



Vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till Vättern och dess tillflöden

- med undersökning i två Vätterbäckar utmed E4: an



Rapport 77 från Vätternvårdsförbundet



INGENJÖRSHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

Vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till Vättern och dess tillflöden - med undersökning i två Vätterbäckar utmed E4: an

*Rapport nr 77 från Vätternvårdsförbundet**

Författare: Marie Lundgren (examensarbete)

Omslagsbild: E4 utmed Vättern. Foto: Henrick Blank

Beställningsadress: Vätternvårdsförbundet
Länsstyrelsen i Jönköpings Län
551 86 Jönköping
Tel 036-395000
Fax 036-167183
Email: Ann-Sofie.Weimarsson@f.lst.se

ISSN: 1102-3791

Rapporterna 1-29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvård. Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som fortsätter rapportserien fr o m Rapport 30

Denna rapport är publicerad i samarbete med Vägverket Region Sydöst.

Rapporten är tryckt på Länsstyrelsen i Jönköping 2003.

Första upplagan 1-75 ex

Vätternvårdsförbundet publicerar relevanta examensarbeten innehållande resultat som passar in i Vätternvårdsförbundets ordinarie rapportserie. Examensarbeten publiceras i den form de godkänts av utbildningsinstitutionen. Redovisade slutsatser är författarens egna och kan inte åberopas som Vätternvårdsförbundets ståndpunkt eller ställningstagande.

**Vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till
Vättern och dess tillflöden**
(med undersökning i två Vätterbäckar utmed E4: an)

Marie Lundgren

EXAMENSARBETE 2003
KEMITEKNIK



INGENJÖRSHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

**Vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till
Vättern och dess tillflöden**
(med undersökning i två Vätterbäckar utmed E4: an)

The spread of road traffic-related pollutants to the lake
Vättern and its inflows
(with investigation in two Vättern creeks along the E4-route)

Marie Lundgren

Detta examensarbete är utfört vid Ingenjörshögskolan i Jönköping inom ämnesområdet kemiteknik. Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen. Författaren svarar själv för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: Henrick Blank

Examinator: Karl-Gunnar Rosell

Omfattning: Examensarbete 10 p (C-nivå), Kemiteknik

Datum: 2003-06-07

Arkiveringsnummer:

Abstract

The aim of the thesis was to investigate road traffic-related pollutants to the lake Vättern and its inflows with analyses in two Vättern creeks along the E4-route between Huskvarna and Ödeshög.

The calculations were made from the data that the laboratory had compiled and from the flows in the creeks to Vättern. Monthly analyses were taken between October 2002 and February 2003 in both water and sediment. The calculations are mainly based on the water analyses. A more accurate investigation was done on selected compounds that are common and that can easily be derived from the road traffic. The selected compounds were *PAH, Benzene, Toluene, Lead, Copper, Zinc, Chromium, Cadmium, Nickel, Chloride, Sodium and MTBE*.

The result for the salts (chloride and sodium) points at high content downstream in the creeks. A great % of the road salt that is deposited during the period from October to March seems to be transported into the lake Vättern. The studies that have been made on PAH shows contents that are below the detection limit and therefore there must be more thorough analyses to get more information about these compounds to find out if they are a problem or not. The metals are difficult to follow but there are tendencies that points at a higher transport to the lake Vättern for some of the elements.

Sammanfattning

Syftet med examensarbetet var att undersöka vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till Vättern och dess tillflöden med analyser i två Vätterbäckar utmed E4: an mellan Huskvarna och Ödeshög.

Beräkningar baserades på de rådata som analysföretaget Analytica tog fram samt bäckarnas flöden till Vättern. Månatliga analyser togs mellan oktober 2002 och februari 2003 i både vatten och sediment. Beräkningarna är främst gjorda på vattenanalyserna. Även sedimentanalyser har gjorts. Närmare undersökning gjordes på utvalda ämnen som är vanliga och kan sägas härstamma från vägtrafiken. De utvalda ämnena var *PAH: er, bensen, toluen, bly, koppar, zink, krom, kadmium, nickel, klor, natrium och MTBE*.

Resultatet för salterna (klor och natrium) visar på höga halter nedströms i bäckarna. En stor del av vägsaltet som sprids på vägarna för halkbekämpning under vinterhalvåret ser ut att hamna i Vätterbäckarna för att sedan transporteras ut i Vättern. De studier som har gjorts på PAH: er visar på värden under detektionsgränsen och därför krävs mer ingående analyser för att få mer information om dessa. Metallerna är svåra att följa men det finns tendenser som visar på att högre halter av vissa ämnen kan gå ut i Vättern, exempelvis bly och krom.

Nyckelord

Vägtrafik

Vägsalt

Metaller

Kolväten

PAH

Vättern

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund.....	4
1.2	Syfte.....	4
2	Teoretisk bakgrund	5
2.1	Vättern och E4: an.....	5
2.1.1	<i>Vättern</i>	5
2.1.2	<i>E4: an</i>	5
2.2	Lokalbeskrivning	7
2.2.1	<i>Val av lokaler</i> ¹	7
2.2.2	<i>Gudmunderydsbäcken</i>	7
2.2.3	<i>Gyllingebäcken</i>	8
2.3	Trafikrelaterade föroreningar.....	8
2.4	Vägtrafiken och dess miljöeffekter	8
2.4.1	<i>Slitage av däck, bromsar och vägbana</i>	9
2.4.2	<i>Spill och läckage</i>	9
2.4.3	<i>Vägsaltning</i>	9
2.4.4	<i>Miljöeffekter</i> ¹⁵	11
3	Metod.....	13
3.1	Flödesschema	13
3.2	Val av ämnen	14
3.3	Transport av vägföroreningar till Vättern	14
3.4	Beräkningar.....	15
3.4.1	<i>Beräkning av flöden i tillflöden</i>	15
3.4.2	<i>Beräkning av teoretiska värden</i>	15
3.5	Riskbedömning	16
3.5.1	<i>PEC/PNEC</i>	16
3.5.2	<i>Bedömningsgrunder</i>	17
3.6	Statistik	17
3.7	Provtagning	18
4	Resultat	19
4.1	Koncentrationer i bäckarna	19
4.1.1	<i>Vattenprover</i>	19
4.1.2	<i>Sedimentprover</i>	20
4.2	Beräknad mängd förorening från E4:an till Vättern	20
4.3	Jämförelse med teoretiska värden	22
4.4	Risakanalys	23
4.4.1	<i>PEC/PNEC</i>	23
4.4.2	<i>Riskbedömning (Jämförelse med gränsvärden)</i>	23
5	Diskussion	24
6	Tack.....	27
7	Referenser	28
8	Bilagor	30

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vättern omges av flera stora vägar som riksväg 49, 50 och 195 men den kanske viktigaste och mest miljöbelastande vägen är E4: an mellan Huskvarna och Ödeshög. Vätternvårdsförbundet har fått i uppdrag av Vägverket att göra en undersökning på vägföroreningar från E4: an som rinner ut i Vättern för att se om eventuella åtgärder behövs. Vägtrafikens utsläpp antas vara en stor andel till föroreningar som sprids till Vättern. Förbättring av skyddet för vattentäkter utmed det allmänna vägnätet ingår i Vägverkets miljöprogram. Vättern har en hög sårbarhet¹. Vid en olycka med farligt gods når vägdragvattnet och föroreningarna Vättern väldigt fort. Det har uppmätts höga halter av metaller och PCB i fisk² men det finns också tendenser som visar ökande salthalter³. I uppdraget ingick att välja lokaler i samarbete med Vägverket. De bäckar som har valts ut för vidare undersökning i första steget är Gudmunderydsbäcken och Gyllingebäcken.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att göra en kvalitativ och kvantitativ uppföljning av vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till Vättern med undersökning i två Vätterbäckar utmed E4: an genom att sammanställa data och utreda om åtgärder behövs och diskutera vilka i så fall som bör sättas in. Visar resultatet på en risk för växter, djur och människors hälsa bör först och främst fler analyser göras och därefter bör problemet åtgärdas.

För att studien skall kunna genomföras behöver följande frågor besvaras:

- Vilka kvalitativa utsläpp finns?
- Vad är kvantiteten av utsläppen?
- Hur påverkas Vättern och dess tillflöden?
- Hur skall eventuella problem åtgärdas?
- Behöver eventuella problem vidare studeras – hur i så fall?
- Svarar innevarande försöksuppställning på ovanstående frågor?

2 Teoretisk bakgrund

2.1 Vättern och E4: an

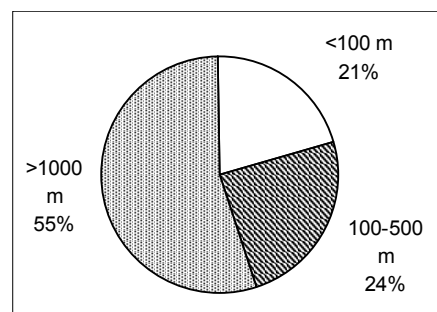
2.1.1 Vättern

Vättern uppkom för ungefär 200 – 400 miljoner år sedan till följd av starka jordskorpsrörelser. Den gravsänka som Vättern utgör bildades för ca 40 – 50 miljoner år sedan då södra delen utsattes för starka östvästliga krafter som sträckte ut jordytan⁴. Till följd av detta sprack jordytan. Efter istiden för ungefär 10 000 år sedan förvandlades platsen till insjö från att tidigare ha varit en havsvik. Därav finns i dag en del arter (t ex röding, och harr) i Vättern som är vanliga i kalla insjöar, t ex fjällsjöar⁵.

Vättern är vår näst största insjö i Sverige och dessutom en av våra unikaste sjöar. Med sina höga naturvärden är sjön av stort intresse för turism, rörligt friluftsliv, militär verksamhet och yrkesfisket. Flera av miljömålen i miljöbalken, både på regional och nationell nivå, kan appliceras på Vättern. Några av hoten är bland annat övergödning (kväve enbart), påverkan av metaller och påverkan av organiska miljögifter. Sjön fungerar som vattentäkt åt 250 000 – 300 000 människor. Med en lång omsättningstid på 60 år sedimenterar därför många ämnen i större utsträckning än vad de gör i andra sjöar. Det medför att koncentrationerna i sediment för svårnedbrytbara ämnena ökar med tiden eftersom de ej ”sköljs ur”. Visserligen har Vättern en ganska stor utspädningsfaktor men sjön är ändå väldigt känslig mot föroreningar eftersom vissa ämnen biokoncentreras i biota. Den långa omsättningstiden beror på att Vättern, i kombination med sin stora sjövolym, har en stor sjöyta (1856 km²) jämfört med tillrinningsområdena (4503 km²)⁴. För vidare information om Vättern, se bilaga 1.

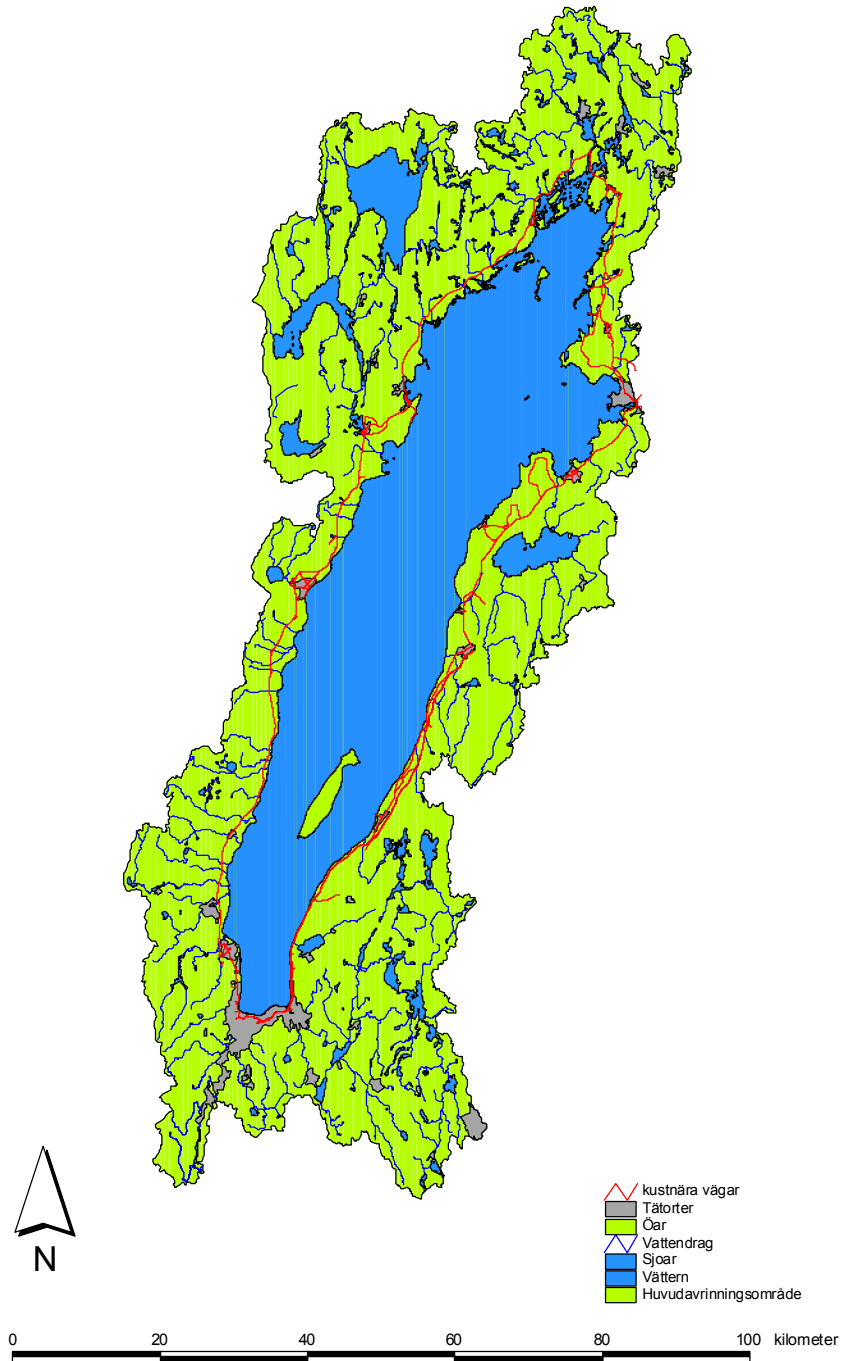
2.1.2 E4: an

Sjön omges av stora vägar. Däribland E4: an utmed östra sidan mellan Huskvarna och Ödeshög. Utmed sträckan på ca 58 km passeras ett flertal bäckar med relativt korta rinntider till Vättern. Vägbanan avvattnas även via diken och trummor till bäckarna. Ca 21 % av sträckan går närmare Vättern än 100 meter.



Figur 2.1 Närheten till Vättern av E4 (Huskvarna – Ödeshög) indelat i tre klasser⁴.

E4: an är hårt trafikerad med ca 20 300 personbilar och 3000 lastbilar per dygn (Huskvarna-Ödeshög). Trafiken bidrar till utsläpp av föroreningar som t ex bensen, tungmetaller och slitageprodukter. Det årliga vägslitage beräknas vara ca 1521 ton för E4: an. Större delen av föroreningarna hamnar på vägbanan och inom 100 meter från vägen⁴. Därifrån sköljs de vid nederbörd ut med vägdagvattnet till Vättern. E4: an har en beräknad vägyta på ca 1,32 km² inom Vätterns tillrinningsområde.



Figur 2.2 Karta över Vättern med tillflöden och avrinningsområde samt de kustnära vägarna⁶.

2.2 Lokalbeskrivning

2.2.1 Val av lokaler¹

Lokaler för provtagning har valts vid Gudmunderydsbäcken samt Gyllingebäcken. Bäckarna, som mynnar ut i Vättern, är bl a av riksintresse för naturvård och yrkesfiske. Dessutom ligger de i ett kulturpåverkat landskap med höga naturvärden. Att dessa bäckar har valts som provtagningslokaler beror på att vägen är den enda punktkällan som påverkar halterna av de olika ämnena som beskrivs i rapporten samt att Vägverket planerat åtgärder i just dessa (se figur 2.3). För mer ingående flygbilder över bäckarna och mätpunkter, se bilaga 2.



Figur 2.3 Vätternöversikt med lägen för de två bäckarna, Gyllingebäcken och Gudmunderydsbäcken, utmärkta⁷.

2.2.2 Gudmunderydsbäcken

Gudmunderydsbäcken ligger i höjd med avfarten mot Ölmstad. Landskapet är öppet och ljust. Området väster om E4: an domineras av gräsbevuxna kullar med inslag av klippållar. Större delen av området betas av får. De betade fårhagarna har stor betydelse för landskapsbilden runt byn. Här finns en plöjd åker som läckt ut lera som färgat vattnet under hösten 2002. Några hundra meter väster om E4: an tar skogen vid och marken stupar brant ned mot Vättern. Öringen leker i bäckens mynningsområde¹. Enligt beräkningar baserade på data från SMHI är medelflödet i bäcken ca $0,025 \text{ m}^3/\text{s}$ ⁷. Gudmunderydsbäckens avrinningsområde är beräknat till 266 ha⁸. E4: ans vägsträcka som befinner sig i Vätterns avrinningsområde beräknas vara cirka 300 meter⁷.

2.2.3 Gyllingebäcken

Gyllingebäcken ligger strax söder om Ödeshög. Intill E4: an finns en brukad åker och naturmark med en större björk samt slyvegetation. I dikeskanten ligger sprängsten som blivit över från byggnationen av E4: an. Landskapet runt omkring utgörs av omväxlande blandlövkog, ekhagar och åkermarker. Längs bäcken finns en ridå av tätare vegetation. Landskapet är kuperat och småskaligt och inga bostadshus finns i närheten¹. Enligt beräkningar baserade på data från SMHI är medelflödet i bäcken ca 0,081 m³/s⁷. Gyllingebäckens avrinningsområde är beräknat till 860 ha⁸. E4: ans vägsträcka som befinner sig i Vätterns avrinningsområde beräknas vara cirka 1000 meter⁷.

2.3 Trafikrelaterade föroreningar

Miljön påverkas av vägtrafiken ur flera aspekter. Fordonen på vägarna sprider farliga ämnen till luft, mark och vatten, förbrukar energi och ger skador på vår miljö⁹. Trafikrelaterade föroreningar, så som metaller (däribland tungmetaller), PAH: er (polyaromatiska kolväten) och salter, deponeras på och kring vägbanan där en stor del av ämnena slutligen transporteras från tillrinningsområdena till bäckarna och därefter ut i Vättern. Föroreningarna kan till exempel härledas till⁶:

- Bränsle, i form av bensin och diesel
- Däck-, däckdubbs- och bromsslitage
- Korrosion (via vägdagvatten)
- Spill från fordon
- Fordonstvätt
- Vägslitage och slitage från markeringsfärger
- Utlakning från vägkroppen
- Vägsaltning
- Olyckor med farligt gods

För merparten av föroreningarna gäller att de släpps ut i störst omfattning i samband med accelerationer eller inbromsningar, vilket medför att föroreningsbelastningen för en rad processer borde vara värst vid t ex påfarter, korsningar och där den tillåtna hastigheten ändras¹⁰.

2.4 Vägtrafiken och dess miljöeffekter

Trafikföroreningarna sprids genom luft, vattenavrinning eller via stänk. De föroreningar som transporteras genom vattenavrinning med vägdagvattnet är beroende av några olika parametrar som påverkar föreningskällornas styrka. Exempel på sådana parametrar kan vara trafikkaraktäristik, vägkonstruktion, underhållsaktiviteter, omgivande markanvändning och klimat. Vid snösmältning ökar oftast koncentrationerna hos föroreningarna mycket mer markant än vid regn eftersom snön har legat kvar en längre period. Föroreningarna har då kunnat ackumuleras i snön⁶.

Trafikföroreningar som är viktiga att titta på är metaller (främst tungmetaller), kolväten (bl a PAH, polyaromatiska kolväten) och salter (halkbekämpningsmedel). De största källorna som brukar diskuteras är däckslitage, bromsslitage, vägsitage och spill från fordon. Vanligtvis deponeras trafikföroreningarna på vägbanan eller inom ett område upp till hundra meter från vägbanan¹¹. Mindre partiklar kan spridas längre bort via atmosfären. Exempel på sådana partiklar kan vara PAH: er och bly. Vid E4: an mellan Huskvarna och Ödeshög transporteras föroreningarna i vägbanans närhet med vägdagvattnet till bäckarnas tillrinningsområden och därefter ut i Vättern. En intensiv avrinning ger en mycket hög halt av föroreningar som sköljs av från vägbanan. Har det dessutom varit torrt under en längre tid före nederbördstillfället så blir effekten stor.

2.4.1 Slitage av däck, bromsar och vägbanan

Vid däckslitage deponeras vanligtvis gummipolymerer, sot, aromatiska kolväten, oljor, svavel (vulkmedel), aktivatorer (zinkoxid och zinksalter) och även vissa tungmetaller som bly, koppar, kadmium, krom och zink^{4,6}. Däckslitage pekas ofta ut som en betydande källa till zink i miljön¹². De flesta föroreningarna vid bromsslitage kommer från bromsbeläggen och det är främst metaller som deponeras och då i huvudsak järn, koppar, nickel, krom, bly och zink. Siffror på metallhalterna i bromsbeläggen är mycket varierande pga att tillverkare och fordonets ålder är av avgörande betydelse. Kopparföroreningar anses vara det största utsläppet vid bromsslitage runt Vättern med ca 600 kg/år (beräknat på 3000 ÅDT, dvs årsdygnstrafik). Varje år slits vägbanorna väldigt hårt och ca 130 000 ton vägbeläggning på vägverkets alla vägar i Sverige slits bort och hamnar i bl.a. diken, bäckar och sjöar⁶. (Se tabell 2.2).

2.4.2 Spill och läckage

Övriga spill från fordon kan bland annat vara billacker, läckage av bränsle, smörjolja, bromsolja, frostskyddsmedel, fett, bilvårdsprodukter och rostskyddsmedel. Flera av dessa ämnen innehåller stora mängder av tungmetalltillsatser⁴. I vägbeläggningsen finns flera farliga ämnen som zink, kadmium och bly. Vägutrustning som stolpar och räcken avsondrar flera föroreningar men främst deponeras zink på och kring vägbanan¹³. Under vintertid deponeras också stora mängder vägsalt på våra vägsträckor. (Se tabell 2.2).

2.4.3 Vägsaltning

Vägsaltning används på vägarna för halkbekämpning under vinterhalvåret och den beräknade mängden spritt vägsalt på E4:an mellan Huskvarna och Ödeshög 2002/2003 är ca 10,5 ton/km och år (mätt mellan oktober – februari) och halten klorid i vägdagvatten är ca 1-2 g/l och år⁴. Vägverket har tidigare beräknat att det saltas ca 5 g/m² och halkdygn¹⁴. På svenska vägar används i huvudsak bergssalt från Tyskland och Ryssland och innehåller till 92,75 % NaCl. De övriga ämnena är bland annat tungmetaller som bly, nickel, koppar, zink, krom och kadmium¹¹ (Se tabell 2.1).

	Standardvärde (mg/kg)	runt Vättern (kg/år)
Bly	6,29	42
Nickel	6,29	42
Koppar	3,15	21
Zink	1,57	10
Krom	1,02	7
Kadmium	0,94	6

Tabell 2.1 Tungmetallhalten i bergsalt och det beräknade utsläppet av vägsaltning runt Vättern¹¹.

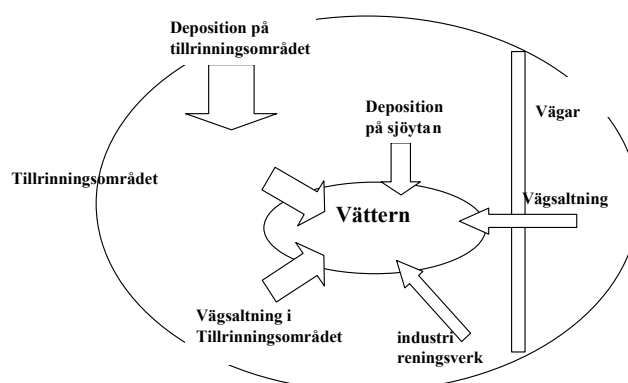
Salthalten i Vättern beräknas vara ca 0,15 promille. Detta kan jämföras med Östersjön där halten är ca 5 – 10 promille, Västerhavet där halten är ca 20 – 35 promille och Bottenhavet/viken där halten är ca 0-5 promille⁷. Salthalten i Vättern har ökat med ungefär 30 % sedan 1970⁴. Enligt tidigare beräkningar har vägsaltningen bidragit med drygt 40 % av salthaltsökningen i Vättern och sjöns ledningsförmåga har också ökat med 20-25 % de senaste decennierna. Analyser av enskilda joner i Vättern gjorda av Vätternvårdsförbundet visar att det är främst Na och Cl som står för den ökande ledningsförmågan⁶. Kloriderna i saltet är väldigt lösliga och kommer lätt ner i vattendrag i vägens närhet. Natrium i jonform löser sig också lätt i vatten men kan också till viss del sedimenteras i marken då den fungerar som katjon⁴. Det betyder att det sker ett jonbyte mellan natrium och andra ämnen, exempelvis metaller. En effekt av vägsaltning är att saltning kan frigöra metaller vilka sedan kan transporteras iväg i större utsträckning.

En ökande salthalt i Vättern påverkar bl a⁶ (Se figur 2.4 nedan):

- Vattnets fysikaliska egenskaper så som densitet, pH och syresättning
- Vattnets kvalitet som dricksvatten
- Vattnets omrörning (syre mm)
- Djur, alger och växters fysiologi (stress mm)
- Ökande mobilitet av tungmetaller

Salt kan förutom via vägsaltning ta sig till Vättern via följande källor⁶:

- Nederbörd (ca 1400 ton Cl/år)
- Reningsverk som använder fällningskemikalien FeCl₃
- Industrier, t ex pappersindustri
- Jordbruk



Figur 2.4 Skiss av salts transportvägar till Vättern⁶.

Tabell 2.2 Olika föroreningar från trafik och fordon^{6,9}.

Process	Föroreningar
<i>bränsle</i>	CO, CO ₂ , NO _x , kolväte (t ex eten, acetylen, toluen och xylen), partiklar som innehåller tungmetaller och polyaromatiska kolväten (PAH). Mest spridning vid accelerationssträckor.
<i>däckslitage</i>	polyaromatiska kolväten (PAH), gummipolymerer, zinkoxid, svavel, sot, tungmetaller. Mest spridning vid accelerations- och bromssträckor
<i>däckdubbslitage</i>	metallfragment
<i>bromsslitage</i>	Tungmetaller. Mest spridning vid bromssträckor.
<i>korrosion</i>	tungmetaller från färgpigment. Jämn spridning.
<i>spill från fordon</i>	bränsle, oljor och fett som innehåller betydande mängder tungmetalltillsatser, frostskyddsmedel, rostskyddsmedel. Jämn spridning.
<i>balansvikter</i>	Bly. Jämn spridning.
<i>fordonstvätt</i>	oljor, tensider, organiska lösningsmedel, tungmetaller
Vägbanor	
<i>vägslitage</i>	bitumen som innehåller, polyaromatiska kolväten (PAH), hartser, asfaltener, klorerade organiska ämnen, fettaminer, fibrer, gummi, pigment (järn- och kromoxid), tungmetaller. Mest spridning vid accelerations- och bromssträckor.
<i>slitage av markeringsfärg</i>	oljor, gummi, plast, pigment t ex TiO ₂ Mest spridning vid accelerations och bromssträckor.
<i>utlakning från vägkroppen</i>	cellplast, lättklinker, olika restprodukter t ex masungsslagg (svavel), ferrokromslag (tungmetaller och cyanid ⁹ , kolbottenaska (klorid och sulfat), flygaska (metaller) och avfallsslagg. Mest spridning vid påfarter.

2.4.4 Miljöeffekter¹⁵

Föroreningar är kapabla att förflytta sig långa sträckor och kan därmed skapa stora miljöproblem. För det mesta sker större förflyttningar med hjälp av luft eller vatten. Förflyttningarna kan också ske genom diffusion där det sker mycket snabbt i luften men mindre snabbt i vatten.

Föroreningarna kan påverka organismerna mycket negativt. Vissa oorganiska ämnen upptas lättare av organismer än andra. Detta reflekteras med biokoncentrationsfaktorn BCF där ämnets koncentration hos organismen sätts i förhållande till ämnets koncentration i den omgivande miljön (t ex vatten). Hos vattenorganismer sker direkt upptag nästan uteslutande från vatten. Närvaro av föroreningar kan till exempel skapa fysiologisk stress hos organismer, ge skador på reproduktionen eller i värsta fall öka dödlighetsgraden hos organismerna.

Föroreningar i vatten kan finnas i flera tillstånd i lösningar och sediment. Alla dessa former kan transporteras långa sträckor i vatten. Partikelmateria faller oftast ner under ytvattnet och de större faller till botten. Vätskedroppar (t ex olja) ligger på ytan eller dras ner till sediment av partiklar, beroende av densiteten hos droppen. Vid oljeföroreningar sker båda dessa. Lätt olja lägger sig på ytan och tung olja lägger sig i sediment. Vissa organiska föroreningar, som PAH: er är volatila och tenderar inte att vara långvariga i akvatiska ekosystem. Metallers löslighet i vatten är starkt pH-beroende. När metaller väl har hamnat i jorden eller sediment ligger de kvar, ofta i flera år, innan de förflyttas vidare. De skiljer sig alltså från organiska föreningar eftersom de ej kan brytas ned till harmlösa komponenter. PAH: er visar ingen stor tendens att gå vidare i näringskedjor. Många aromatiska kolväten har endast funnits i vår omgivning de senaste hundra åren. Deras koncentrationer i miljön har ökat markant som konsekvens av människans aktiviteter. Nedbrytning av PAH sker vanligtvis inte. Särskilt inte om de har fler än tre bensenringar¹¹.

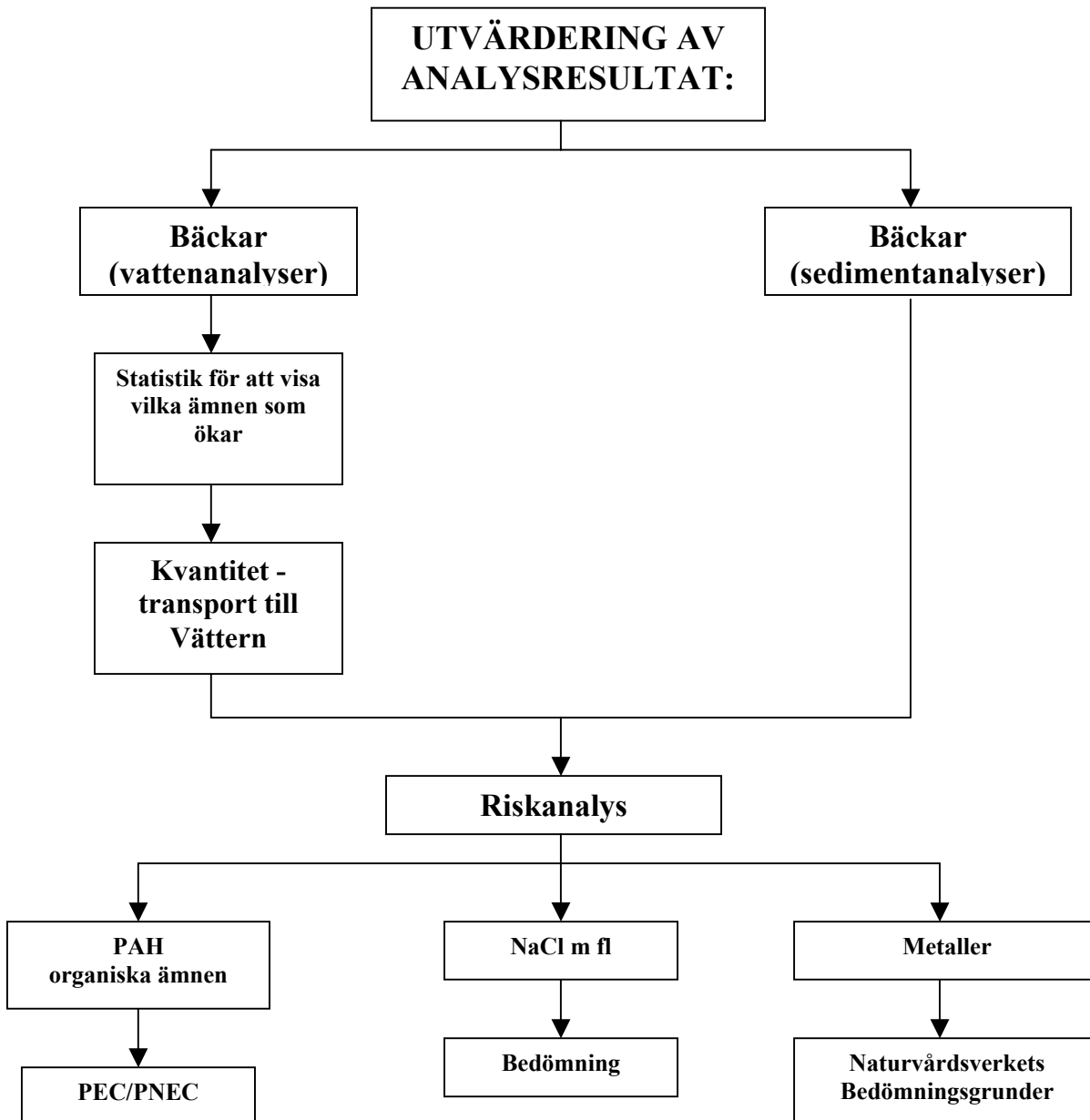
pH-värdet i vatten påverkar både direkt och indirekt miljöfarliga föroreningar. T ex löser sig metaller lättare i sur miljö. En reduktion av pH till <6 kan vara skadligt för många arter. Effekten av försurning i vattenområden är ibland dramatisk och kan t ex leda till minskning av fiskpopulationer i hårt försurat vatten. Försurande halter kan lagras i snö och släppas ut snabbt och försura under våren. Om pH-värdet sjunker kan plötsligt en ökning av lösta metallers koncentrationer öka i strömmar och sjöar.

Enligt den generella toxikologiska principen relateras giftigheten till en dos. Inget ämne är giftigt om dosen är tillräckligt låg, medan alla kemikalier är giftiga om dosen är tillräckligt hög. Harmlösa ämnen som socker och salt kan vara giftiga för djur vid höga doser. En svårighet med giftighetstester i vatten är att hålla en konstant koncentration och ämnesomsättning hos organismen som testas. Hur giftigt ett ämne är kan bland annat redovisas med hjälp av LD₅₀-värdet (den dos då 50 % av den undersökta populationen dött) eller LC₅₀-värdet (den koncentration då 50 % av den undersökta populationen dött).

3 Metod

3.1 Flödesschema

Ett flödesschema framställs nedan i figur 4.1 för att på ett enklare sätt beskriva arbetsgången i rapporten. Tillvägagångssättet har skett i följande ordning; Då ämnena valts ut togs analyser från bäckarnas vatten och sediment. Därefter gjordes beräkningar på hur stor del av ämnena som gick ut och efter det kunde risker bedömas. För vattenanalyserna tittades det också rent statistiskt på var halterna ökade signifikant. De mängder som beräknades komma ut i Vättern jämfördes också med de teoretiska värdena för att lättare kunna få en överblick över utsläppen. (Se figur 3.1 nedan).



Figur3.1 Flödesschema över arbetsgången.

3.2 Val av ämnen

Ett stort antal ämnen deponeras på vägarna från bilar, lastbilar, bränsleutsläpp, olyckor, markeringsfärger, vägutrustning och vägkroppen. I rapporten har följande ämnen valts ut för vidare uppföljning:

- PAH (polyaromatiska kolväten)
- Salter: i form av natrium (Na^+)- och kloridjoner (Cl^-)
- Metaller: Bly (Pb), kadmium (Cd), koppar (Cu), zink (Zn), nickel (Ni) och krom (Cr)
- Kolväten: Toluen, bensen och MTBE

Dessa ämnen har valts ut då de är vanligt förekommande vägföroreningar. För mer ingående information om ämnena och deras fysikaliska och toxiska data, se bilaga 3 (Förteckning över ämnen och deras fysiologiska och toxiska egenskaper).

I sedimentanalyser har salter, metaller och kolväten undersökts. I vattenanalyser har PAH, salter och metaller undersökts.

Vid vattenanalyserna har proven surgjorts med 1 ml salpetersyra (suprapur) per 100 ml. Analys har skett enligt EPA-metoder (modifierade) 200.7 (ICP-AES) och 200.8 (ICP-SMS)¹⁶.

Metallerna förekommer i olika kemiska tillstånd som joner och i föreningar/komplex men även i sina grundtillstånd. Därför är det svårt att bedöma effekterna (i t ex PEC/PNEC som är en riskanalysmetod). I vilka tillstånd de förekommer i analyserna kan ej visas. De kan befinna sig i jonform, sina grundtillstånd eller i föreningar/komplex med andra ämnen.

3.3 Transport av vägföroreningar till Vättern

Analysprover har av Länsstyrelsen tagits månadsvis i vatten, oktober 2002 – februari 2003, från de två Vätterbäckarna både uppströms och nedströms vid E4:an. Därefter har vattenproverna skickats till Analytica i Luleå och Täby som genomfört analyserna. Det ackrediterade analysföretaget har tittat på ett antal olika metaller samt salter. Vid två tillfällen (november och december) analyserades även PAH (polyaromatiska kolväten) och ytterligare några kolväten. Utifrån analysvaren har därefter uppföljningen kunnat göras. För mer information om rådata se bilaga 4.

Rapporten baseras på vattenanalyser och tar därför inte hänsyn till luftföroreningar etc. Mängden förorening från luft, nederbörd och liknande anses vara lika stor uppströms som nedströms i bäckarna.

Då det i några fall för metallanalyserna har varit högre halter uppströms än nedströms påverkas de genomsnittliga halterna mycket.

3.4 Beräkningar

3.4.1 Beräkning av flöden i tillflöden

Länsstyrelsen har tidigare gjort beräkningar på bäckarnas flödes hastigheter, baserat på data från SMHI. Dessa har beräknats genom att titta på SMHI:s PULS-station vid Lyckåsån. För denna å finns uppmätta siffror för flöde och avrinningsområde (flöde/ytenhet). Då siffror för bäckarnas avrinningsområdesytor sedan tidigare finns beräknade har dessa ytor multiplicerats med Lyckåsåns flöde/ytenhet. Bäckarna har antagits ha samma förutsättningar som Lyckåsån eftersom de är relativt närbelägna och därför tas ej hänsyn till eventuella skillnader som lutning, jordmån, omgivningens påverkan mm.

3.4.2 Beräkning av teoretiska värden

De teoretiska värdena för metallerna har hämtats ur rapport 65 från Vätternvårdsförbundet⁶. Ur rapporten har de beräknade värdena från däckslitage, bromsslitage och vägslitage summerats. Därefter har dessa värden räknats om utefter E4:ans årsdygnstrafik (17000 ÅDT). Efter detta har beräkningar gjorts med hänsyn till bäckarnas tillrinningsområden från E4:an.

Salthalten har beräknats utifrån värden från Vägverket Produktion Syd. En total mängd på ca 10,5 ton/km vägsalt och år beräknas vara utlagd på E4:an (Huskvarna – Ödeshög)¹⁷. Denna mängd har multiplicerats med bäckarnas tillrinningsområden från E4:an.

För PAH:er, kadmium och övriga kolväten har det ej gått att hitta några teoretiskt beräknade värden.

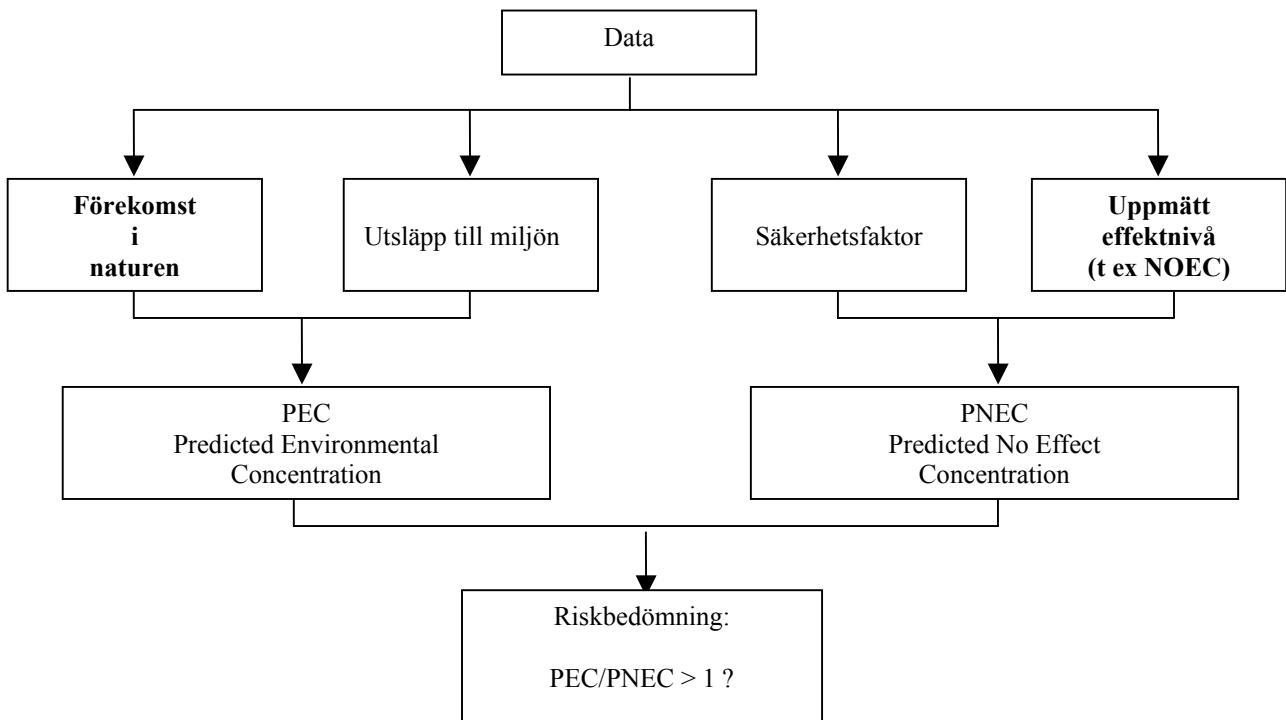
3.5 Riskbedömning

3.5.1 PEC/PNEC

Vid en riskbedömning studeras ämnens effekter på miljön. PEC/PNEC-metoden har använts i rapporten för att få en fingervisning om risken och tillvägagångssättet har gått till enligt figur 4.2 nedan. Med PEC-värde (Predicted Environmental Concentration) menas den väntade eller uppmätta koncentrationen i den miljö som studeras (bäckarna och Vättern). Med PNEC-värdet (Predicted No Effect Concentration) menas den högsta koncentration som ej ger påverkan på miljön. I rapporten används LC₅₀ eller EC₅₀-värden (Effect Concentration) samt en säkerhetsfaktor. Säkerhetsfaktorernas storlek beror på LC₅₀ och EC₅₀-värdenas storlek. Ju högre koncentration desto högre säkerhetsfaktor. I detta fall användes x100. Om kvoten är över 1 föreligger en risk, är den under 1 är risken mindre.

Tabell 3.1 Säkerhetsfaktorernas storlek vid olika tillgång på data¹⁸.

	Säkerhetsfaktor
Minst en akut LC ₅₀ från var och en av de tre näringsnivåerna i grunduppsättningen (växtplankton - zooplankton - fisk)	1000
En kronisk NOEC (antingen fisk eller <i>Daphnia</i> eller en organism som är representativ för saltvatten) (NOEC: No Observed Effect Concentration)	100
Två kroniska NOEC från arter som representerar två näringsnivåer (fisk och/eller <i>Daphnia</i> eller en organism som är representativ för saltvatten och/eller alger)	50
Kroniska NOEC från minst tre arter (normalt fisk, <i>Daphnia</i> eller en organism som är representativ för saltvatten och alger) som representerar tre näringsnivåer	10
Andra fall, däribland fältdata eller modellekosystem, som medger beräkning och tillämpning av mer exakta säkerhetsfaktorer	Bedöms från fall till fall



Figur 3.2 Flödesschema över arbetsgången vid riskanalys. Blir kvoten PEC/PNEC större än 1 kan man anta att ämnet medför en risk för miljön¹⁹.

3.5.2 Bedömningsgrunder

Vättern utsätts för ett flertal olika störningar. Påverkan som förorenings effekter (t ex försurning, grumlighet och förhöjda metallhalter), reglering och fiske kan ge långvariga problem och effekter. Vattnets kemiska och fysikaliska egenskaper varierar naturligt hela tiden beroende på klimat etc. Därför skall tolkningar av analysdata göras med försiktighet. Med bedömningsgrunder menas vattenkvalitet i enskilda akviferer som kan påvisas efter analyser. Naturvårdsverket har tagit fram bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Utifrån dessa kan miljökvaliteten bedömas utifrån kemiska och biologiska parametrar.

De bedömningsgrunder som finns för föroreningar gäller mest för metaller (med undantag av näringsämnen kväve och fosfor), främst tungmetaller, då de kan lagras i levande materia och bli kvar där under en lång tid²⁰. Till tungmetaller räknas de metaller som har en densitet högre än 5 g/cm³. För metaller i vatten gäller följande siffror:

Tabell 3.2 bedömningsgrunder för metaller²⁰.
(endast de metaller som hanteras i rapporten har tagits med i tabellen)

Ämne	Klass 1 (µg/l)	Klass 2 (µg/l)	Klass 3 (µg/l)	Klass 4 (µg/l)	Klass 5 (µg/l)
Bly (Pb)	≤ 0,2	0,2 - 1	1 - 3	3 - 15	> 15
Kadmium (Cd)	≤ 0,01	0,01 - 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 1,5	> 1,5
Koppar (Cu)	≤ 0,5	0,5 - 3	3 - 9	9 - 45	> 45
Zink (Zn)	≤ 5	5 - 20	20 - 60	60 - 300	> 300
Nickel (Ni)	≤ 0,7	0,7 - 15	15 - 45	45 - 225	> 225
Krom (Cr)	≤ 0,3	0,3 - 5	5 - 15	15 - 75	> 75

Förklaringar⁷:

- Klass 1. Inga eller endast mycket små risker finns för biologiska effekter. Halterna representerar en uppskattning av halter i opåverkade vatten, där ingen mänsklig påverkan förekommer.
- Klass 2. Små risker för biologiska effekter. Majoriteten av vattnen inom denna klass har förhöjda metallhalter till följd av utsläpp från punktkällor och/eller långdistansspridning. Klassen kan dock inrymma halter som är naturliga i t.ex. vissa geologiskt avvikande områden. Haltförhöjningen är sådan att mätbara effekter i allmänhet inte kan registreras.
- Klass 3. Effekter förekommer i känsliga vatten. Risker är störst i mjuka, närings-, och humusfattiga vatten samt i vatten med lågt pH-värde. Med effekter menas här påverkan på arter eller artgruppers reproduktion eller överlevnad i tidiga levnadsstadier, vilket ofta yttrar sig som en minskning av artens individantal. Minskat individantal kan medföra återverkningar på vattnets organismsamhällen på hela ekosystemets struktur.
- Klass 4 & 5. Ökande risker för biologiska effekter. Metallhalterna i klass 5 påverkar överlevnaden hos vattenlevande organismer redan vid kort exponering

3.6 Statistik

För att kunna påvisa skillnader hos lokalerna och var halterna ökade nedströms och spridning i data används statistikprogrammet SPSS med parat t-test (dvs båda lokalerna sammanslagna). På detta vis går det att se skillnaderna för koncentrationerna uppströms och nedströms för varje ämne med ett 95 % -igt säkerhetsintervall. Ur detta fås ett p-värde som visar hur säkert det går att påvisa att de ämnen som hittats härstammar från vägtrafiken. Om p-värdet är mindre än eller ligger i närheten av 0,25 så är halten signifikant.

3.7 Provtagning

Provtagning har skett mellan den 10:e och 20:e varje månad och skickats till analys samma dag. Analyserna har sedan gjorts dagen därpå. Provtagning har skett på följande vis:

- Metaller- och saltprover i vatten har tagits i plastflaskor (125 ml) fyllda till bredden med lock
- PAH: er: glasflaskor (1 liter) fyllda till bredden
- Ytsedimentprover har tagits i glasburkar >50 g torrs substans (TS).
Ytsediment (0 – 2 cm djupt) har tagits med Limnos sedimentprovtagning.

Innan provtagningarna har skett har flaskorna sköljts två gånger med bäckvatten.

För närmare studering av analysresultatet, se bilaga 4.

4 Resultat

4.1 Koncentrationer i bäckarna

4.1.1 Vattenprover

Analyserna är tagna månadsvis mellan oktober – februari. Medelhalten är den halt som beräknas komma från vägtrafiken. Skillnaderna i koncentrationer uppströms och nedströms jämfördes statistiskt. Vissa värden står med minus (-) framför. Detta beror alltså på att värdena är högre uppströms än nedströms. Med n menas de totala antalet mätningar som deltagit i den statistiska beräkningen.

Tabell 4.1 Uppmätta medelkoncentrationer i vattenprover i bäckarna för salter, metaller och PAH:er.

Natrium mg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	5,95	43,2	37,25	0,005	10
Gudmunderydsbäcken	19,7	57,5	37,80		
Klor mg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	9,8	94,1	84,30	0,009	10
Gudmunderydsbäcken	36,5	105,4	68,94		
Bly µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	0,096	0,39	0,30	0,245	10
Gudmunderydsbäcken	0,31	1,25	0,94		
Krom µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	0,065	0,21	0,15	0,266	10
Gudmunderydsbäcken	0,21	0,27	0,06		
Kadmium µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	0,011	0,020	0,01	0,872	9
Gudmunderydsbäcken	0,023	0,018	-0,005		
Koppar µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	0,90	1,84	0,94	0,262	10
Gudmunderydsbäcken	2,24	3,09	0,85		
Nickel µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	0,60	0,80	0,20	0,4317	10
Gudmunderydsbäcken	1,03	0,75	-0,28		
Zink µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt	p-värde	n
Gyllingebäcken	1,70	5,02	3,33	0,322	10
Gudmunderydsbäcken	4,54	4,31	-0,24		
PAH µg/l	uppströms	nedströms	medelhalt		
Gyllingebäcken	under det	under det	< 0,42		
Gudmunderydsbäcken	under det	under det	< 0,42		

Natrium och klor visar på en tydlig signifikant ökning nedströms efter E4:an (p-värdet ligger under 0,25). Även bly, krom, zink och koppar ligger ganska högt jämfört med halterna uppströms. Kadmium är svårast att se någon direkt skillnad på och det syns även på det statistiska värdet.

Då PAH:erna är har koncentrationer under detektionsgränserna visas här endast den detektionsgräns som finns för PAH:er i klump.

4.1.2 Sedimentprover

Sedimentprover har tagits vid Gyllingebäcken, under oktober månad. Påslaget är den halt som beräknas komma från vägtrafiken. Med n menas antal mätningar som gjorts. Då n = 1 har ej någon statistik kunnat göras på dessa analyser. Vissa värden står med minus (-) framför. Detta beror alltså på att värdena är högre uppströms än nedströms.

Tabell 4.2 Uppmätta koncentrationer i sedimentprover i Gyllingebäcken för salter, metaller, PAH:er och kolväten.

Natrium mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	330	1200	870
Klor mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	350	2100	1750
Bly mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	20,7	21,4	0,7
Krom mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	10,6	9,11	(-1,49)
Kadmium mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	1,32	1,64	0,32
Koppar mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	62,7	29,5	(-33,2)
Nickel mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	25,6	18,7	(-6,9)
Zink mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	115	319	204
PAH mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	0,09	< 0,37	-
MTBE mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	< 0,050	< 0,050	-
Toluen mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	< 0,20	< 0,20	-
Bensen mg/kg TS	uppströms	nedströms	förändring
Gyllingebäcken	< 0,020	< 0,020	-

En signifikant skillnad syns för både natrium och klor. Även zink visar på en ökning nedströms efter E4:an. Övriga ämnen visar inte på någon större skillnad nedströms. Koppar t ex visar snarare på en något märkbar minskning nedströms.

4.2 Beräknad mängd förorening från E4:an till Vättern

Mängden vägförorening från E4:an till Vättern har beräknats på respektive flöde i bäckarna enligt följande formel:

halt i bäcken (kg el ton/år) *bäckens flöde (l/år)		
Gyllingebäckens flöde	= 81 l/s	= 2554416000 l/år
Gudmunderydsbäckens flöde	= 25 l/s	= 788400000 l/år

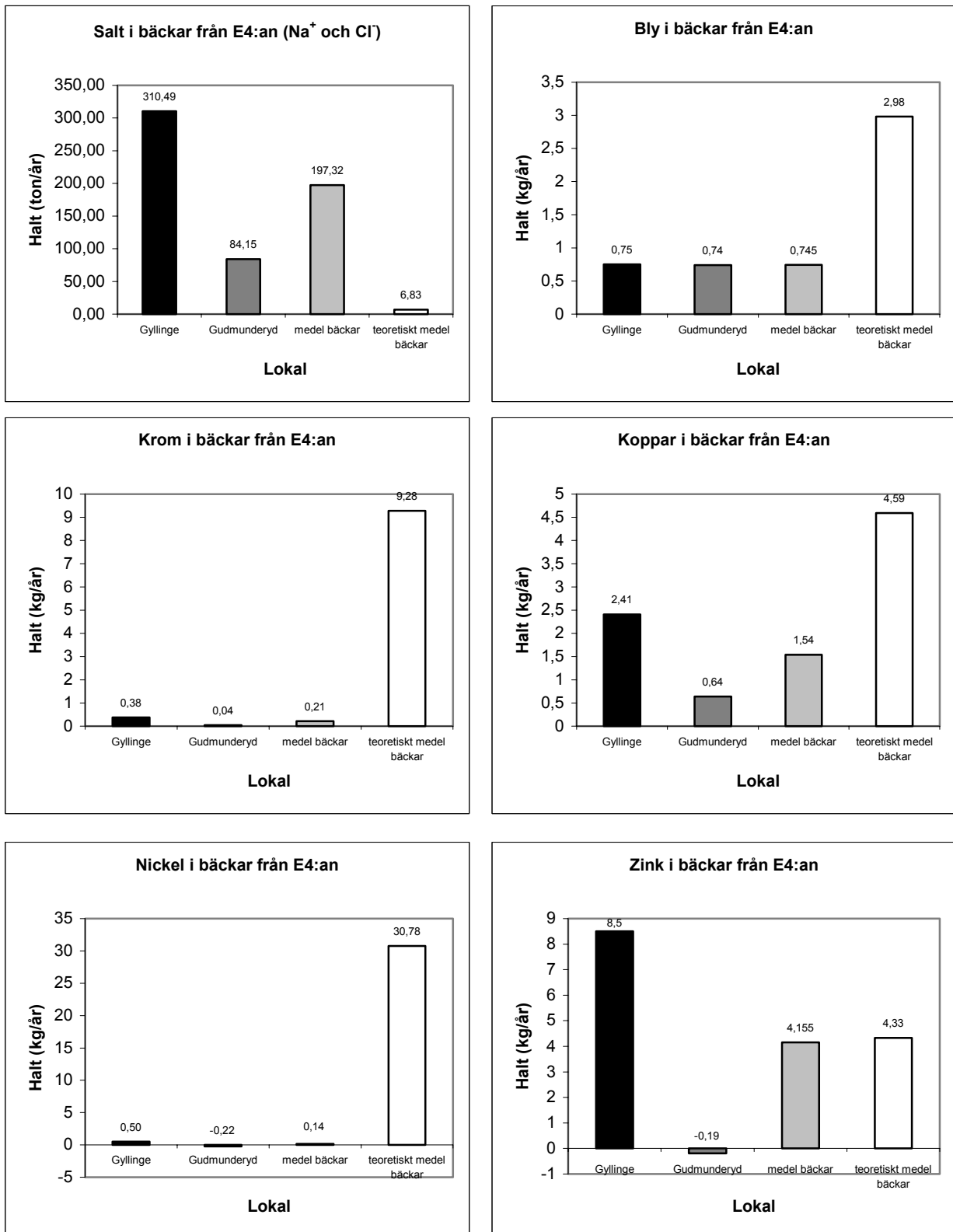
Vissa värden står med minus (-) framför. Detta beror på att värdena är högre uppströms än nedströms.

Resultat

• Natrium	(ökningen var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	95,15 ton/år
Från Gudmunderydsbäcken:	29,80 ton/år
• Klor	(ökningen var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	215,34 ton/år
Från Gudmunderydsbäcken:	54,35 ton/år
• Bly	(ökningen var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	0,75 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	0,74 kg/år
• Krom	(ökningen var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	0,38 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	0,04 kg/år
• Kadmium	
Från Gyllingebäcken:	0,02 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	- 0,004 kg/år
• Koppar	(ökningen var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	2,41 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	0,64 kg/år
• Nickel	
Från Gyllingebäcken:	0,50 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	- 0,22 kg/år
• Zink	(ökningen från Gyllingebäcken var signifikant)
Från Gyllingebäcken:	8,50 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	- 0,19 kg/år
• PAH:er	
Från Gyllingebäcken:	< 1,10 kg/år
Från Gudmunderydsbäcken:	< 0,33 kg/år

4.3 Jämförelse med teoretiska värden

Följande diagram jämför de halter som hittats i bäckarna med teoretiskt beräknade halter som grundas på tidigare värden som Länsstyrelsen kalkylerat för olika utsläpp från vägtrafiken⁶. För kadmium och PAH: er har dock sådana värden ej hittats.



Figur 4.1 Jämförelse av halter i bäckarna och teoretiskt beräknade värden.

4.4 Riskanalys

4.4.1 PEC/PNEC

Beräkningen är gjord för summa PAH: er.

LC₅₀ för fisk är 0,001 mg/l (1 µg/l) för alla PAH: er²¹.

Säkerhetsfaktorn 100 används då kunskapen anses vara relativt god.

PNEC = 1/100 = 0,01

PEC-halt för PAH = 0,42 µg/l

PEC/PNEC = 42 (värdet är >1)

En stor risk KAN föreligga. Värdet är ett maxvärde och det blir därför en överdrift i beräkningen. Verkliga halten är troligen mycket lägre.

4.4.2 Riskbedömning (Jämförelse med gränsvärden)

Följande riskklasser baseras på Naturvårdsverkets gränsvärden för metaller.

Tabell 4.3 Riskbedömning för metaller. Baserad på naturvårdsverkets bedömningsgrunder.

Bly	halt (µg/l) uppströms	riskklass	halt (µg/l) nedströms	riskklass
Gyllinge	0,096	1	0,39	2
Gudmunderyd	0,31	2	1,25	3
Krom				
Gyllinge	0,065	1	0,21	1
Gudmunderyd	0,21	1	0,27	1
Kadmium				
Gyllinge	0,011	2	0,02	2
Gudmunderyd	0,023	2	0,018	2
Koppar				
Gyllinge	0,90	2	1,84	2
Gudmunderyd	2,24	2	3,09	3
Nickel				
Gyllinge	0,60	1	0,79	2
Gudmunderyd	1,03	2	0,75	2
Zink				
Gyllinge	1,70	1	5,02	2
Gudmunderyd	4,54	1	4,31	1

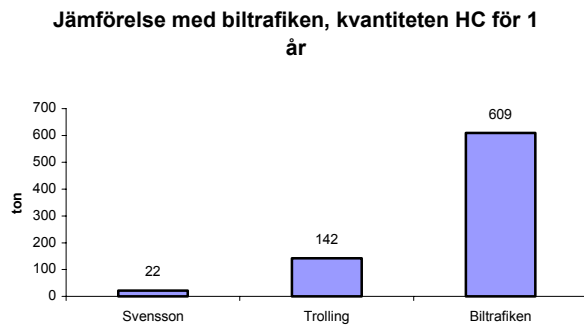
I Gudmunderydsbäcken hamnar bly och koppar på riskklass 3, vilket betyder att effekter på biota kan förekomma i Vättern och främst i bäckarna och bäckarnas närområden. Flera av ämnena hamnar på riskklass 2 vilket också tyder på en mindre risk för biologiska effekter. Krom är den enda metall som ej hamnar högre än riskklass 1.

5 Diskussion

Resultatet visar att salthalterna (Na och Cl) är väldigt höga nedströms jämfört med uppströms i bäckarna. Totalt i bäckarna visar det sig att halterna ibland är så höga att de går att jämföra med Bottenhavet/viken. Majoriteten av dessa halter kan direkt härledas till vägsaltningen på E4:an under vinterhalvåret. Klara fakta visar på förhöjda halter nedströms vilket påvisar att stora mängder av allt vägsalt går ut i Vättern. Anledningen till att det är ett så tydligt utslag just på natrium och klor beror antagligen på att dessa ämnen är mycket lösliga i vatten där de båda snabbt antar jonform. Försöksuppställningen har här fungerat tillfredsställande och ytterligare analyser bör fortskrida med eventuella justeringar.

Metallerna är mycket svåra att följa. Många koncentrationer har varit högre uppströms än nedströms. Metallerna kan förekomma i flera olika tillstånd i bäckarna och det går ej att se i dessa analyser vilka former ämnena har tagit. I detta kan endast spekuleras. Metallerna kan anta jonform men också finnas i sina grundtillstånd eller i föreningar/komplex med andra ämnen. I det senare fallet sedimenterar ofta metallerna och det går ej att se dem vid vattenanalyserna, såvida de ej är uppslammade i vattnet. Mellan oktober – januari har prover tagits uppströms vid bäcken före en damm vilket kan ha påverkat resultatet. Detta kan nämligen vara en anledning till att halterna minskar nedströms då metallerna kan ha sedimenterat i dammen. Detta syns i sedimentanalyserna. Provtagningen har därför, i februari, även tagits efter dammen för att se på eventuella öknings nedströms. De preliminära resultaten har inte visat på några märkbara skillnader. Högre halter uppströms kan också tyda på att metallerna kommer från jordbruket. Försöksuppställningen för metaller har här ej fungerat helt tillfredsställande. Det är svårt att kunna avgöra hur stor del som kommer från vägtrafiken då många värden har varit större uppströms än nedströms. Detta gäller för både vatten- och sedimentanalyserna. Statistiskt sett har det ej varit möjligt att se skillnader uppströms och nedströms. Exempel på statistiska värden (p-värden) för fler analyserade ämnen är bland annat 0,109 för svavel, 0,031 för kisel (visar en signifikant skillnad), 0,272 för aluminium och 0,258 för kvicksilver. Ytterligare analyser bör fortskrida med tätare intervaller och fler provtagningar vid varje tillfälle för att kunna spåra skillnader statistiskt. Det ingår även vissa metaller i vägsalt (bly, nickel, koppar, krom, zink och kadmium). De halter som detekterats i bäckarna kan alltså, förutom från biltrafiken, komma från halkbekämpningsmedel. De teoretiska värdena för metallerna varierar kraftigt gentemot de uppmätta medelhalterna. Bly, krom, koppar och nickel visar på höga teoretiskt beräknade halter. Zink ligger jämnare med medelhalten för båda bäckarna men skiljer sig för var och en av bäckarna. Det kan därför diskuteras huruvida analysmetoden har varit tillfredsbringande för metallerna eller om de teoretiska värdena bör modifieras för att få fram ett sannare värde.

PAH:ernas analys svar har hamnat under detektionsgränsen. En stor del av PAH:erna kommer från biltrafiken. Enligt undersökningen kan inte detta bekräftas men inte heller avfärdas. PAH:er är svåra att hitta med de analyser som gjorts och är svåra att bedöma i en sådan här rapport. Trots att det uppmätts låga halter vid analyserna så går det ej att utesluta att små mängder ändå kan vara toxiska för vattenlivet. En tidigare riskbedömning som gjorts under 2002 gällande båtmotorer i Vättern visar att det för alla PAH:er föreligger en risk för påverkan²². Den mängd som då beräknades komma ut i Vättern ses i följande diagram;



Figur 6.1 Jämförelse av kvantitativa utsläpp av HC mellan utombordsmotorer och biltrafik. Svensson och Trolling är två olika körsätt för utombordsmotorer där Svensson står för en årsförbrukning av bensin på 83,3 l/år och Trolling för 550 l/år²².

PAH: er från utombordare går rakt ut i Vättern till skillnad från PAH: er från vägtrafiken. Båtmotorer är därför troligen en lika stor bov till PAH: er i Vättern som vägtrafiken. Försöksuppställningen bör förändras för att kunna påvisa var PAH: erna tar vägen. Det behövs mer ingående analyser för just dessa ämnen då de är svåra att se och följa.

Det som är mest intressant att titta på i denna rapport är de skyhöga halterna av natrium- och kloridjoner som sköljs ut i Vättern från E4:an. Tidigare rapporter visar på en stadig ökning av både natrium- och kloridhalter i Vättern. En fortsatt ökning kan påverka vattenfloran mycket negativt. Förmodligen kommer inte halterna att vara lika höga under hela året utan de högsta halterna fås under vinterhalvåret på grund av halkbekämpning med vägsalt. Övriga året förväntas ha lägre halter. Det teoretiska värdet för Na + Cl ligger mycket lägre än de uppmätta värdena. Sker provtagningar kontinuerligt under hela året kommer alltså den uppmätta medelhalten att sjunka och ligga närmare det teoretiska värdet men ändå högre på grund av de höga halterna mellan oktober och februari. Det kan också diskuteras hur nära sanningen det teoretiska värdet ligger och om ytterligare faktorer bör tas med i beräkningarna.

För att få en bättre bild av hur mycket vägföroreningar som sköljs ut i Vättern skulle fler analyser krävas och mer utförliga beräkningar tas fram särskilt för metaller och PAH: er. De beräkningar som gjorts på alla ämnen i denna rapport visar bara en uppskattning av hur stora halter av ämnen i Vättern som kan härledas till vägtrafiken utmed E4:an. Beräkningar med hänsyn till flöden, tillrinningsområden, vägbredd etc kan göras på flera olika sätt. Vid transport via tillrinningsområdena från E4:an till bäckarna rinner en del av vägföroreningarna ner till grundvattnet och visar alltså på en överskattning vid beräkningen av halterna i bäckarna. Enligt data från Vägverket¹³ framgår det att det saltats dagarna före provtagningarna och därför går det att anta att stora delar av halterna kommer från just vägsaltet. Varför halterna nedströms blev så höga i oktober månad är svårbedömt. Dock var det lite nederbörd då proverna togs och det hade varit en torr sensommar varför stora delar kan tänkas transporterats ner till bäckarna. Det teoretiska värdet för vägsalt är en ungefärlig uppskattning för vägsträckan mellan Huskvarna – Ödeshög.

Enligt de resultat som rapporten ger försvinner många ämnen ut i Vättern. För att kunna förorda att åtgärder skall tillämpas måste fler ingående analyser göras i vatten, sediment och hos vattenlivet. Fortsätter dock halterna att peka i samma riktning skall någon åtgärd göras.

Fler analyser bör göras i Gyllingebäcken och Gudmunderydsbäcken men även andra bäckar utmed E4:an borde kontrolleras på samma vis. Analyserna bör ske med tätare intervall, t ex varje vecka, och på fler platser utmed bäckarna. För att kunna avgöra hur PAH:er från biltrafiken påverkar Vättern bör i dessa fall analyserna struktureras om och anpassas efter de ämnen som granskats. Eventuella provtagningar i luft och grundvatten kan ge ytterligare information om vägföroreningarna. Exempelvis kan också vägdagvatten från broar (exempelvis bron över Röttleån) mätas.

Ämnen som kan vara intressanta att titta närmare på är BHT (se s. 19 i bilaga 3) som ofta används inom verkstadsindustrin (t ex bilindustrin) och som kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Även aluminium, svavel och kisel har visat på signifikanta skillnader vid mätningar utmed bäckarna och kan vara intressanta att följa upp.

6 Tack

Jag vill passa på att tacka några personer som har gjort det möjligt för mig att genomföra detta arbete. Jag vill först och främst tacka min handledare Henrick Blank på Länsstyrelsen i Jönköping för en ovärderlig hjälp i mitt sökande, räknande och tänkande. Jag vill tacka min handledare Karl-Gunnar Rosell på Ingenjörshögskolan för den hjälp jag fått i strukturerandet av mitt arbete. Från Vägverket i Jönköping vill jag speciellt tacka Anna Ward och Stefan Torstensson för information som varit värdefull. Jag vill också tacka Måns Lindell på Länsstyrelsen i Jönköping för att han funnits där om jag behövt hjälp i frågor. Sist men inte minst vill jag passa på att tacka Arto Johansson för att han ställt upp med vattenprovtagningen. Tack!

7 Referenser

- [1] Beslut för Vägverket Region Sydöst,
Länsstyrelsen i Jönköpings län (diarienummer 121-3513-00)
- [2] T. Öberg 2002
Miljögifter i fisk från Vänern och Vättern 2001/2002
(opublicerad)
- [3] Vätternvårdsförbundet
Årsskrift 2002
Rapport 69 från Vätternvårdsförbundet
- [4] Vätternvårdsförbundet
Åtgärdsplan Vättern Öst
Rapport 52 från Vätternvårdsförbundet
- [5] Visingsö Näringslivs Förening
<http://www.visingso.net> (Acc. 2003-03-23)
- [6] Vätternvårdsförbundet
Trafikens miljöbelastning på Vättern
Rapport 65 från Vätternvårdsförbundet
- [7] Henrick Blank
Länsstyrelsen i Jönköpings län
- [8] Vätternvårdsförbundet
Naturvärden i vätterbäckarna
Rapport 48 från Vätternvårdsförbundet
- [9] Vägverket
<http://www.vv.se> (Acc. 2003-01-07)
- [10] H. Blank, 2001
Program för uppföljning av vägtrafikrelaterade föroreningars spridning till Vättern
Länsstyrelsen i Jönköpings län
- [11] J. Bjelkås, P. Lindmark., 1993
Förorening av mark och vägdagvatten på grund av trafik
Statens geotekniska institut (vv objektnummer 422)
- [12] J. Sternbeck m fl., 2001
Spridning av metaller från vägtrafik
IVL Svenska miljöinstitutet AB
- [13] Holger Torstensson
Alcontrol i Karlstad
- [14] Anna Ward
Vägverket Region Sydöst
- [15] C.H. Walker m fl, 1996
Principles of exotoxicology
Taylor & Francis inc. ISBN 0-7484-0220-9

- [16] Analytica
Luleå/Täby
- [17] Stefan Torstensson
Vägverket Produktion i Jönköping
- [18] H. Blank, M. Hein., 2001
Materialflöden från samhälle till miljö kring Emån
Länsstyrelsen i Jönköpings län
- [19] Helveg mfl
Kemiske stoffer i miljøet
Gads Forlag, København
- [20] Naturvårdsverkets hemsida
<http://www.naturvardsverket.se> (Acc. 2003-01-22)
- [21] SweBoat
www.sweboat.org (Acc. 2003-03-24)
- [22] Vätternvårdsförbundet
Teoretisk riskbedömning av emissioner från utombordsmotorer i Vättern
Rapport 70 från Vätternvårdsförbundet

8 Bilagor

- Bilaga 1 Vättern i siffror
- Bilaga 2 Flygbilder över bäckarna med utmärkta mätpunkter
- Bilaga 3 Förteckning över ämnen och deras fysiologiska och toxiska egenskaper
- Bilaga 4 Rådata analysresultat

Vättern i siffror

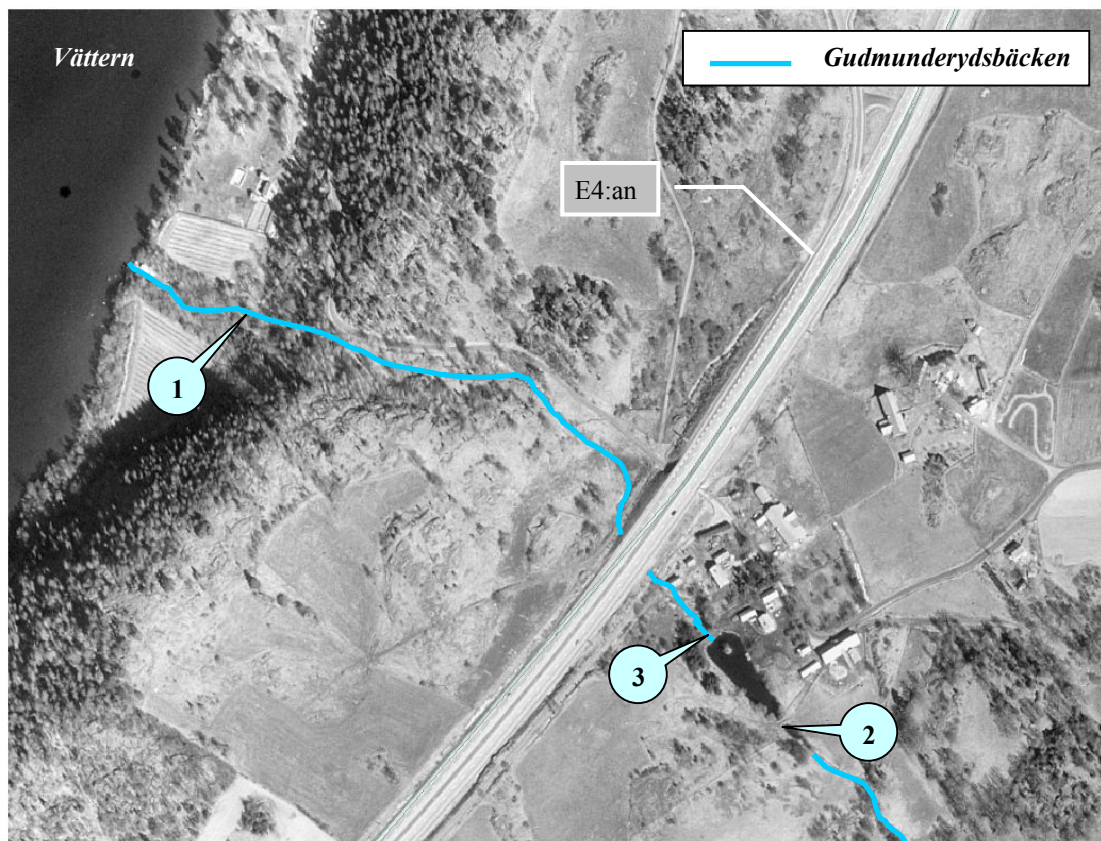
Maximal längd	135 km
Maximal bredd	31 km
Medelbredd	13,7 km
Maximalt djup	128 m
Medeldjup	39,8 m
Mediandjup	32,7
Huvudriktning	SSV – NNO
Strandlinje inkl öar	642 km
Sjöarea	1912 km ²
Volym	74 km ³
Högsta resp. lägsta naturliga vattenstånd	88,87/88,0 m ö h
Avrinning (1931 – 1960)	35 m ³ /sek
Tillrinning med vattendrag	36m ³ /sek
Nederbörd över sjöytan	ca 500 mm/år eller 30 m ³ /sek
Avdunstning över sjöyta	ca 135 mm/år eller 26 m ³ /sek
Ytavrinning (1858 – 1936)	6,6 l/sek eller km ²
Vattenvolym mellan högsta och lägsta vattenyta	1,6 km ³
Vattnets utbytestid	ca 60 år
Siktdjup	14,0 meter

Referenser

- [1] Vätternvårdsförbundets hemsida
<http://www.vattern.org> (Acc.2003-05-28)

Bilaga 2

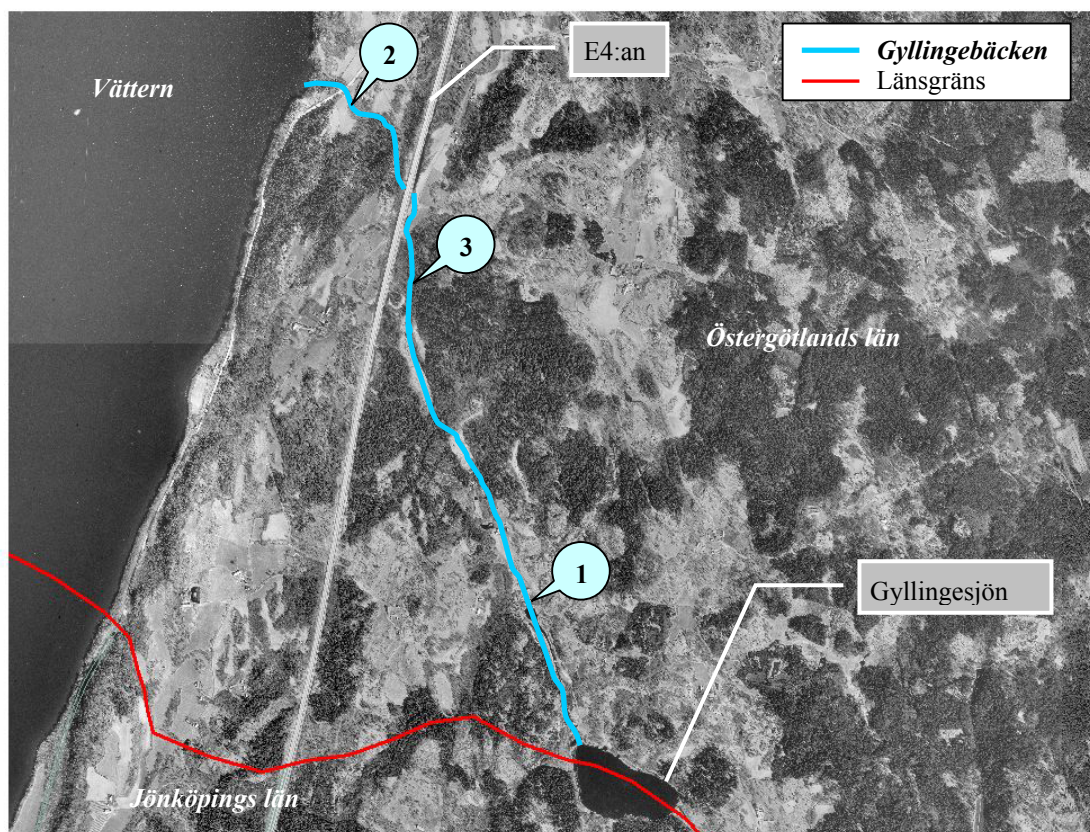
Flygbilder över bäckarna med utmärkta mätpunkter.



Figur 1 Gudmunderydsbäcken med utmärkta platser där analysprover tagits
Ortofoton

© Lantmäteriverket 1998. Ur GSD-Digitalt ortofoto, Dnr 507-98-3015.

- Mätplats 1: nedströms i bäcken, vattenprov.
Mätplats 2: uppströms i bäcken före dammen, vattenprov.
Mätplats 3: uppströms i bäcken efter dammen, vattenprov vid ett tillfälle (februari).



Figur 2 Gyllingebäcken med utmärkta platser där analysprover tagits.

Ortofoton

© Lantmäteriverket 1998. Ur GSD-Digitalt ortofoto, Dnr 507-98-3015

- Mätplats 1: Uppströms i bäcken före damm, Kopparp, vattenprov och sedimentprov.
Mätplats 2: Nedströms i bäcken, vattenprov och sedimentprov.
Mätplats 3: uppströms i bäcken efter damm, vattenprov vid ett tillfälle (februari).

Förteckning över ämnen

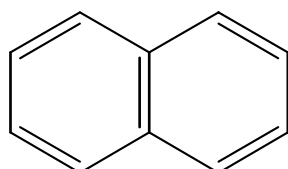
Förklaringar

LD₅₀: Den dos där 50 % av populationen avlidit
 LC₅₀: Den koncentration där 50 % av populationen avlidit
 BCF: Biokoncentrationsfaktor. Kvoten mellan ett ämnes koncentration i en organism och koncentrationen i omgivningen.

PAH (polycykliska aromatiska kolväten)

Ekotoxikologiska data summa PAH:er: LC₅₀ fisk 0,001 mg/l

Naftalen

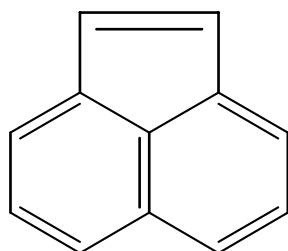


CAS-nr: 91-20-3

Naftalen förekommer i bland annat bensin, diesel, färg, lack, gummidäck och bekämpningsmedel. Naftalen är ett fast ämne med flakformade vita kristaller med lukt av ”malkolor” och är olösligt i vatten. Ämnet är biologiskt nedbrytbart, men nedbrytbarheten av polyaromatiska kolväten är måttlig till mycket låg, och minskar med ökande molvikt. Naftalen är farligt vid förtäring och mycket giftigt för vattenorganismer. Kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön.

Bruttoformel:	C ₁₀ H ₈
Molvikt:	128,17 g/mol
Kokpunkt:	218 °C
Smältpunkt:	80 °C
Densitet:	1179 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	4,42
Flampunkt:	79,00 °C
Tändpunkt:	526 °C
Explosionsområde:	0,9 – 5,9 %
Ångtryck:	0,0072 kPa
Vattenlöslighet:	31,7 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 400 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 0,11 mg/l vatten. Art: regnbågslax
Akkumulerbarhet:	BCF = 430

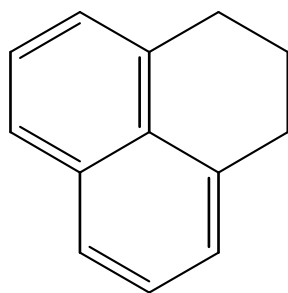
Acenaftilen

CAS-nr: 208-96-8

Acenaftilen är en naturlig produkt i råolja och koltjära.

Bruttoformel:	C ₁₂ H ₈
Molvikt:	151,19 g/mol
Kokpunkt:	265 – 275 °C
Smältpunkt:	92 – 93 °C
Densitet:	899 kg/m ³
Flampunkt:	122,00 °C
Ångtryck:	0,0000912 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet:	16,1 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 1760 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 185 mg/l vatten
Akkumulerbarhet:	BCF = 237

Acenaften

CAS-nr: 83-32-9

Acenaften finns i bland annat dieselolja, avfettningsmedel, smörjmedel, färg, lack och lim. Acenaften är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön.

Ämnet får pga cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet.

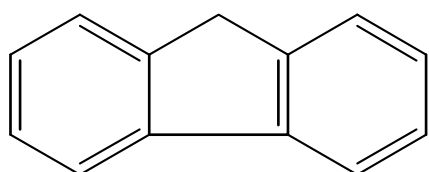
Acenaften är färglösa kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel:	C ₁₂ H ₁₀
---------------	---------------------------------

Molvikt:	154,21 g/mol
Kokpunkt:	279 °C
Smältpunkt:	96,2 °C
Densitet:	1333 (13 °C) kg/m ³
Flampunkt:	125,00 °C
Ångtryck:	0,31 kPa
Vattenlöslighet:	0,57 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 10000 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 0,58 mg/l vatten. Art: Salmo trutta
Akkumulerbarhet:	BCF = 397

Flouren



CAS-nr: 86-73-7

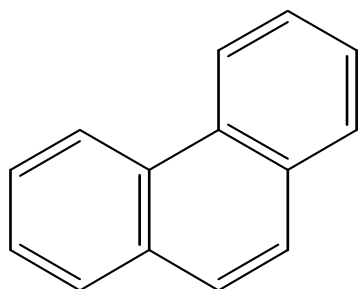
Flouren finns naturligt i fossilt bränsle. Ämnet är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön.

Flouren består av vita kristallina plattor som är fluorescerande när ämnet är orent.

Bruttoformel:	C ₁₃ H ₁₀
Molvikt:	166,22 g/mol
Kokpunkt:	296 °C
Smältpunkt:	116 – 117 °C
Flampunkt:	152,00 °C
Ångtryck:	0,000842 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet:	1,8 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ intraperitonealt mus: >2 g/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 0,82 mg/l vatten. Art: Oncorhynchus mykiss
Akkumulerbarhet:	BCF = 396

Fenantren



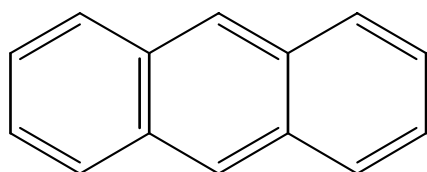
CAS-nr: 85-01-8

Fenantren finns bland annat i plast, gummi, fetter, smörjmedel, färg, lack och lim. Ämnet är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Fenantren består av färglösa platta kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel: $C_{14}H_{10}$
Molvikt: 178,23 g/mol
Kokpunkt: 340 °C
Smältpunkt: 101 °C
Densitet: 1172 kg/m³
Relativ gasdensitet: 6,14
Flampunkt: 171,00 °C
Ångtryck: 0,000014 kPa
Brytningsindex: 1,594
Vattenlöslighet: 31,7 mg/l

Toxikologiskt data: LD₅₀ oralt råtta: 700 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,03 mg/l vatten.
Ackumulerbarhet: BCF = 1760

Antracen

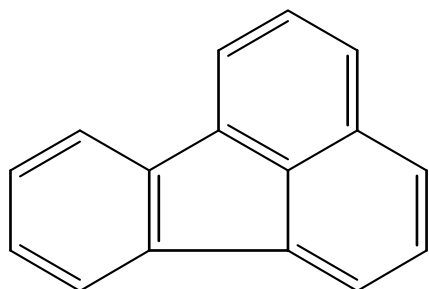


CAS-nr: 120-12-7

Antracen finns ibland annat plast, syntetgummi, fetter, smörjmedel, färg, lack och lim. Ämnet är upptaget på kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om låg nedbrytbarhet eller hög potential för bioackumulering. Ämnet får på grund av cancerrisk inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Antracen är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Antracen består av färglösa, flakformade kristaller med violett ljusutstrålning och är olösligt i vatten.

Bruttoformel: $C_{14}H_{10}$
Molvikt: 178,23 g/mol
Kokpunkt: 340 °C
Smältpunkt: 217 °C
Densitet: 1283 (25 C) kg/m³
Relativ gasdensitet: 6,15
Flampunkt: 121,00 °C
Tändpunkt: 540 °C
Explosionsområde: 0,6 – %
Ångtryck: 0,00043 kPa
Brytningsindex: 1,582
Vattenlöslighet: 1,29 mg/l

Toxikologiskt data: LD₅₀ oralt råtta: 3200 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,0119 mg/l vatten. Art: *Lepomis macrochirus*
Ackumulerbarhet: BCF = 1050

Fluoranten

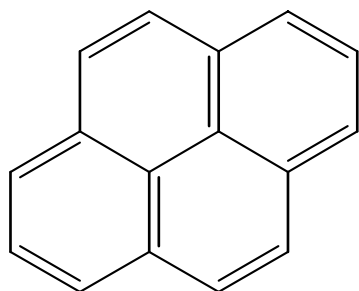
CAS-nr: 206-44-0

Fluoranten finns ibland annat råolja och fossila bränslen. Ämnet får pga cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Fluoranten är mycket farligt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön.

Fluoranten består av ljusgula kristaller.

Bruttoformel:	C ₁₆ H ₁₀
Molvikt:	202,26 g/mol
Kokpunkt:	384 °C
Smältpunkt:	111 °C
Densitet:	1250 kg/m ³
Flampunkt:	198,00 °C
Ångtryck:	0,000000922 (25 C) kPa
Vattenlöslighet:	0,21 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 2000 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 0,00398 mg/l vatten. Art: Lepomis macrochirus
Akkumulerbarhet:	BCF = 1862,09

Pyren

CAS-nr: 129-00-0

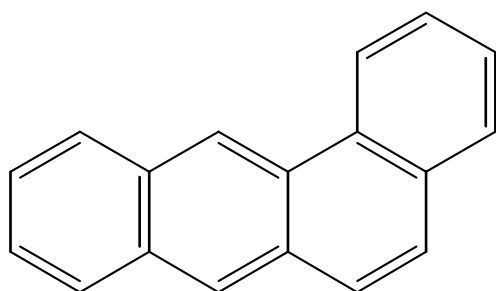
Pyren finns i bland annat dieselolja. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om låg nedbrytbarhet eller hög potential för bioackumulering och mycket hög giftighet för vattenlevande organismer då det kan orsaka mycket skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Pyren får pga cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten.

Pyren består av färglösa till ljusgula skivformade kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel:	C ₁₆ H ₁₀
Molvikt:	202,26 g/mol
Kokpunkt:	393 °C
Smältpunkt:	156 °C
Densitet:	1271 (23 C) kg/m ³
Relativ gasdensitet:	6,99
Ångtryck:	0,00000082 kPa
Vattenlöslighet:	0,2249 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 2700 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 0,0026 mg/l vatten. Art: Moskitfisk
Akkumulerbarhet:	BCF = 10000

Benso(a)antracen

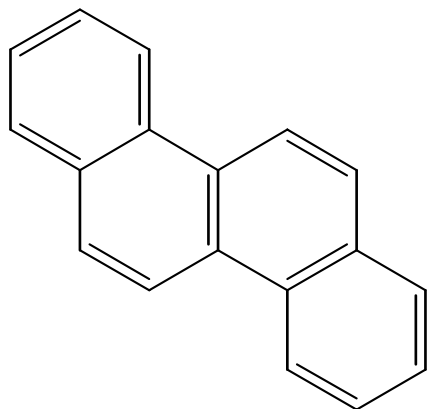


CAS-nr: 56-55-3

Benso(a)antracen finns i bland annat dieselolja. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om låg nedbrytbarhet eller hög potential för bioackumulering och mycket hög giftighet för vattenlevande organismer. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Benso(a)antracen får på grund av cancerrisken inte ingå i produkter avsedda för allmänheten. Ämnet består av gröngröna fluorescerande kristaller som är olösliga i vatten. Kristallerna är också svårlösliga i varm alkohol men lösliga i de flesta andra organiska lösningsmedel.

Bruttoformel:	C ₁₈ H ₁₄
Molvikt:	236,37 g/mol
Kokpunkt:	437,5 °C
Smältpunkt:	161 °C
Flampunkt:	21 – 55 °C
Ångtryck:	0,0000001 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet:	0,044 mg/l

Toxikologiskt data:	Otillräckliga uppgifter finns
Ekotoxikologiskt data:	Otillräckliga uppgifter finns
Akkumulerbarhet:	BCF = 1820

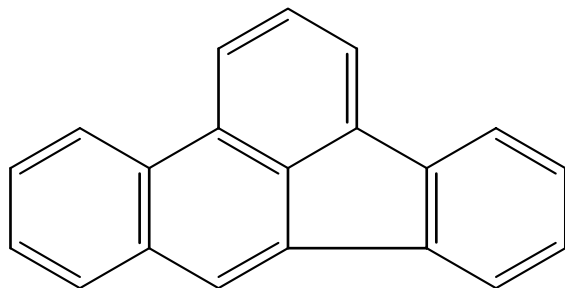
Krysen

CAS-nr: 218-01-9

Krysen finns i bland annat dieselolja. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om låg nedbrytbarhet eller hög potential för bioackumulering och mycket hög giftighet för vattenlevande organismer. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Krysen får på grund av cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Ämnet består av rödblå fluorescerande skivor som är olösliga i vatten.

Bruttoformel:	$C_{18}H_{12}$
Molvikt:	228,29 g/mol
Kokpunkt:	448 °C
Smältpunkt:	255 – 256 °C
Densitet:	1274 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	7,89
Ångtryck:	0,000000000623 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet:	0,017 mg/l

Toxikologiskt data:	cancerframkallande EG-kategori 2.
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: >1 mg/l vatten. Art: neanthes arenaceodentata
Akkumulerbarhet:	BCF = 6088

Benso(b)fluoranten

CAS-nr: 205-99-2

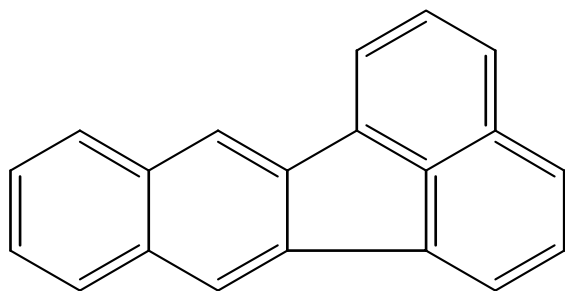
Benso(b)fluoranten finns i bland annat dieselolja. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga cancerframkallande egenskaper. Ämnet får på grund av cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för

allmänheten. Benso(b)fluoranten är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet består av nålformade kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel: $C_{20}H_{12}$
Molvikt: 252,32 g/mol
Smältpunkt: 168 °C
Vattenlöslighet: 0,0207 mg/l

Toxikologiskt data: Cancerframkallande IARC grupp 2B och EG-kategori 2
Ekotoxikologiskt data: Information saknas
Ackumulerbarhet: BCF = 5623

Benso(k)fluoranten



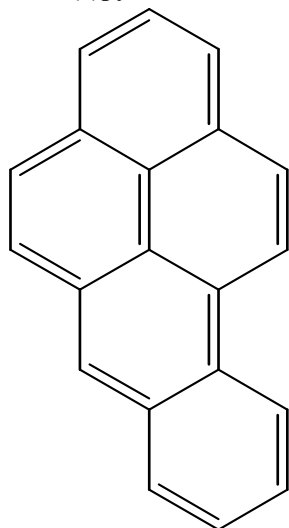
CAS-nr: 207-08-9

Benso(k)fluoranten finns i bland annat dieselolja. Ämnet får på grund av cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Ämnet är upptaget på EU:s över prioriterade ämnen inom området för vattenpolitik. Benso(k)fluoranten är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Ämnet är lösligt i organiska lösningsmedel.

Bruttoformel: $C_{20}H_{12}$
Molvikt: 252,32 g/mol
Kokpunkt: 480 °C
Smältpunkt: 217 °C
Ångtryck: mycket lågt kPa
Vattenlöslighet: 0,0108 mg/l

Toxikologiskt data: Ämnet kan ge cancer hos djur men dokumentationen för människa är bristfällig
Ekotoxikologiskt data: Information saknas
Ackumulerbarhet: BCF = 144b

Benso(a)pyren

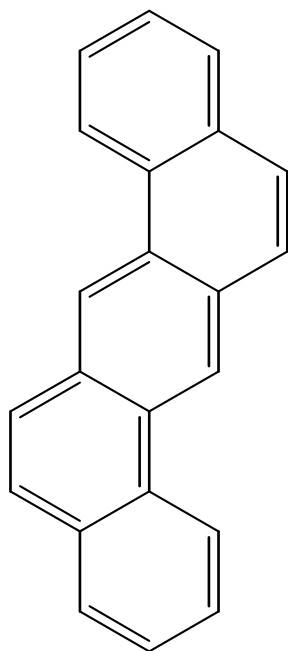


CAS-nr: 50-32-8

Benso(a)pyren används som komponent i färg och lacker inom verkstadsindustrin. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga cancerframkallande egenskaper. Benso(a)pyren kan också ge ärftliga genetiska skador, nedsatt fortplantningsförmåga, fosterskador. Ämnet är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet består av ljusgula nålformade kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel:	C ₂₀ H ₁₂
Molvikt:	252,32 g/mol
Kokpunkt:	496 °C
Smältpunkt:	178,1 °C
Densitet:	1316 kg/m ³
Ångtryck:	1,33 (311 °C) kPa
Vattenlöslighet:	0,047 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: >15 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 560 mg/l vatten.
Akkumulerbarhet:	BCF = 2657

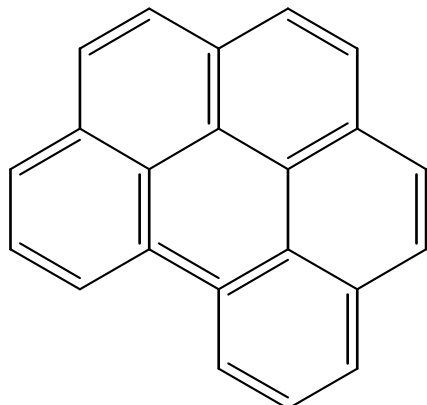
Dibenso(ah)antracen

CAS-nr: 53-70-3

Dibenso(ah)antracen finns i bland annat dieselolja. Ämnet får på grund av cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Dibenso(ah)antracen är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet består av färglösa, monoklina eller ortorombiska kristaller som är olösliga i vatten.

Bruttoformel:	C ₂₂ H ₁₄
Molvikt:	278,35 g/mol
Kokpunkt:	524 °C
Smältpunkt:	266 °C
Densitet:	1280 kg/m ₃
Ångtryck:	0,0000000001 kPa
Vattenlöslighet:	0,011 mg/l

Toxikologiskt data:	Cancerframkallande IARC grupp 2A och EG-kategori 2.
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ havsborstmask 96 h: >1 mg/l vatten.
Akkumulerbarhet:	Log P _{ow} = 6,39

Benso(ghi)perylene

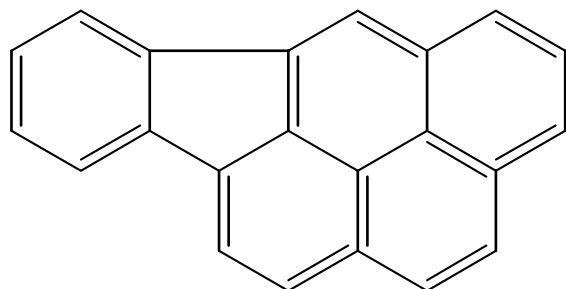
CAS-nr: 191-24-2

Benso(ghi)perylen ingår som en komponent i råolja och tjära men kan också bildas vid förbränning. Ämnet är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet är upptaget på EU:s lista över prioriterade ämnen inom området för vattenpolitik. Benso(ghi)perylen får pga cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Ämnet består av bleka gul-gröna kristaller.

Bruttoformel: $C_{22}H_{12}$
Molvikt: 276,34 g/mol
Kokpunkt: 550 °C
Smältpunkt: 277 °C
Ångtryck: 0,0000000001 (25 C) kPa
Vattenlöslighet: 0,00026 mg/l

Toxikologiskt data: Information saknas
Ekotoxikologiskt data: Information saknas
Ackumulerbarhet: BCF = 28840,32

Indeno(123cd)pyren

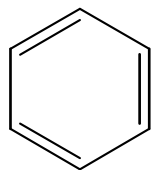


CAS-nr: 193-39-5

Indeno(123cd)pyren ingår i bland annat dieselolja. Ämnet får på grund av cancerrisken inte ingå i kemiska produkter avsedda för allmänheten. Ämnet är upptaget på EU:s lista över prioriterade ämnen inom området för vattenpolitik. Indeno(123cd)pyren är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Polycykliska aromatiska föreningar är vanligen färglösa, vita eller svagt gulgröna kristaller.

Bruttoformel: $C_{22}H_{12}$
Molvikt: 276,34 g/mol
Kokpunkt: 536 °C
Smältpunkt: 163 °C
Ångtryck: Mycket lågt kPa
Vattenlöslighet: 0,0025 mg/l

Toxikologiskt data: Cancerframkallande IARC grupp 2B
Ekotoxikologiskt data: Information saknas
Ackumulerbarhet: BCF = 28840

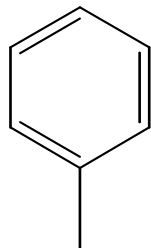
Övriga ämnen**Bensen**

CAS-nr: 71-43-2

Bensen ingår bland annat som komponent i motorbensin, limmer, färg och lacker samt som drivmedel för förbränningsmotorer. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om hög kronisk giftighet och cancerframkallande egenskaper. Bensen anses också vara giftig för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet är en färglös vätska med aromatisk lukt som är svårlöslig i vatten.

Bruttoformel:	C ₆ H ₆
Molvikt:	78,11 g/mol
Kokpunkt:	80,1 °C
Smältpunkt:	5,5 °C
Densitet:	880 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	2,70
Flampunkt:	-11,00 °C
Tändpunkt:	562 °C
Explosionsområde:	1,4 – 6,7 %
Ångtryck:	10,1 kPa
Brytningsindex:	1,5010
Viskositet:	0,654 mmPa*s
Vattenlöslighet:	1770 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 930 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 5,9 mg/l vatten. Art: Oncorhynchus mykiss
Akkumulerbarhet:	BCF = 135

Toluen

CAS-nr: 108-88-3

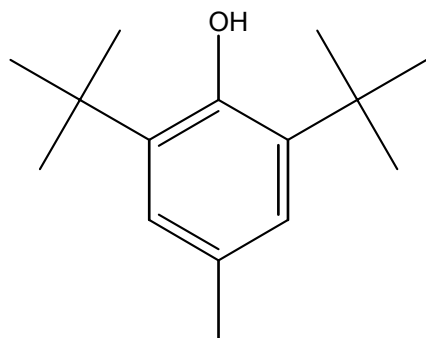
Toluen används bland annat som lösningsmedel inom gummiindustrin och avfettnings- och smörjmedel inom verkstadsindustrin. Ämnet är en färglös vätska som är olöslig i vatten.

Bruttoformel: C₇H₈

Molvikt:	92,14 g/mol
Kokpunkt:	110,6 °C
Smältpunkt:	-95,0 °C
Densitet:	865 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	3,18
Flampunkt:	4,40 °C
Tändpunkt:	535 °C
Explosionsområde:	1,2 – 7,0 %
Ångtryck:	2,89 kPa
Brytningsindex:	1,496
Vattenlöslighet:	534,3 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 636 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 6,3 mg/l vatten. Art: <i>Oncorhynchus kistutch</i>
Akkumulerbarhet:	BCF = 13

BHT (Butylhydroxitoluen)

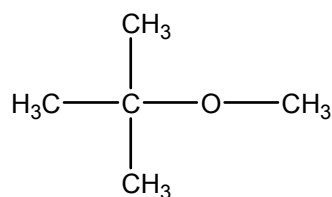


CAS-nr: 128-37-0

BHT finns bland annat som komponent i gummi, lacker, avfettningsmedel och smörjmedel inom verkstadsindustrin, som kyl- och smörjmedel för metallbearbetning samt som isoleringsmaterial för elektricitet. Ämnet är upptaget på Kemikalieinspektionens OBS-lista pga misstanke om låg nedbrytbarhet. BHT är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet är vitt och föreligger som kristallint eller som hårda flingor.

Bruttoformel:	C ₁₅ H ₂₄ O
Molvikt:	220,36 g/mol
Kokpunkt:	265 °C
Smältpunkt:	70 °C
Densitet:	1050 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	7,6
Flampunkt:	127,00 °C
Tändpunkt:	345 °C
Ångtryck:	0,002 kPa
Vattenlöslighet:	0,4 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 890 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 48 h: 5 mg/l vatten. Art: <i>Oryzias Latipes</i>
Akkumulerbarhet:	BCF = 25

MTBE (Metyl-tert-butyleter)

CAS-nr: 1634-04-4

MTBE används som tillsats i motorbensin där den dels kan användas som blyersättning och dels som antifrysmedel vintertid samt som drivmedel i förbränningsmotorer. Ämnet står på EU:s tredje prioriteringslista och kan i framtiden bli föremål för skärpta regler. MTBE är en färglös vätska med karaktäristisk lukt. Ämnet har låg luktröskel på 0,05 – 0,2 ppm och är lättflyktigt.

Bruttoformel:	C ₅ H ₁₂ O
Molvikt:	88,15 g/mol
Kokpunkt:	55,2 °C
Smältpunkt:	-108,6 °C
Densitet:	740,7 kg/m ³
Relativ gasdensitet:	3,04
Flampunkt:	-28,00 °C
Tändpunkt:	385 °C
Explosionsområde:	1,6 – 15,1 %
Ångtryck:	26,8 kPa
Brytningsindex:	1,3685
Vattenlöslighet:	51000 mg/l

Toxikologiskt data:	LD ₅₀ oralt råtta: 3000 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data:	LC ₅₀ fisk 96 h: 110 mg/l vatten. Art: pimephales promelas
Akkumulerbarhet:	BCF = 15

Koppar

CAS-nr: 7440-50-8

Koppar används som träsnyddsmiddel och vissa andra bekämpningsmedel (antifoulingmedel), metallytbeläggningsmedel, färgämne, pigment och gödselmedel. Ämnet är en komponent i smörjmedel, färg och lacker inom verkstadsindustrin och inom galvanoteknisk verksamhet.

Koppar är en rödaktig till brun metall som är mycket formbar, leder värme och elektrisk ström bra. Ämnet är olösligt i vatten. Koppar kan reagera med t ex: klor, klortrifluorid, fluor, svavelsyra och kaliumdioxid. Koppar får ej släppas ut så att det skadar grundvatten. Koppar i pulverform bedöms som mycket giftigt för fisk och/eller andra vattenorganismer.

Bruttoformel:	Cu
Molvikt:	63,55 g/mol
Kokpunkt:	2595 °C
Smältpunkt:	1083 °C
Densitet:	8960 kg/m ³
Tändpunkt:	ej brännbar
Ångtryck:	0,00000000424 (25 C) kPa

Vattenlöslighet: ca 0 mg/l
Jonisationsenergi: 752 kJ/mol
Smältentalpi: 12 kJ/mol

Toxikologiskt data: rekommenderat dagligt intag för vuxna: 2-3 mg
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,017 mg/l vatten. Art: Regnbågslox
Ackumulerbarhet: BCF = 29

Zink

CAS-nr: 7440-66-6

Det främsta användningsområdet är galvanisering av stål och korrosionsskydd i övrigt. Därefter följer mässingsprodukter, formgjutna produkter, färger, aktivatorer till vulkning av gummidäck, torrcellsbatterier, offeranoder och fodertillsatser. Zink är en blåvit, mjuk metall med begränsad ledningsförmåga. Metallen är relativt spröd som gjuten. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Zink har måttlig till hög bioackumulering i vattenorganismer, men ger ingen biomagnifikation i näringskedjan.

Bruttoformel: Zn
Molvikt: 65,38 g/mol
Kokpunkt: 908 °C
Smältpunkt: 419,58 °C
Densitet: 7133 kg/m³
Relativ gasdensitet: 7,14
Explosionsområde: >500 g/m³
Ångtryck: 1,333 (487 °C) kPa
Jonisationsenergi: 913 kJ/mol
Smältentalpi: 7,4 kJ/mol

Toxikologiskt data: rekommenderat dagligt intag för vuxna: 12 mg
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,116 mg/l vatten.
Ackumulerbarhet: BCF = 92

Kadmium

CAS-nr: 7440-43-9

Det största användningsområdet för kadmium är batterier. Kadmium finns också som komponent vid korrosionsskyddande ytbehandling samt som färgämne och pigment. Ämnet är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Kadmium är en silvervit/blåaktig metall som är olöslig i vatten men löslig i syror. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Kan bioackumuleras. Zink ökar giftigheten av kadmium för vattenorganismer.

Bruttoformel: Cd
Molvikt: 112,41 g/mol
Kokpunkt: 765 °C
Smältpunkt: 321 °C
Densitet: 8640 kg/m³
Relativ gasdensitet: 8,65
Tändpunkt: 250damm °C

Ångtryck: 0,000000000414 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet: 122800 mg/l
Jonisationsenergi: 874 kJ/mol
Smältetalpi: 6,4 kJ/mol

Toxikologiskt data: LD₅₀ Oralt råtta: 2330 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,007 mg/l vatten. Art: Oncorhynchus mykiss
Ackumulerbarhet: BCF = 28

Krom

CAS-nr: 7440-47-3

Kroms huvudsakliga användningsområde är i rostfritt stål men ingår även i träskyddsmedel, krominnehållande kemikalier för garvning av läder, förkromning, metallytbehandling, syntesråvaror och färger. Ämnet används också färgämnen och pigment. Krom är en blåvit metall som är olöslig i vatten. Det är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön.

Bruttoformel: Cr
Molvikt: 51 g/mol
Kokpunkt: 2672 °C
Smältpunkt: 1890 °C
Densitet: 7190 kg/m³
Relativ gasdensitet: 7,14
Ångtryck: 0,000000000424 (25 °C) kPa
Vattenlöslighet: 40000 mg/l
Jonisationsenergi: 659 kJ/mol
Smältetalpi: 21 kJ/mol

Toxikologiskt data: LD₅₀ oralt råtta: 19,8 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 3,4 mg/l vatten. Art: Regnbågslox
Ackumulerbarhet: BCF = 200

Nickel

CAS-nr: 7440-02-0

Nickel används huvudsakligen till framställning av rostfritt stål men finns också i användningsområden för legeringar, gjutgods, förnickling, batterier, katalysatorer och som metallytbeläggningsmedel. Nickel är en silvervit hård metall som är svårslöslig i vatten. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet. Nickel har en liten tendens att bioackumuleras i fisk.

Bruttoformel: Ni
Molvikt: 59,69 g/mol
Kokpunkt: 2732 °C
Smältpunkt: 1453 °C
Densitet: 8900 kg/m³
Ångtryck: 130 (1810 °C) kPa
Vattenlöslighet: 421600 mg/l

Jonisationsenergi: 743 kJ/mol
Smältentalpi: 18 kJ/mol

Toxikologiskt data: LD₅₀ oralt råtta: >5000 mg/kg kroppsvikt
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: >100 mg/l vatten. Art: brachydanio rerio
Ackumulerbarhet: BCF = 16

Bly

CAS-nr: 7439-92-1

Det största användningsområdet är bilbatterier och andra ackumulatörer (ca 75%). Andra användningsområden är ammunition, fiskesänken, elektronik, vikter, akabelmantling, metallegeringar, tillsatser i plast, färg och rostskydd. Bly är mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Ämnet får inte släppas ut så att det kan skada grundvattnet.

Bruttoformel: Pb
Molvikt: 207,2 g/mol
Kokpunkt: 1744 °C
Smältpunkt: 327,5 °C
Densitet: 11300 kg/m³
Relativ gasdensitet: 11.34
Ångtryck: 0,13 (973 °C) kPa
Vattenlöslighet: 140 mg/l
Jonisationsenergi: 722 kJ/mol
Smältentalpi: 4,8 kJ/mol

Toxikologiskt data: Cancerframkallande IARC grupp 2B
Ekotoxikologiskt data: LC₅₀ fisk 96 h: 0,14 mg/l vatten. Art: Oncorhynchus mykiss
Ekotoxvärdet gäller fri blyjon, ej metall!
Ackumulerbarhet: BCF = 45

Referenser




- [1] Högskolan i Jönköping
Ingenjörshögskolan
Databaser, *kemi*
- [2] ToxNet <http://toxnet.nlm.nih.gov> (Acc. 2003-01-05)

Rådata analysresultat

- Vattenanalyser

Tabell 1 Analysresultat för vattenanalyser för salter, metaller och PAH:er.

Lokal		Na	Cl	Pb	Cr	cd	Cu	Ni	Zn	PAH, summa
	mån	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Gyllingbäcken Kopparp	okt *	5,46	7,8	0,113	0,04	<0,002	0,96	0,61	1,58	
	nov	5,61	9,5	0,084	0,048	0,0131	0,413	0,54	1,03	<0,42
	dec	6,31	10,3	0,132	0,085	0,0216	1,41	0,68	3,18	<0,42
	jan	6,41	10,9	0,1	0,075	0,0124	0,74	0,58	1,86	
	feb	5,96	10,3	0,048	0,077	0,0037	0,971	0,59	0,83	
Gyllingebäcken nedströms E4	okt	74,9	206	0,088	0,038	0,0148	0,977	0,68	6,42	
	nov	101	191	1,48	0,696	0,0462	4,36	1,49	10,8	<0,42
	dec	12,9	23	0,037	0,07	0,0115	1,15	0,62	1,58	<0,42
	jan	13,2	23,1	0,193	0,144	0,0138	1,33	0,6	3,03	
	feb	14	27,2	0,156	0,116	0,0133	1,39	0,6	3,29	
Gyllingebäcken uppströms E4	feb	8,78	14,9	0,048	0,08	0,0044	1,14	0,59	1,1	
Gudmunderyd	okt *	22,4	32,7	0,328	0,093	0,0029	2,22	1,72	2,72	
	nov	23,2	43,4	0,258	0,283	0,0217	2,36	1,38	3,63	<0,42
	dec	17,6	33,8	0,152	0,28	0,0239	2,21	1,05	3,61	<0,42
	jan	19,2	40,6	0,31	0,197	0,0195	1,89	1,02	3,08	
	feb	16,2	32	0,505	0,207	0,0485	2,52	0,99	9,68	
Gudmunderyd, nedströms E4	okt	65,1	75,6	5,19	0,583	0,0204	8,5	1,4	8,4	
	nov	82,9	176	0,062	0,082	0,0136	1,08	0,43	1,44	<0,42
	dec	27	53,6	0,249	0,181	0,0206	2,17	0,82	3,8	<0,42
	jan	76,4	148	0,624	0,399	0,0247	2,33	1,13	5,22	
	feb	36,2	74	0,119	0,096	0,0128	1,39	0,55	2,68	
Gudmunderyd, nedanför dammen	feb	17,5	35,8	0,95	0,229	0,0473	3,14	1,15	7,35	
Trend		++++	++++	---	---	---	---	---	---	
		++++	++++	+++	---	---	---	---	---	

 = klass 3 enligt bedömningsgrunderna
 = klass 4 enligt bedömningsgrunderna
 = klass 3 enligt bedömningsgrunderna
 = fet stil anger misstänkt förhöjd halt

- *Sedimentanalyser*

Tabell 2 Analysresultat för sedimentanalyser för salter, metaller, PAH:er och kolväten.

Lokal		Cd	Cr	Cu	Cr	Ni	Pb	Zn
	månad	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)
Gyllingbäcken Kopparp	okt	1,32	10,6	62,7	10,6	25,6	20,7	115
Gyllingebäcken nedströms E4	okt	1,64	9,11	29,5	9,11	18,7	21,4	319

Lokal		Cl	Na	MTBE	PAH, summa	Toluen	Bensen
	månad	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)	(mg/kg TS)
Gyllingbäcken Kopparp	okt	350	330	<0,050	0,09	<0,20	<0,020
Gyllingebäcken nedströms E4	okt	2100	1200	<0,050	<0,37	<0,20	<0,020