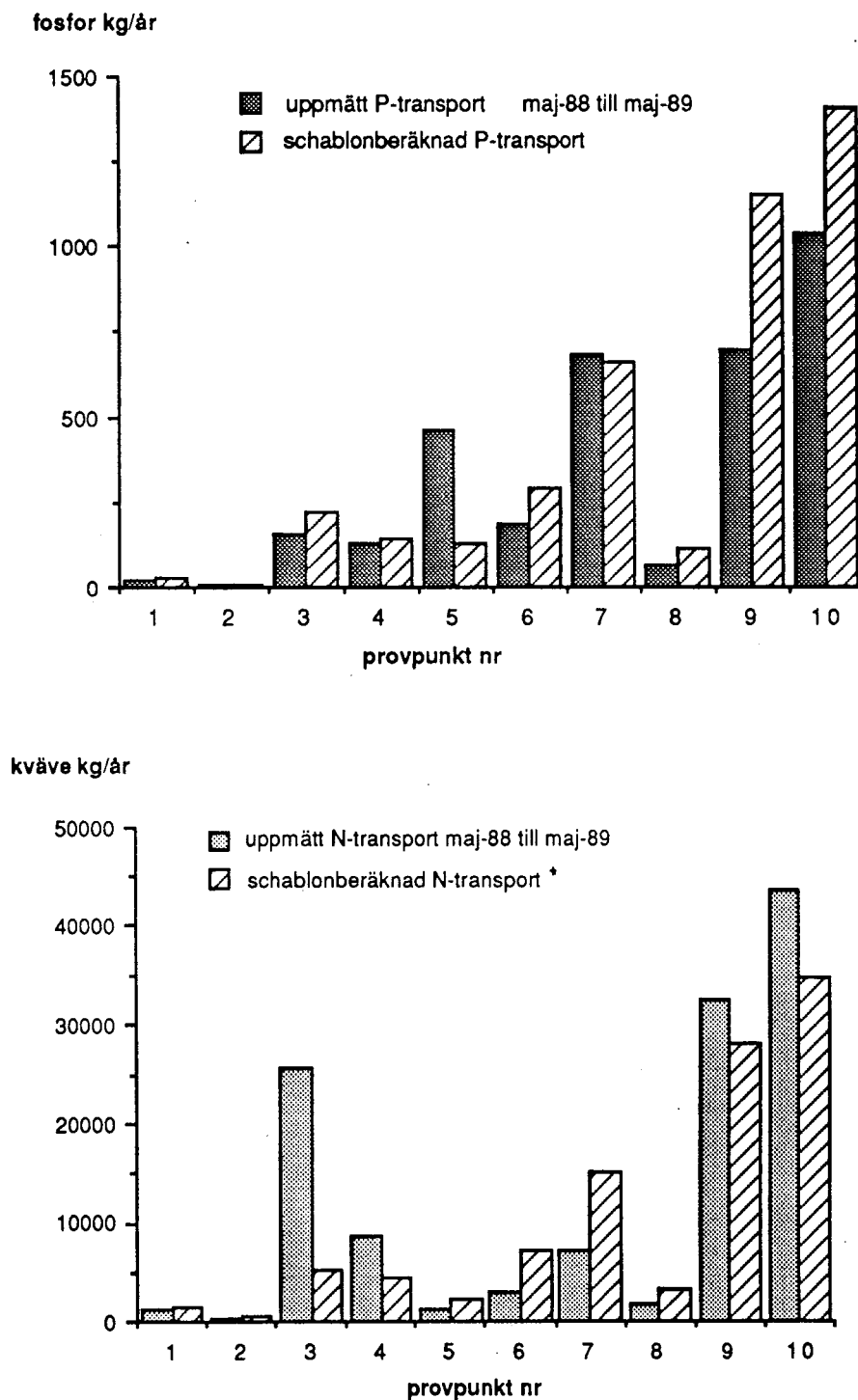


Figur 14: Tillståndet med avseende på suspenderat material (mg/l) i Märrstaån enligt SNV:s bedömningsgrunder. Flödesvägda medelhalter under perioden maj 1988 - maj 1989.



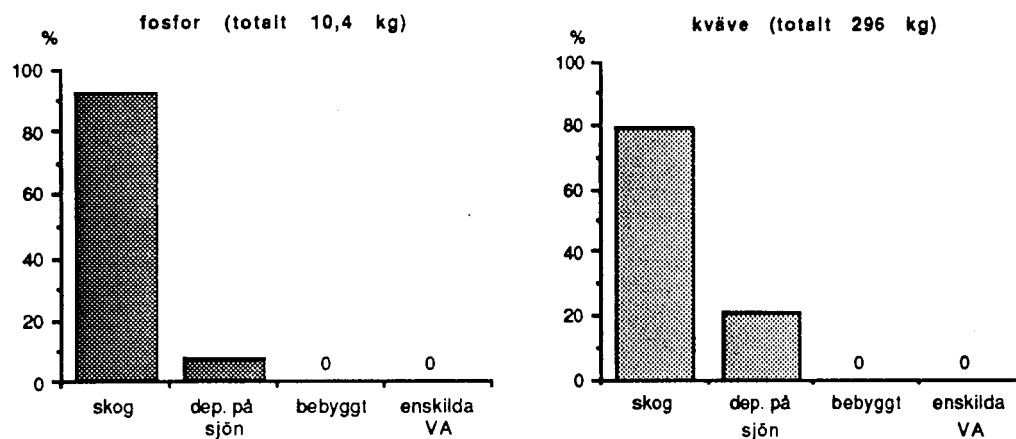
Figur 15: Konduktiviteten (mS/m) i Märrstaån. Medelvärden under perioden maj 1988 - maj 1989.

Figur 16: Jämförelse mellan fosfor- och kvävetransporterna under mätåret 1988/89 och de under ett normalår schablonberäknade transporterna.

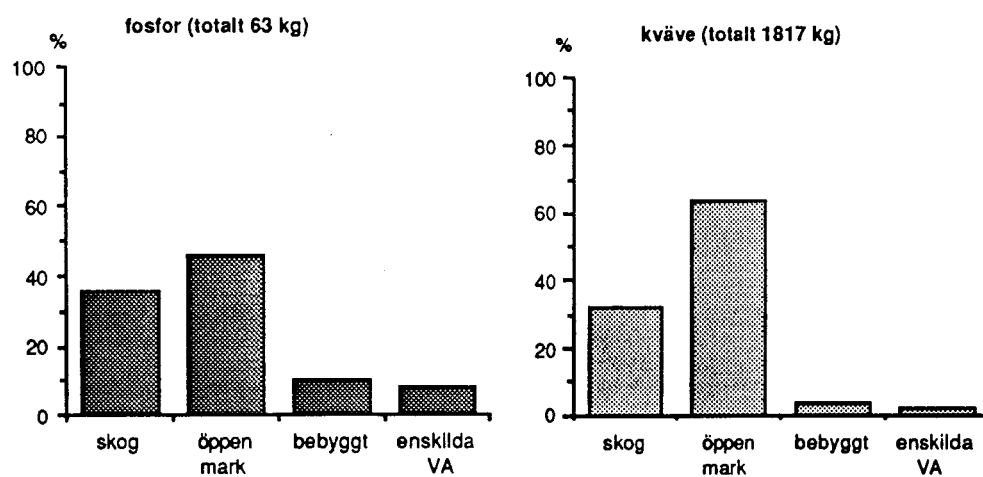


*I schablonberäkningen har hänsyn ej tagits till de stora kväveutsläppen från Arlanda, utan koefficienter för ett "normalförorenat" dagvatten har använts.

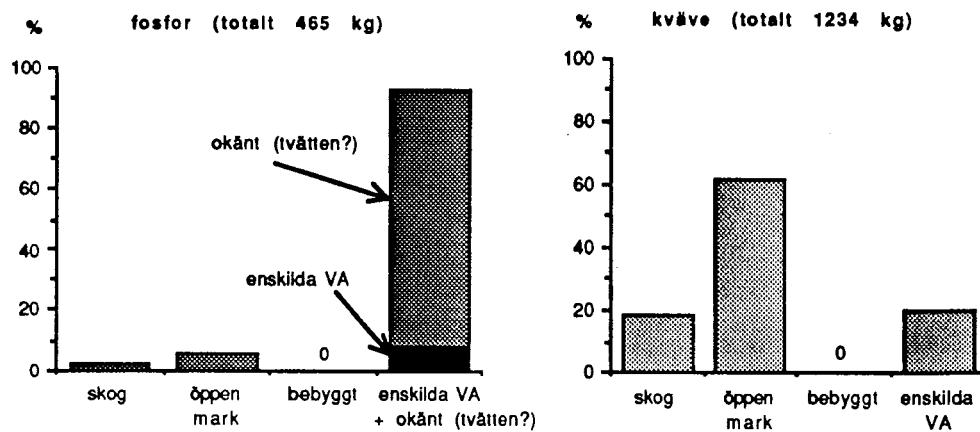
Figur 17: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 ur Horssjön (mät-punkt 2). Procentuell fördelning på källor.



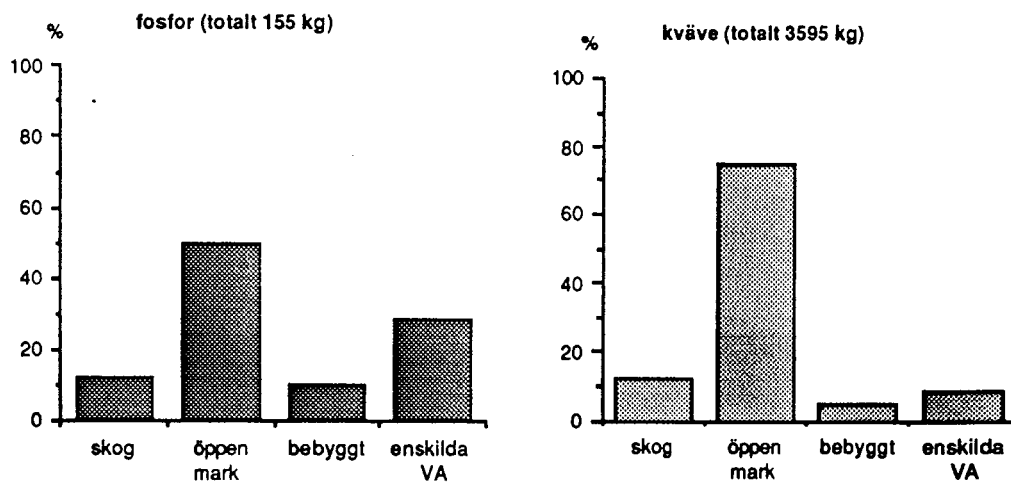
Figur 18: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 i Rosersbergsbäcken (mät-punkt 8). Procentuell fördelning på källor.



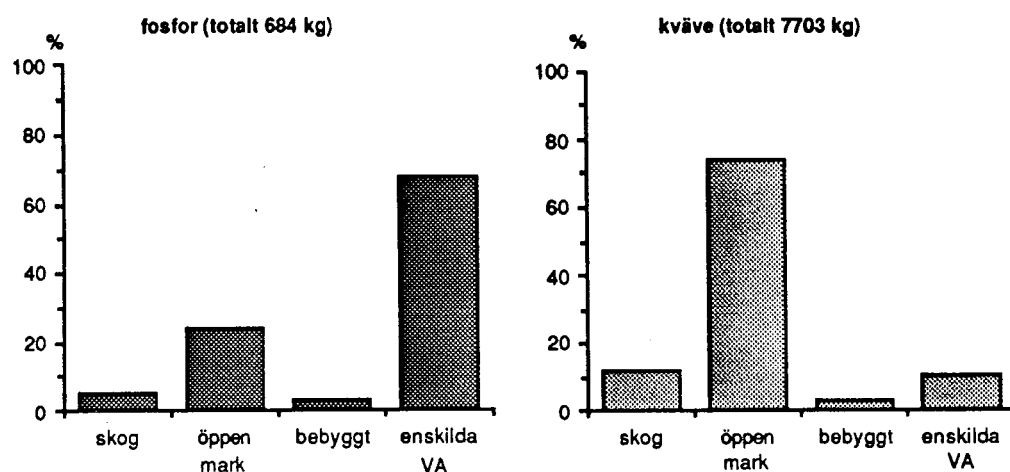
Figur 19: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 i Odensala (mät-punkt 5). Procentuell fördelning på källor.



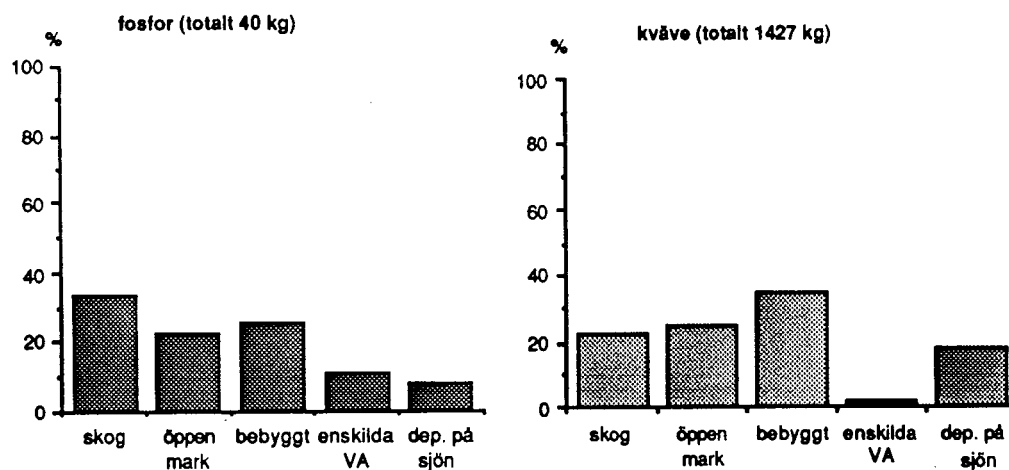
Figur 20: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 vid Fransåker (mät-punkt 6). Procentuell fördelning på källor.



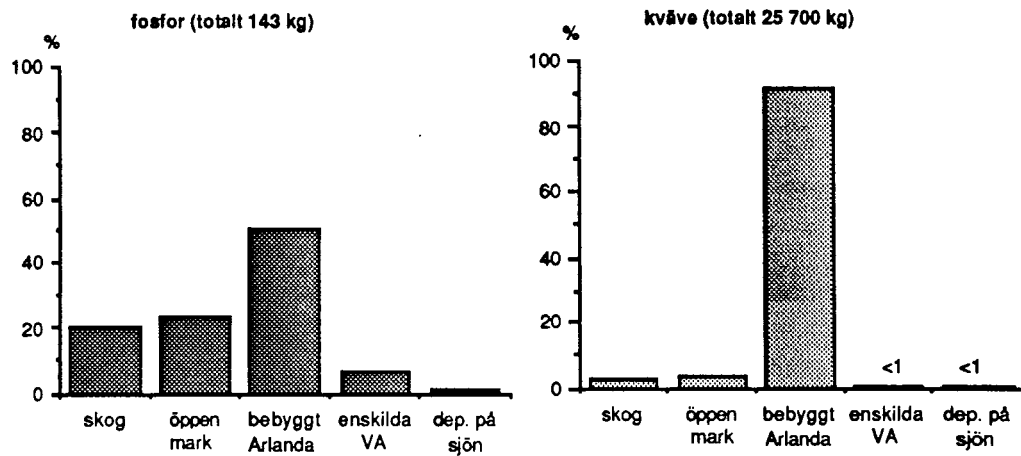
Figur 21: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 vid Fjällsta (mät-punkt 7). Procentuell fördelning på källor.



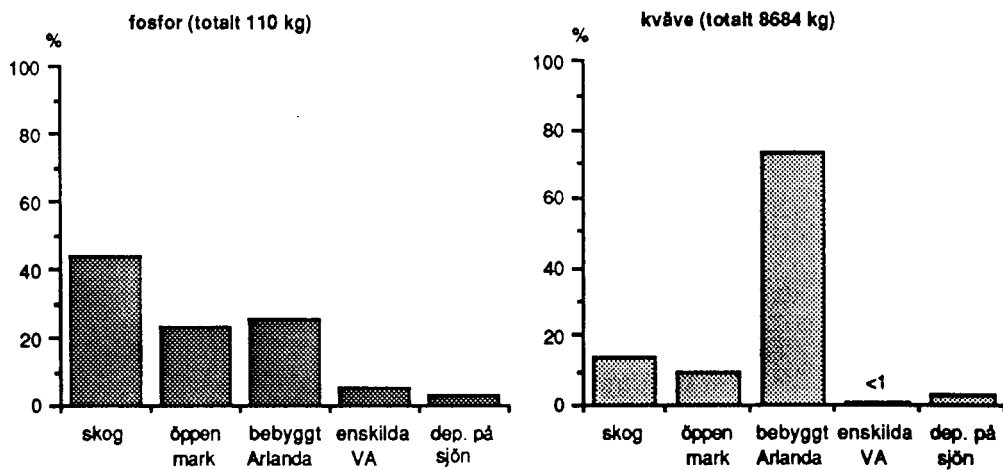
Figur 22: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 vid Halmsjön (mät-punkt 1). Procentuell fördelning på källor.



Figur 23: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 i Kättstabäcken (mät-punkt 3). Procentuell fördelning på källor.



Figur 24: Fosfor- och kvävetransport mätåret 1988/89 i Halmsjöbäcken (mät-punkt 4). Procentuell fördelning på källor.



Tabeller

- Tabell 1: Markanvändningen i Märstaåns avrinningsområde och dess delavrinningsområden.
- Tabell 2: Vattenföring (veckomedelvärden, l/s) i Märstaån vid Broby åren 1988 och 1989.
- Tabell 3: Analysresultat från provtagningar i Märstaån åren 1988 och 1989.
- Tabell 4: Transporter av näringsämnen, TOC och suspenderat material under perioden maj 1988 - maj 1989 vid de olika mätpunkterna i Märstaån.
- Tabell 5: Fosforförluster (kg) från Märstaåns delavrinningsområden under ett normalår. Beräkningar med hjälp av schablonkoefficienter (se bil 1:5).
- Tabell 6: Kväveförluster (kg) från Märstaåns delavrinningsområden under ett normalår. Beräkningar med hjälp av schablonkoefficienter (se bil 1:5).
- Tabell 7: Jämförelse mellan schablonberäknade fosfortransporter under ett normalår och transporter beräknade med hjälp av uppmätta fosforhalter och vattenflöden (PULS) 88/89.
- Tabell 8: Jämförelse mellan schablonberäknade kvävetransporter under ett normalår och transporter beräknade med hjälp av uppmätta kvävehalter och vattenflöden (PULS) 88/89.

Tabell 1: Markanvändningen inom Märstaåns avrinningsområde och dess delavrinningsområden.

nr	Område namn	Tätbebyggd/Hårdglort		Skogsmark		Öppen mark		Sjöyta		Våtmark		Totalt	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1	Halmsjön	0,5	10	3,2	63	0,9	17	0,4	8	0,1	2	5,1	100
2	Horssjön	0,0	0	2,0	87	0,0	0	0,1	4	0,2	9	2,3	100
3	Kättstabäcken	3,6	30	4,9	41	3,2	27	0,0	0	0,2	2	11,9	100
4	Halmsjöbäcken	0,9	8	8,5	76	1,6	14	0,0	0	0,2	2	11,2	100
1+4		1,4	9	11,7	72	2,5	15	0,4	2	0,3	2	16,3	100
2+3		3,6	25	6,9	49	3,2	23	0,1	<1	0,4	3	14,2	100
1+2+3+4	Broby	5,0	16	18,6	61	5,7	19	0,5	2	0,7	2	30,5	100
5	Odensala	0,0	0	2,2	50	2,2	50	0,0	0	0,0	0	4,4	100
6	Fransåker	0,8	6	4,4	34	7,7	60	0,0	0	0,0	0	12,9	100
7	Fjällsta	0,3	3	2,4	27	6,4	70	0,0	0	0,0	0	9,1	100
5+6+7		1,1	4	9,0	34	16,3	62	0,0	0	0,0	0	26,4	100
8	Rosersbergsb.	0,3	3	5,8	62	3,3	35	0,0	0	0,0	0	9,4	100
9	tunnelmynning	1,9	31	1,7	27	2,6	42	0,0	0	0,0	0	6,2	100
1-9 exkl.8		8,0	13	29,3	46	24,6	39	0,5	1	0,7	1	63,1	100
10	Steninge	1,2	15	4,1	51	2,7	34	0,0	0	0,0	0	8,0	100
1-10	hela Märstaån	9,5	12	39,2	49	30,6	38	0,5	<1	0,7	<1	80,5	100

	1988	1989
VECKA	BERÄKNAD Q	BERÄKNAD Q
	l/s	l/s
1	412	555
2	509	402
3	288	165
4	161	80
5	545	44
6	814	68
7	299	119
8	90	222
9	47	349
10	37	386
11	28	442
12	43	388
13	1 147	319
14	1 022	241
15	336	165
16	384	278
17	186	268
18	102	119
19	47	93
20	57	69
21	41	33
22	210	69
23	131	127
24	36	50
25	18	25
26	17	15
27	27	13
28	77	13
29	94	13
30	252	13
31	248	12
32	121	12
33	138	12
34	111	12
35	53	12
36	23	12
37	19	12
38	18	12
39	41	12
40	35	12
41	51	12
42	23	19
43	206	57
44	209	221
45	156	294
46	80	192
47	67	81
48	43	46
49	26	121
50	23	50
51	22	268
52	205	412
medelvärde		
l/s	180	135
spec. avr.		
l/s * km2	6	4,4

Tabell 2: Vattenföring (veckomedelvärden, l/s) i Märstaån vid Broby åren 1988 och 1989. Beräknade av SMHI enligt PULS-modellen.

Tabell 3: Analysresultat från provtagningar i Märstaån åren 1988-89.

Punkt nr	Namn	Datum	Temp.	pH	Alk mekv/l	Kond mS/m	Syre mg/l	Syre %	Färg mgPt/l	Gruml. FTU	Tot-susp mg/l
1	HALMSJÖN	88 05 30	23,0	7,5	2,62	29,4	6,70	78	50		
2	HORSSJÖN	88 05 30	16,6	6,7	1,00	15,2	3,48	36	180		
3	KÄTTSTAB.	88 05 30	17,5	7,7	4,55	57,1	4,36	46	85		
4	MÄRSTAÅN	88 05 30	17,8	7,3	3,90	66,0	2,21	23	160		
5	ODENSALA	88 05 30	18,7	8,8	5,49	60,8	15,30	163	50		
6	FRANSÅKER	88 05 30	18,2	7,9	3,62	56,8	11,70	124	25		
7	FJÄLLSTA	88 05 30	15,7	7,8	3,99	58,8	10,90	109	30		
8	ROSERSB.B.	88 05 30	17,8	7,4	4,74	62,4	7,67	80	50		
10	STENINGE	88 05 30	17,0	7,6	3,62	58,8	6,21	64	80		
11	GAMLA Å-FÄRAN	88 06 03	17,4	7,5	4,39	74,7	7,38	76	35		
	S BAN KULV	88 05 30	12,1	5,6	0,62	66,0	3,74	35			
	LÖVSTAÅN	88 06 03									
1	HALMSJÖN	88 08 16	15,8	7,1	2,09	25,2	2,70	27	20	3,0	4,5
1A	HALMSJÖN	88 08 16	15,8				8,78	88			
2	HORSSJÖN	88 08 16	14,1	6,5	1,13	14,7	3,25	32	125	2,2	5,0
3	KÄTTSTAB.	88 08 16	14,3	7,1	2,06	32,6	4,36	42	60	15,0	12,5
4	MÄRSTAÅN	88 08 16	14,4	7,5	2,78	46,9	8,52	83	60	40,0	27,0
4A	BROBY	88 08 16	14,4				6,31	61			
5	ODENSALA	88 08 16	14,0	7,9	3,84	47,4	8,19	80	90	87,0	39,0
6	FRANSÅKER	88 08 16	14,0	7,3	2,87	48,5	4,68	45	50	13,0	9,5
7	FJÄLLSTA	88 08 16	14,3	7,5	3,13	55,1	7,28	71	60	31,0	25,0
8	ROSERSB.B.	88 08 16	13,9	7,4	3,33	61,8	7,87	76	60	7,2	9,0
9	TUNNELMYNN	88 08 16	14,1	7,6	3,05	51,0	7,05	68	60	22,0	16,5
10	STENINGE	88 08 16	14,2	7,4	2,93	49,4	4,68	45	60	23,0	21,0
1	HALMSJÖN	88 10 13	5,1	7,1	2,61	26,3	5,46	43	20	3,8	1,5
2	HORSSJÖN	88 10 13	4,7	6,6	1,18	17,5	6,05	47	100	1,2	1,0
3	KÄTTSTAB.	88 10 13	6,0	7,6	4,15	55,1	7,70	62	50	8,0	4,5
4	MÄRSTAÅN	88 10 13	5,3	7,6	3,42	58,8	10,04	79	100	20,0	12,5
5	ODENSALA	88 10 13	4,7	8,1	6,38	61,5	11,93	92	40	7,3	6,0
6	FRANSÅKER	88 10 13	5,3	7,4	3,85	58,3	9,43	74	30	7,1	4,0
7	FJÄLLSTA	88 10 13	4,3	7,7	3,68	57,8	11,38	87	35	16,0	13,0
8	ROSERSB.B.	88 10 13	6,0	7,2	2,00	61,5	9,95	80	80	13,0	31,0
9	TUNNELMYNN.	88 10 13	8,7	7,6	2,70	42,4	8,42	72	80	19,0	12,0
10	STENINGE	88 10 13	7,0	7,3	2,61	42,0	6,44	53	70	21,0	14,5
1	HALMSJÖN	88 12 15	0,0	7,4	2,48	28,7	9,36	64	10	1,5	1,0
2	HORSSJÖN	88 12 15	0,0	6,3	1,74	21,2	0,42	3	160	6,0	5,0
3	KÄTTSTAB.	88 12 15	0,0	7,5	6,04	67,6	4,32	30	160	24,0	8,0
4	MÄRSTAÅN	88 12 15	0,0	7,5	3,85	63,0	11,34	78	80	24,0	9,0
5	ODENSALA	88 12 15	0,0	8,0	5,65	59,4	13,06	89	10	2,8	4,5
6	FRANSÅKER	88 12 15	0,0	7,0	3,12	56,7	7,96	55	20	6,0	6,0
7	FJÄLLSTA	88 12 15	0,0	7,3	3,33	59,4	11,64	80	15	7,5	6,5
8	ROSERSB.B.	88 12 15	T O R R T								
9	TUNNELM.	88 12 15	0,5	7,6	3,86	62,1	11,34	79	50	15,0	10,0
10	STENINGE	88 12 15	0,0	7,4	3,85	62,7	9,33	64	50	12,0	8,0

Tabell 3: Analysresultat från provtagningar i Märstaån åren 1988-89.

Punkt	Oorg.susp	TOC	PO4-P	Tot-P	NH4-N	NO2-N	NO3-N	Tot-N	Ca+Mg	Ca	Mg	Cl	SO4
nr	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1		12,0	7	38	255	20	270	1 200		46	4,8	8	15
2		28,0	4	27	20	2	50	870		20	3,1	5	13
3		14,0	68	130	4 200	350	3 100	9 000		79	11	21	38
4		28,0	12	50	1 500	140	1 450	5 900		85	10	66	38
5		18,0	1 070	4 900	190	52	780	2 200		78	14	22	59
6		8,0	20	47	20	21	410	990		69	15	35	70
7		15,0	110	160	60	26	720	1 300		73	16	34	70
8		15,0	3	23	20	3	70	910		81	16	35	145
10		10,2	48	120	790	83	1 300	2 800		73	13	43	54
11		7,3	14	41	65	14	680	1 220		91	17	76	66
		350,0	41	180	11 000	50	380	14 800		94	9	16	18
		13,5	38	84	310	51	3 400	4 550		50	11	27	70
1	1,0	10,1	9	30	85	11	180	670					
1A													
2	1,0	26,0	3	23	10	<1	15	760					
3	7,0	8,9	51	91	135	255	9 500	10 100					
4	19,0	13,8	37	63	155	105	2 650	3 300					
4A													
5	27,0	17,2	1 020	1 270	655	62	1 345	3 300					
6	4,0	8,3	62	106	45	27	715	1 100					
7	18,0	10,8	350	405	410	38	920	2 000					
8	2,5	17,9	13	37	15	4	125	880					
9	9,5	11,5	67	84	175	39	4 050	4 600					
10	12,5	10,9	57	92	110	52	3 540	4 100					
1	0,5	11,4	18	32	60	6	70	470					
2	<0,5	23,0	3	17	10	1	20	770					
3	2,5	13,4	26	50	600	240	11 250	12 300					
4	9,0	17,1	30	58	320	50	3 500	4 400					
5	3,0	8,4	1 025	1 070	200	30	2 130	2 750					
6	2,5	8,4	120	136	90	17	920	1 380					
7	9,0	7,7	185	192	170	20	1 030	1 590					
8	8,5	16,8	48	147	125	10	515	3 200					
9	8,5	8,3	73	103	205	60	2 740	3 600					
10	9,5	8,5	54	84	110	43	2 600	3 100					
1	0,5	9,8	5	19	165	8	435	970					
2	1,5	31,0	3	19	40	<1	25	920					
3	2,5	25,0	82	92	11 500	92	90	12 400					
4	5,5	12,6	35	45	550	17	1 040	2 400					
5	3,5	5,0	445	480	340	6	1 160	1 750					
6	4,0	5,9	38	65	450	4	1 120	2 000					
7	5,0	6,1	99	105	365	6	1 380	2 020					
8													
9	7,0	8,3	72	83	1 200	29	1 150	2 700					
10	3,0	8,6	44	65	1 300	26	1 130	3 000					

Tabell 3: Analysresultat från provtagningar i Märstaån åren 1988-89.

Punkt	Namn	Datum	Temp.	pH	Alk	Kond	Syre	Syre	Färg	Gruml.	Tot-susp
nr					mekv/l	mS/m	mg/l	%	mgPt/l	FTU	mg/l
1	HALMSJÖN	89 02 16	1,6	7,4	2,32	27,5	6,64	47	20	2,8	3,0
2	HORSSJÖN	89 02 16	0,6	6,4	0,86	12,7	2,16	15	160	2,2	2,5
2A	HORSSJÖN 1m	89 02 16	2,0	6,3	0,66	12,6	2,20	16	125	7,8	5,0
2A	HORSSJÖN 1,5m	89 02 16	2,6				2,37	17			
3	KÄTTSTAB.	89 02 16	0,7	7,5	3,77	45,6	7,81	54	100	6,1	10,0
4	MÄRSTAÅN	89 02 16	0,5	7,4	3,22	60,5	10,48	73	90	10,0	13,0
5	ODENSALA	89 02 16	0,2	7,8	3,93	46,0	13,72	94	50	11,0	7,7
6	FRANSÅKER	89 02 16	0,2	7,2	2,96	53,1	10,85	74	50	13,0	11,0
7	FJÄLLSTA	89 02 16	0,4	7,5	3,17	53,5	11,97	83	40	11,0	13,0
8	ROSERSB.B	89 02 16	0,5	6,8	2,17	54,1	8,21	57	40	6,4	7,0
9	TUNNELM.	89 02 16	1,2	7,6	3,22	54,1	9,67	68	80	14,0	13,0
10	STENINGE	89 02 16	1,1	7,4	3,05	52,4	7,64	54	90	14,0	13,0
1B	HALMSJÖN 1m	89 03 26	2,8	7,4	2,19	26,7	12,89	96	20		
1B	HALMSJÖN 2m	89 03 26	3,0				13,16	98			
1B	HALMSJÖN 3m	89 03 26	3,2	7,8	1,10	26,7	12,31	92	20		
1B	HALMSJÖN 4m	89 03 26	3,2				13,20	90			
1B	HALMSJÖN 5m	89 03 26	3,3	7,8	1,11	27,0	11,87	88	20		
1B	HALMSJÖN 5,3m	89 03 26	3,3				11,87	88			
1	HALMSJÖN	89 04 13	7,2	7,6	2,22	26,5	10,44	86	5	4,0	4,5
2	HORSSJÖN	89 04 13	8,5	6,6	0,84	13,4	3,82	33	150	1,0	2,0
3	KÄTTSTAB.	89 04 13	7,8	7,5	2,80	42,2	10,58	88	90	6,5	6,0
4	MÄRSTAÅN	89 04 13	8,8	7,5	3,07	51,0	7,27	62	90	11,0	12,0
5	ODENSALA	89 04 13	6,5	7,8	3,62	40,8	9,73	79	70	17,0	13,0
6	FRANSÅKER	89 04 13	6,4	7,3	3,00	47,5	9,60	78	50	22,0	22,0
7	FJÄLLSTA	89 04 13	7,0	7,5	3,19	48,0	9,77	81	50	20,0	18,0
8	ROSERSB.B	89 04 13	8,6	7,3	2,81	55,1	9,33	80	40	12,0	14,0
9	TUNNELM.	89 04 13	6,9	7,7	3,06	46,9	9,73	80	80	17,0	13,0
10	STENINGE	89 04 13	6,9	7,5	3,00	46,9	8,31	69	70	28,0	26,0
1	HALMSJÖN	89 06 13	17,7	7,3	2,34	26,8	4,05	42	50	18,0	20,0
1B	HALMSJÖN 1m	89 06 13	18,6	8,5	2,20	26,7	11,39	122	35		
1B	HALMSJÖN 5m	89 06 13	15,5	7,6	2,37	22,1	2,74	27	40		
2	HORSSJÖN	89 06 13	16,2	6,6	0,94	14,1	4,23	43	125	1,5	6,0
3	KÄTTSTAB.	89 06 13	16,3	7,5	3,39	61,0	8,31	84	50	4,0	7,0
4	MÄRSTAÅN	89 06 13	16,6	7,6	3,63	62,6	7,54	76	90	34,0	32,0
5	ODENSALA	89 06 13	17,4	8,0	5,35	58,8	9,13	95	40	5,0	9,0
6	FRANSÅKER	89 06 13	19,6	7,7	3,35	54,6	11,80	129	50	24,0	31,0
7	FJÄLLSTA	89 06 13	15,8	7,7	3,54	56,7	10,00	100	50	24,0	25,0
8	ROSERSB.B.	89 06 13	16,7	7,5	2,71	53,6	9,33	96	60	8,0	10,5
9	TUNNELM.	89 06 13	13,5	7,5	2,78	49,4	6,22	60	90	56,0	45,0
10	STENINGE	89 06 13	15,3	7,2	2,47	45,8	2,47	25	90	38,0	31,0
11	GAMLA Å-FÄRAN	89 06 13	15,6	7,3	4,44	69,3	7,40	74	40	4,5	7,0

Tabell 4: Transporter av näringsämnen, TOC och suspenderat material under perioden maj 1988 - maj 1989 vid de olika mätpunkterna i Märstaån.

STATION 6 FRANSÅKER 1988/89									NO3+
Period	Veckor	Flöde	Tot-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	Tot-N	Tot-N	NO2-N
	nr	m3	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l
1	v22-v26	104 990	47	4,9	20	2,1	990	104	431
2	v27-v37	295 920	106	31	62	18,3	1 100	326	742
3	v38-v49	242 690	136	33	120	29,1	1 380	335	937
4	v50-v02	307 238	65	20	38	11,7	2 000	614	1 124
5	v03-v07	121 215	102	12	77	9,3	2 350	285	1 266
6	v08-v21	858 913	95	82	85	73,0	1 670	1 434	1 258
Medelhalt			95		74		1 604		1 073
Hela året			1 930 966	183		143,6		3 098	
STATION 7 FJÄLLSTA 1988/89									NO3+
Period	Veckor	Flöde	Tot-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	Tot-N	Tot-N	NO2-N
	nr	m3	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l
1	v22-v26	216 550	160	35	110	23,8	1 300	282	746
2	v27-v37	610 340	405	247	350	213,6	2 000	1 221	958
3	v38-v49	500 540	192	96	185	92,6	1 590	796	1 050
4	v50-v02	633 679	105	67	99	62,7	2 020	1 280	1 386
5	v03-v07	250 005	145	36	120	30,0	2 460	615	1 458
6	v08-v21	1 771 508	115	204	58	102,7	1 730	3 065	1 338
Medelhalt			172		132		1 822		1 227
Hela året			3 982 622	684		525,5		7 258	
STATION 8 ROSERSBERGSBÄCKEN 1988/89									NO3+
Period	Veckor	Flöde	Tot-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	Tot-N	Tot-N	NO2-N
	nr	m3	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l
1	v22-v26	78 740	23	1,8	3	0,2	910	72	73
2	v27-v37	221 940	37	8,2	13	2,9	880	195	129
3	v38-v49	182 020	147	27	48	8,7	3 200	582	525
4	v50-v02	TORRT	0		0		0		0
5	v03-v07	90 910	102	9,3	6	0,5	2 350	214	1 266
6	v08-v21	644 184	26	17	6	3,9	1 170	754	305
Medelhalt			52		13		1 492		363
Hela året			1 217 794	63		16,3		1 817	
STATION 9 TUNNELMYNNING 1988/89									NO3+
Period	Veckor	Flöde	Tot-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	Tot-N	Tot-N	NO2-N
	nr	m3	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l
1	v22-v26	498 710	84	42	67	33,4	4 600	2 294	4 089
2	v27-v37	1 405 620	84	118	67	94,2	4 600	6 466	4 089
3	v38-v49	1 152 770	103	119	73	84,2	3 600	4 150	2 089
4	v50-v02	1 497 787	83	124	72	107,8	2 700	4 044	1 179
5	v03-v07	590 920	95	56	58	34,3	12 000	7 091	1 160
6	v08-v21	4 187 200	97	406	32	134,0	3 400	14 236	2 085
Medelhalt			93		52		4 102		2 290
Hela året			9 333 007	865		487,8		38 281	
STATION 10 STENINGE 1988/89									NO3+
Period	Veckor	Flöde	Tot-P	Tot-P	PO4-P	PO4-P	Tot-N	Tot-N	NO2-N
	nr	m3	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l	kg	µg/l
1	v22-v26	656 200	120	79	48	31,5	2 800	1 837	1 383
2	v27-v37	1 849 500	92	170	57	105,4	4 100	7 583	3 592
3	v38-v49	1 516 800	84	127	54	81,9	3 100	4 702	2 643
4	v50-v02	1 920 240	65	125	44	84,5	3 000	5 761	1 156
5	v03-v07	757 591	88	67	68	51,5	8 000	6 061	1 955
6	v08-v21	5 368 205	87	467	32	171,8	3 300	17 715	2 030
Medelhalt			86		44		3 618		2 167
Hela året			12 068 536	1 035		526,6		43 659	

Tabell 4: Transporter av näringsämnen, TOC och suspenderat material under perioden maj 1988 - maj 1989 vid de olika mätpunkterna i Märstaån.

NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
11	255	10	12	472	4,5	177	1,0	39
21	85	9	10	1 121	4,5	499	1,0	111
7	60	5	11	1 038	1,5	137	0,5	46
51	165	19	10	1 129	1,0	115	0,5	58
33	1 100	50	12	532	3,0	136	2,0	91
329	810	261	11	3 607	4,5	1 449	2,5	805
	490		11		3,5		1,6	
452		355		7 899		2 514		1 150
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
1,0	20	0,4	28	551	5,0	98	1,0	20
0,8	10	0,6	26	1 443	5,0	277	1,0	55
3,5	60	2,7	11	519	1,0	46	0,5	23
1,4	40	2,3	31	1 786	5,0	288	1,5	86
0,7	10	0,2	28	636	2,5	57	1,0	23
4,0	5	0,8	25	4 026	2,0	322	0,5	81
	19		25		3,0		0,8	
11		7		8 961		1 088		288
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
408	4 200	496	14	1 654	13	1 477	7,0	827
3 248	135	45	8,9	2 963	13	4 161	7,0	2 330
3 137	600	164	13	3 658	4,5	1 229	2,5	683
63	11 500	3 975	25	8 641	8,0	2 765	2,5	864
252	15 500	2 114	24	3 273	10	1 364	5,5	750
5 286	3 600	3 479	20	19 326	6,0	5 798	3,5	3 382
	4 729		18		7,7		4,1	
12 393		10 272		39 514		16 793		8 836
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
209	1 500	197	28	3 675	27	3 543	19	2 494
1 019	155	57	14	5 105	27	9 987	19	7 028
1 077	320	97	17	5 187	13	3 792	9,0	2 730
406	550	211	13	4 839	9,0	3 456	5,5	2 112
160	3 050	462	39	5 909	13	1 970	6,0	909
1 460	900	966	17	18 037	12	12 884	7,0	7 515
	825		18		15		9,4	
4 331		1 991		42 752		35 633		22 789
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
27	190	6	18	591	39	1 280	27	886
130	655	61	17	1 591	39	3 607	27	2 497
164	200	15	8,4	637	6,0	455	3,0	228
123	340	36	50	5 281	4,5	475	3,5	370
34	90	4	7,7	321	8,0	333	5,5	229
228	25	7	12	3 425	13	3 838	11	3 248
	200		18		16		12	
707		129		11 845		9 988		7 457

Tabell 4: Transporter av näringsämnen, TOC och suspenderat material under perioden maj 1988 - maj 1989 vid de olika mätpunkterna i Märstaån.

NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
45	20	2	8,0	840	9,5	997	4,0	420
220	45	13	2,3	681	9,5	2 811	4,0	1 184
227	90	22	8,4	2 039	4,0	971	2,5	607
345	450	138	5,9	1 813	6,0	1 843	4,0	1 229
153	615	75	13	1 576	11	1 333	7,0	849
1 081	130	112	7,6	6 528	22	18 896	18	15 460
	187		7,0		14		10	
2 072		362		13 475		26 852		19 748
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
162	60	13	15	3 248	25	5 414	18	3 898
585	410	250	11	6 592	25	15 259	18	10 986
526	170	85	7,7	3 854	13	6 507	9,0	4 505
878	365	231	6,1	3 865	6,5	4 119	5,0	3 168
365	515	129	6,5	1 625	13	3 250	9,0	2 250
2 370	70	124	8,2	14 526	18	31 887	15	26 573
	209		8,5		17		13	
4 885		832		33 711		66 435		51 380
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
6	20	2	15	1 181	9,0	709	2,5	197
29	15	3	18	3 973	9,0	1 997	2,5	555
96	125	23	17	3 058	31	5 643	8,5	1 547
	0		0		0,0			
115	615	56	13	1 182	7,0	636	4,5	409
196	10	6	15	9 663	14	9 019	11	7 086
	74		16		15		8,0	
442		90		19 056		18 004		9 794
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
2 039	175	87	12	5 735	17	8 229	9,5	4 738
5 748	175	246	12	16 165	17	23 193	9,5	13 353
2 408	205	236	8,3	9 568	12	13 833	8,5	9 799
1 766	1 200	1 797	8,3	12 432	10	14 978	7,0	10 485
685	4 250	2 511	26	15 364	13	7 682	4,5	2 659
8 730	850	3 559	13	53 177	13	54 434	9,0	37 685
	904		12		13		8,4	
21 377		8 437		112 441		122 348		78 718
NO3+								
NO2-N	NH4-N	NH4-N	TOC	TOC	Totsusp	Totsusp	Oorgsusp	Oorgsusp
kg	µg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg
908	790	518	10	6 693	21	13 780	13	8 203
6 643	110	203	11	20 160	21	38 840	13	23 119
4 009	110	167	8,5	12 893	15	21 994	9,5	14 410
2 220	1 300	2 496	8,6	16 514	8,0	15 362	3,0	5 761
1 481	1 400	1 061	36	27 273	13	9 849	5,5	4 167
10 897	730	3 919	13	67 639	26	139 573	20	107 364
	693		13		20		14	
26 158		8 364		151 172		239 397		163 022

Tabell 5: Fosforförluster (kg) från Märstaåns delavrinningsområden under ett normalår. Beräkningarna gjorda med hjälp av schablonkoefficienter (se bilaga 1:5).

Område	skog	öppen	bebyggt	atm. dep.	enskilda	totalt
	våtmark	mark	hårdgjort	på sjö	VA	
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1 Halmsjön	16	18	15	3,2	8,9	61*
2 Horssjön	10	-	-	0,8	-	10,8*
3 Kättstabäcken	25	64	108	-	17	214
4 Halmsjöbäcken	43	32	27	-	11	113
5 Odensala	11	44	-	-	71	126
6 Fransåker	22	154	24	-	88	288
7 Fjällsta	12	128	9	-	98	247
8 Rosersbergsbäcken	29	66	9	-	8	112
9 tunnelmynningen	8,5	52	57	-	6	124
10 Steninge	20,5	154	36	-	33	143
hela området (kg)	197	612	285	4	341	1438
hela området (%)	14	42	20	<1	24	100

* exklusive fosforretention i sjöarna

Tabell 6: Kväveförluster (kg) från Märstaåns delavrinningsområden under ett normalår. Beräkningarna gjorda med hjälp av schablonkoefficienter (se bilaga 1:5). Exklusive kväveretention i sjöarna.

Område	skog	öppen	bebyggt	atm. dep.	enskilda	totalt
	våtmark	mark	hårdgjort	på sjö	VA	
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1 Halmsjön	480	630	250	250	68	1 678
2 Horssjön	300	-	-	63	0	363
3 Kättstabäcken	735	2 240	1 800	-	116	4 891
4 Halmsjöbäcken	1 275	1 120	450	-	74	2 919
5 Odensala	330	1 540	-	-	487	2 357
6 Fransåker	660	5 390	400	-	599	7 049
7 Fjällsta	360	4 480	150	-	670	5 660
8 Rosersbergsbäcken	870	2 310	150	-	54	3 384
9 tunnelmynningen	255	1 820	950	-	38	3 063
10 Steninge	615	1 890	600	-	228	3 333
hela området (kg)	5 880	21 423	4 750	313	2 334	34 697

Tabell 7: Jämförelse mellan schablonberäknade fosfortransporter under ett normalår och transporter beräknade med hjälp av uppmätta fosforhalter och vattenflöden (PULS) 88/89.

Område	areal	fosfor		fosfor	
		schablonberäknad		halt x flöde	
<i>nr+namn</i>	<i>ha</i>	<i>kg/år</i>	<i>kg/ha x år</i>	<i>kg 88/89</i>	<i>kg/ha x år</i>
1 Halmsjön	510	(61*) 31	0,06	18,5	0,04
2 Horssjön	230	(11*) 9	0,04	7,3	0,03
3 Kättstabäcken	1 190	214	0,18	-	-
4 Halmsjöbäcken	1 120	113	0,10	-	-
2+3	1 420	(225*) 223	0,16	158	0,11
1+4	1 630	(175*) 144	0,09	126	0,08
1+2+3+4	3 050	(400*) 367	0,12	284	0,09
5 Odensala	440	126	0,29	465	1,06
6 Fransåker	1 290	288	0,22	183	0,14
7 Fjällsta	910	247	0,27	-	-
5+6+7	2 640	661	0,25	684	0,26
8 Rosersbergsbäcken	940	112	0,12	63	0,07
9 tunnelmynningen	620	124	0,19	-	-
1-9 exkl.8	6 310	1 152	0,18	698	0,14
10 Steninge	800	143	0,18	-	-
1-10	8 050	1 406	0,17	1 035	0,13

* exklusive fosforretention i sjöarna

Tabell 8: Jämförelse mellan schablonberäknade kvävetransporter under ett normalår och transporter beräknade med hjälp av uppmätta kvävehalter och vattenflöden (PULS) 88/89. (Hänsyn ej tagen till kväveretention i de schablonberäknade transporterna). I schablonberäkningen har använts koefficienter för "normalförorenat" dagvatten.

Område	areal	kväve		kväve	
		schablonberäknad		halt x flöde	
<i>nr+namn</i>	<i>ha</i>	<i>kg/år</i>	<i>kg/ha x år</i>	<i>kg 88/89</i>	<i>kg/ha x år</i>
1 Halmsjön	510	1 678	3,3	1 163	2,3
2 Horssjön	230	363	1,6	238	1,0
3 Kättstabäcken	1 190	4 891	3,4	-	-
4 Halmsjöbäcken	1 120	2 919	2,6	-	-
2+3	1 420	5 254	3,7	25 693	18
1+4	1 630	4 597	2,8	8 683	5,3
1+2+3+4	3 050	9 851	3,2	34 376	11
5 Odensala	440	2 357	5,4	1 158	2,6
6 Fransåker	1 290	7 049	5,5	3 098	2,4
7 Fjällsta	910	5 660	6,2	-	-
5+6+7	2 640	15 066	5,7	7 258	2,7
8 Rosersbergsbäcken	940	3 384	3,6	1 817	1,9
9 tunnelmynningen	620	3 063	4,9	-	-
1-9 exkl.8	6 310	27 980	4,4	38 287	6,1
10 Steninge	800	3 333	4,2	-	-
1-10	8 050	34 697	4,3	43 659	5,4

Länsstyrelsens rapportserie

Tidigare utkomna rapporter under 1991/92

- 1991:1 Småföretagsanpassad utbildning på Södertörn. Dadisprojektet. (enheten för regional utveckling)
- 1991:2 Hydrologisk undersökning av Igelbäcken. (miljövårdsenheten)
- 1991:3 Trosateorin - myt eller verklighet? En studie av kunskapsföretag i Stockholmsregionens utkanter. (enheten för regional utveckling)
- 1991:4 Avloppssituationen i Stockholmsregionen 1990-2020 (miljövårdsenheten)
- 1991:5 Brohaveriet i Södertälje- konsekvensbeskrivning (enheten för regional utveckling)
- 1991:6 Kalkade sjöar i Stockholms län, 1991. (miljövårdsenheten)
- 1991:7 Kagghamraån. Resultat av 1988 och 1989 års vattenkemiska provtagningar (miljövårdsenheten)
- 1991:8 Näringspolitisk förnyelse-effekter av regionalt utvecklingsarbete i Stockholms län. (enheten för regional utveckling)
- 1991:9 Trösklade havsvikar i Stockholms län (miljövårdsenheten)
- 1991:10 Kombiprojekt, kartläggning och analys av byggprojekt med både bostäder och lokaler i Stockholms län. (enheten för regional utveckling)
- 1991:11 Förändringar av stränder i Stockholms skärgård. Metoder för ajourföring av strandinventeringar. (miljövårdsenheten)
- 1991:12 Farledsstränder i Stockholms skärgård. Material och erosions skador, prel rapport (miljövårdsenheten)
- 1991:13 Förurnings- och föroreningssituationen i några bäckar inom Haninge kommun (miljövårdsenheten)
- 1991:14 Tjänster uthyres! En studie av kontorsserviceverksamheten i Stockholms län (enheten för regional utveckling)
- 1991:15 Godsströmmar med lastbil genom Stockholms hamn (enheten för regional utveckling)
- 1991:16 Vattenkvaliteten i några sjöar och vattendrag i Stockholms län (miljövårdsenheten)
- 1991:17 Fitunaån. Vattenkvalitet och närsalttransporter i ån 1987-1990 (miljövårdsenheten)

- 1992:1 Invandrarnas väg in i det svenska arbetslivet. – En översikt av projekt i Stockholms län (enheten för regional utveckling)
- 1992:2 Fortsatt översiktsplanering (planenheten)
- 1992:3 Vatten i översiktsplaner (planenheten)
- 1992:4 Högskolorna på 1990-talet (enheten för regional utveckling)
- 1992:5 Fler arbetsplatser mindre pendling?
- 1992:6 Planeringen av stora trafikknutpunkter (enheten för regional utveckling och planenheten)
- 1992:7 Hammerstaån. Vattenkvalitet och närsalttransporter i ån 1987-1990 (miljövårdsenheten)