

DAGVATTENKVALITETEN I ANSLUTNING TILL HAMNOMRÅDET I VÄSTERÅS

Stormwater quality in the harbour area of Västerås

av HENRIK JACOBSON, ÅKE FORSBERG och TOMMY ODELSTRÖM
Institutionen för Samhällsteknik, Mälardalens Högskola, Box 883, 721 23 Västerås, Sweden
e-post: henrik.jacobson@mdh.se, ake.forsberg@mdh.se, tommy.odelstrom@mdh.se



Abstract

Storm water can contain pollutants that cause harmful health- and environmental disturbances. In a harbour area, the quality of storm water can be difficult to allocate from the harbours activity in comparison to other external activities, from neighbouring enterprises etc. This is because of the location of the harbour area, which usually is placed close to the recipient. In this study a freshwater harbour and a specific part of its catchment area is examined, which includes a storm water system. To define the storm water quality, it is usual to take water samples. But in this study the samples is taken in torrent of the water. The purpose with this study is trying to identify sources of pollutant in the present storm water system. To day all costs of the pollution is paid by the harbour company, regardless of the polluter pays principles, which says that every polluter have to pay for their pollutions. Most difficult in assessing storm water is that there are no indexes to storm water, to compare the water quality with, as there is in lake and stream water.

Key words – stormwater, freshwater, harbour, shipping, ecoscope

Sammanfattning

Dagvattenkvaliteten i hamnområden är ofta svår att definiera på grund av att hamnen ofta ligger inom industriområden med flera angränsande verksamheter och aktörer sammankopplade i samma avlopp och dagvattenssystemet. Eftersom hamnen ligger närmast recipienten påverkas mätresultatet i hamnens provtagningspunkt av samtliga i avlopps- och dagvattenssystemets tillförda föroreningar, vilket utgör svårigheter att få en tydlig bild av enbart hamnverksamhetens miljöpåverkan av vattnet. Bedömningsgrunder för vattenkvalitet i dagvatten och avloppsvatten är svårdefinierbara. De bedömningsgrunder som finns bygger på ett statistiskt material som utgår från olika provtagningar gjord i dag- och avloppsvatten system runt om i Sverige. Däremot i naturvatten finns goda underlag till vattenkvalitetsbedömningar i form av gränsvärden och normer vilka är vedertagna i litteraturen. I Västerås har hamnbolaget under några års tid haft hela ansvaret för mätning av förorenat vatten i områdets dagvattenssystem. Detta gäller även de föroreningar som inte härstammar från hamnens egen verksamhet, utan även från den omkringliggande. Juridiskt sett strider detta mot de allmänna hänsynsreglerna om att förorenaren betalar som beskrivs i miljöbalken. Kostnaderna har lagts på en enskild aktör för ett helt avlopps- och dagvattenssystem, där flera aktörer bidrar till miljöbelastningen. Detta har skett med förvändningen att hamnen är enskilt största verksamhet som bidrar med de största utsläppen av föroreningar till vattnet, vilket denna studie visar vara det motsatta förhållandet.

Inledning

Initiativet till denna studie togs av Mälarenhamnar AB och Mälarenergi AB i Västerås gemensamt. Detta på grund av att man under flera år misstänkt att vattnet i Kapellbäcken är kraftigt kontaminerat och att stora

mängder förorenat vatten från Västerås västra utkanter rinner ner genom dagvattenssystemet och under hamnområdet, för att senare utan rening nå hamnbassängens vatten. I flera års tid har hamnbolaget tagit stickprover på vattnet i den brunn som definieras DK5. Resultaten har sedan redovisats till stadens miljö och hälsoskydds-

kontor. Stickprover av vatten är de prover som tas direkt ur ett vatten utan hänsyn till förändringar i vattenkvaliteten under en längre tidsperiod. Därför visade det sig intressant att göra nya mätningar i vattenflödet under en längre tid. Den problemställning som hamnbolaget ansåg var mest aktuell att utreda, var hur mycket av eventuella föroreningar som härstammar från hamnverksamheten och hur mycket som härstammar från externa källor utanför hamnområdet. Mälarenenergi AB som har det övergripande ansvaret för dagvatten och avloppsnätet i Västerås, ansåg frågan berättigad och viktig att få utredd även från deras utgångspunkt. Från den lokala tillsynsmyndigheten har även problemet uppmärksammats sedan tidigare. Dessutom visade ytterligare en aktör sitt intresse i frågeställningen, Svensk Oljeåtervinning AB med sina stora oljecisterner strax utanför hamnområdet. Företaget arbetar med återvinning av olja och intresset för hur mycket olja som eventuellt kan passera obemärkt ut genom deras oljeavskiljare var viktigt för dem att få bekräftat och kvantifierat. Vid ett sammanträde där parter från Länsstyrelsen i Västmanlands län, Institutionen för Samhällsteknik vid Mälardalens Högskola och Hamnbolaget deltog i fattades beslutet att en undersökning av vattenkvaliteten i Kapellbäcken och det avloppssystem som är knutet därtill skulle genomföras. Uppgiften att göra mätningar och utreda frågan tilldelades Institutionen för Samhällsteknik vid Mälardalens Högskola, och analyser av ekoskop till ALcontroll AB i Linköping. Högskolans roll i projektet skulle knytas till det forskningsprojekt, vid samma institution, som behandlar de ekologiska risker med handelssjöfart på Mälaren som kan förekomma.

Material och metod

Innan själva studien satte igång utarbetades en provtagningsstrategi för hur de praktiska provtagningsåtgärderna skulle gå till. Det grundmaterial som fanns att utgå ifrån var mätresultat från de vattenprover som hade tagits i hamnen mellan åren 2000 och 2003. Till dessa resultat skulle även undersökningen om vattenkvaliteten i hamnbassängen och farleden under 2004 sammanfogas (Jacobson 2005). Provtagningarna i hamnen som bolaget själv ombesörjt hade skett en gång per år i syfte att upprätthålla egenkontrollen på hamnens avloppsvatten. Eftersom studien skulle inrikta sig främst på vattenkvaliteten i dagvattnet som kommer från källor utanför hamnområdet, planerades utplaceringarna av ekoskopen i avrinningsområde noga. Viktigast var provtagningarna före passagen genom hamnområdet. Som hamnens kontrollpunkt valdes DK5-brunnen, som ligger centralt placerad inom hamnområdet.

Innan utsättningen av ekoskopen gjordes en enkel

vattenprovtagning (Figur 1), samt provtagning av botten sediment för att undersöka förekomster av bottenfauna och dess arttäthet. Både vattenproverna och bottenproverna analyserades på institutionens forskningslaboratorium. De första provtagningarna gjordes i början av september 2004, och utfördes i Kapellbäckens nordvästra del. Den andra provpunkten var vid slutet av Kapellbäcken (Figur 1). Både vattenproverna togs i vederbörlig ordning av ytvatten, mitt i strömfåran, enligt standard. Avståndet mellan dessa provpunkter beräknades med hjälp av avloppssystemkarta och en hand-GPS till ungefär 750 meter. Eftersom strömfåran har en ore gelbunden sträckning, beräknades vattnets transportsträcka mellan provpunkterna till ungefär 1100 meter, längs strömfåran. Även denna sträcka mättes med hjälp av hand-GPS. För vattendjup användes ett handekolod som visade på ett vattendjup på 1–2 meter i uppströms lokal och på ungefär 0,2 meter i nedströms lokalen. En säkerhetsmarginal på dessa mätvärden beräknades vara ungefär $\pm 5\%$.

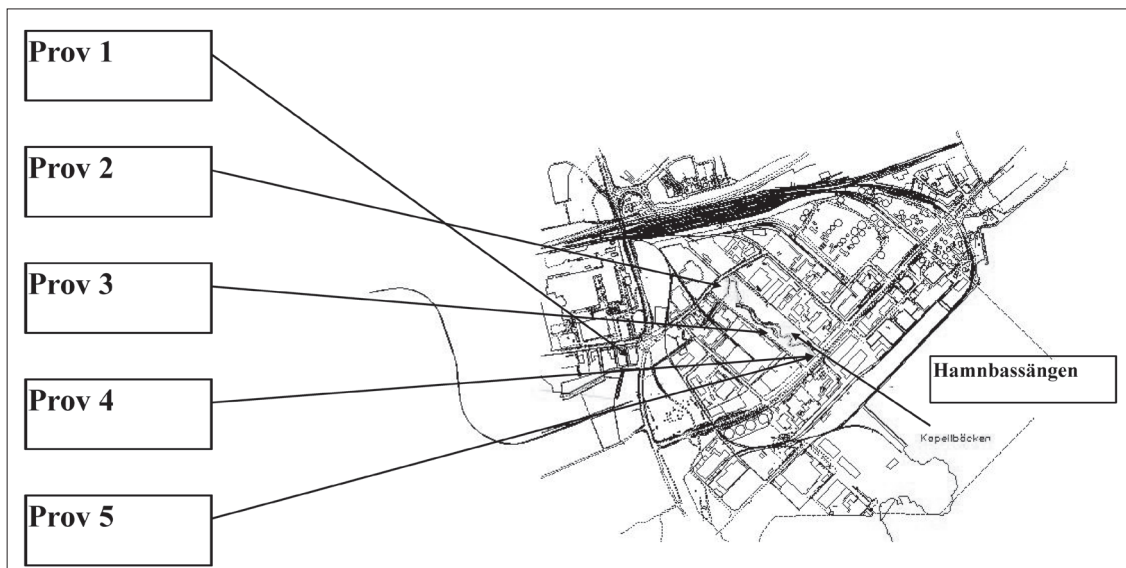
Bottenfaunaproverna togs med hjälp av handhåv med en maskstorlek på 1,5 mm. På grund av det låga vattenståndet i den nedre provpunkten visade det sig nödvändigt att plocka botten djuren för hand från fyra slumpmässigt utvalda stenar med 10–15 centimeters diameter. De bottenlevande djur som hittades, räknades och arbetstämades med hjälp av litteratur på institutionens ekologi laboratorium.

Samtliga prover av både vatten och bottenfauna omhändertogs för analys redan samma dag som de hämtats. Dock gjordes kväveanalysen dagen därpå på grund av tidsbrist. Under natten förvarades vattenproverna i kylskåp. Vattenproverna analyserades i en Spectrofotometer modell Dr Lange ISIS 9000 MDA, med avseende på zink, koppar, järn, klorid, fosfatfosfor, totalfosfor, totalkväve och COD_{Cr}.

Värdet av pH uppmättes med Metrohm pH Meter 691 enligt standard SS 02 81 22, och konduktiviteten med konduktmeter Schott T0659 enligt standard SS-EN 27888. För att säkerställa erhållna mätvärden togs ytterligare vattenprover i mitten av oktober 2004 på grund av att de första proverna visade en oväntad hög kloridhalt. Vid detta tillfälle togs tre vattenprover för att säkerställa tillförlitligheten i värdena ytterligare jämfört med de föregående proven.

Översiktsbeskrivning

Nedan beskrivs provtagningsområdet i form av en enkel karta (Figur 1). Mätpunkterna är markerade med prickar. DK 5-brunnen är placerad i centrum av hamnområdet. Provpunkten vid oljekajen finns inte med i figuren utan är placerad öster om provpunkt 2 (Figur 1).



Figur 1. Utplaceringen av vattenprovtagningsplatserna i Kapellbäcken. Kartan är en egen bearbetning av Mälarenergis ritning över dagvattensystemet i Västra Västeraås. 2005. Avståndet mellan prov punkt 2 och provpunkt 3 är 600 meter fågelvägen.

Kapellbäcken

Kapellbäcken ligger i ett skogsområde med jordvallar på vardera sidan. Jordvallarna är bevuxna med lövsly och träd. Bredden på bäcken är mellan 5 och 6 meter. Kapellbäcken anknys på flera ställen av dagvattensystemet ifrån Västerås nordvästliga delar. Upptagningsområdet för vattensystemet är stort och kan enligt kartor beräknas till ungefär 1600 hektar.

Provtagning med ekoskop

För att få en bättre kunskap över föroreningarna i vattenflödet under en längre tidsperiod användes s.k. Ekoskop. Ekoskop används främst till provtagningar av organiska föreningar och metaller. De kan således ta upp ett stort antal föreningar och grundämnen som förekommer i vattnet. Den aktiva delen av ekoskopet är en jonbyrtarmassa som ligger inneslutet i ett lösningsfyllt membran. Ekoskopet tar upp ämnen både från kontinuerliga, som från tillfälliga, utsläpp, under en längre tid. Därför fungerar provtagaren bäst i rinnande vatten.

Resultaten som redovisas nedan är upptagna substansmängder under den tid som ekoskopet varit under vattnet. Mängderna av de upptagna ämnena är proportionella mot deras medelkoncentrationer under hela exponeringsperioden. Däremot visar inte resultaten direkt de aktuella halterna i vattnet under provtagningsperioden. Därför måste resultatet bearbetas så att mätvärdena kan användas i jämförelse mellan de olika provtagningspunk-

terna i vattensystemet. På så sätt kan man förhoppningsvis finna den utsläppskälla som bidrar mest till miljöbelastningen av respektive förorening.

Provtagning med ekoskop i Kapellbäcken

I denna studie placerades 17 stycken ekoskop ut i Kapellbäckens vattensystem, och ett ekoskop vid oljekajens mynnning, till Mälaren. Fem av dessa lades i Kapellbäckens huvudfåra. De övriga ekoskoperna fördelades främst i dagvattenbrunnar men ett fåtal även i öppet vatten, då fastbundna i vegetation vid vattenkanten.

Samtliga mätpunkter identifierades med ett E nummer (Tabell 1). Varje E nummer motsvarar ett ekoskop. Till presentationen över provtagningsplatserna beskrivs först ekoskopets identifikationsnummer, därefter om flödet är huvudflöde eller biflöde, samt slutligen brunnens identifikationsnummer, i vilken ekoskopet placerats. Figur 2 beskriver hur Kapellbäcken och dess anknutna avlopps- och dagvattensystem ser ut.

Av kostnadsskäl delades omfattningen av analyserna upp i olika nivåer. Den lägsta och enklaste nivån innehöll grundläggande analyser av sju metaller i tretton punkter, samt organiska opolära föreningar. Dessa sju metaller var Hg, Cd, Pb, Zn, Cr, Ni och Cu. I nästa analysnivå innefattades en mera omfattande bestämning av både metaller och opolära föreningar som togs i tre speciellt utvalda punkter. Dessa punkter benämns E 5040, E 5043 och E 5047. Till punkten E 5040 kom-

Tabell 1. *Provtagningspunkter i Kapellbäcken och vid Oljekajen, Västra hamnen. X betyder att provtagningspunkten är belägen vid ett biflöde till Kapellbäcken. * DK5 är Mälarderhamnar AB:s benämning, DK=Dagvatten Kapellbäcken*

Ecospokenummer	Biflöde	Brunnsnummer
E 5028	X	DNB 2760
E 5029		DNB2818
E 5030		DK5* <i>norr</i>
E 5031		DIN54, 55
E 5032	X	DUT99
E 5033	X	DNB5172
E 5034	X	DNB5235
E 5035	X	DNB2780
E 5036	X	DNB5222
E 5037	–	–
E 5039	–	–
E 5040		DUT287
E 5041		DK5* <i>syd</i>
E 5042	X	DNB5130
E 5043	X	DNB5259
E 5045	X	DNB5423
E 5046	X	DNB5219
E 5047	X	DNB5455

mer vattnet från både bostads- och industriområden. Till punkt E 5043, vars vatten är ett biflöde till Kapellbäcken, kommer vattnet från ytterligare ett industriområde. Den sista punkten E 5047, som också den är ett biflöde till Kapellbäcken, kommer vattnet från ett tredje industriområde. I dessa tre utvalda provtagningspunkterna analyserades förutom organiska opolära föreningar även 73 grundämnen utvalda i samarbete med ALcontrol. Analyserna av organiska opolära föreningar omfattar alifater, xylener, PAH:er (12 stycken), klorbensener, alkylerade bensener, etylbensen, ftalater samt nonylfenol.

Vanligtvis brukar man använda den amerikanska standarden där 16 stycken PAH:er ingår, men i denna studie kunde bara 12 stycken PAH:er undersökas, eftersom ekoskopen visats sig ha en dålig känslighet för fler (www.hach-lange.se).

Ekoskop benämnd nolla, är ett referens ekoskop som förvarats förslutet i avjoniserat vatten i kylskåp hos ALcontrol för att kunna användas som jämförelse vid analys av exponerade ekoskop. Analysföretaget som utförde analyserna av ekoskopen rekommenderade en mättid av minst 4 veckor i dagvatten. På grund av julhelger och det relativt låga vattenflödet i bäcken och dag-



Figur 2. *Provtagningspunkterna för ekoskopen i vattensystemet kring Kapellbäcken. Hamnen ligger placerad strax norr om Johannisberg, i anslutning till Mälaren. Kartan är bearbetad utifrån Mälarenergis vattensystemkarta, 2005. Figur 1 ger en tydligare bild av området kallad Sjöhagen, och ses som ett komplement till figur 2.*

Tabell 2. Resultat vattenprovtagning i två punkter på Kapellbäcken. Proverna är tagna vid vattenytan och cirka 10 centimeter från botten av strömfåran. Analyserna är utförda på Dr Lange (September 2004).

	Provpunkt			
	1 (uppströms)		5 (nedströms)	
	Yta	Botten	Yta	Botten
pH	8,6	8,7	8,4	8,8
Konduktivitet [mS/m]	26,4	25,4	26,0	27,0

vattensystemet beslutades ekoskopen få ligga kvar under en tidsperiod av 6 veckor för att garantera en så god genomsnittlig genomströmning av vatten som möjligt i förhållande till årstid och vattenstånd.

Rankning av mätresultat

Utifrån det grundläggande metallpaketet och metallscreeningen utverkades en rangordning av provpunkterna. Detta uttan hänsyn till grad av avvikelser från nollan eller metallernas toxicitet, enligt Larms modell (Larm, 1994).

Resultatet av den kompletterande ytvattenprovtagningen visas i tabell 4.

Provtagning med ekoskop

Resultaten av metallanalyserna från 13 provpunkter illustreras i tabell 6. Dock visade det sig när ekoskopen skulle inhämtas för analys, att två av ekoskopen försvunnit under provtagningstiden. Därför ersattes dessa med nya ekoskop för en kompletterande mätning av ytterligare 4 veckor. I denna provtagningsnivå identifierades de två potentiellt mest påverkade punkterna, nämligen E 5030 samt E 5041, vilka är identifierade som DK5 brunnen på hamnområdet. DK 5-brunnen representerar hela vattensystemets påverkansgrad.

Provpunkt E 5033 visade på högst mätvärde av koppar och relativt högt värde för zink, medan punkterna E 5035 och E 5043 visade på relativt höga värden av zink. När det gäller förekomst av bly hade provpunkt E 5046 höga mätvärden. Detta gäller även zink och koppar.

Resultatet av den mer omfattande metallanalysen av 73 grundämnen vid tre provtagningspunkter presenteras i tabell 7.

Provpunkt E 5047 visade på mycket höga värden av bly och aluminium, men även förekomst av arsenik och krom kunde detekteras. Förekomst av mangan och strontium påträffades i 3 provpunkter, nämligen E 5040, E5043 samt E 5047.

Tabell 3. Resultat vattenprovtagning tagna i Kapellbäcken vid tre provpunkter. Samtliga prover är tagna av ytvatten, uppströms bäcken, vid dess mitt samt nedströms bäcken i anslutning till den kulvert som knyter an till hamnen. Analyserna är utförda på Dr Lange (September 2004).

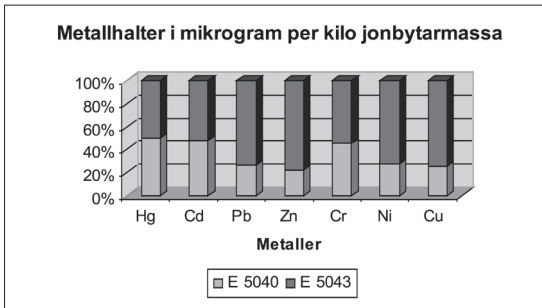
	Provpunkt		
	2 (uppströms)	3 (mitten)	4 (nedströms)
Klorid [mg/l]	37	41	38
Fe ²⁺ [mg/l]	0,52	0,51	0,56
Totalfosfor [mg/l]	0,15	0,17	0,20

Tabell 4. Resultat vattenprovtagning, taget med rendiskad plastflaska strax vid ytan samt cirka 10 centimeter från botten av strömfåran. Analyserna är gjorda på Dr Lange enligt sedvanligt standard, vid Institutionens forskningslaboratorium (Oktober 2004).

	Provpunkt			
	1 (uppströms)		5 (nedströms)	
	Yta	Botten	Yta	Botten
CODCr [mg/l O ₂]	24	14	15	9,7
Zink [mg/l]	0,24	0,19	0,23	0,22
Koppar [mg/l]	0,51	0,52	0,50	0,48
Klorid [mg/l]	25	25	25	26
Fosfatfosfor [mg/l]	0,10	0,16	0,17	0,17
Totalfosfat [mg/l]	0,29	0,41	0,51	0,50

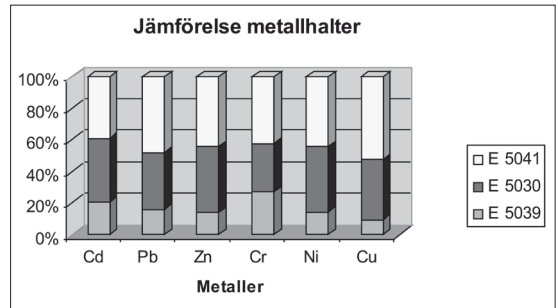
Tabell 5. Resultat bottenfauna, tagna med handhåv uppströms och på stenar nedströms. Antalet räknade med hjälp av mikroskop på ekologilaboratoriet vid Institutionen. Arterna är bestämda enligt artnycklar och vedertagen litteratur (Kapellbäcken, September 2004).

Art	Antal
Provpunkt 1 (uppströms)	
Hundiglar (<i>Erpobdella octoculata</i>)	5
Bithyniasnäckor (<i>Bithynia tentaculata</i>)	3
Vattengräsuggor (<i>Asellus aquaticus</i>)	3
Sävsländelarver (<i>Sialidae</i>)	1
Glattmaskar (<i>Tubificidae</i>)	35
Fjädermygglarver (<i>Chironomidae</i>)	2
Nattsländelarver (<i>Trichoptera</i>)	1
Provpunkt 5 (nedströms)	
Hundiglar (<i>Erpobdella octoculata</i>)	4
Allmän broskigel (<i>Glossiphonia complanata</i>)	1
Tvåögd broskigel (<i>Helobdella stagnalis</i>)	1
Vattengräsuggor (<i>Asellus aquaticus</i>)	10
Fjädermygglarver (<i>Chironomidae</i>)	2



Figur 3. Totala metallhalten i $\mu\text{g/Kg}$ jonbyttarmassa fördelad på 7 metaller i två mätpunkter. I figuren ser man hur metallkoncentrationen ökar i E 5043 i förhållande till E 5040. E 5040 är placerad uppströms industriområdet Saltängen och E5043 är placerad strax nedan industriområdet, före vattendraget knyter till själva Kapellbäcken. Syftet med placeringarna är att få en bild över förändring av metallförekomsten inom industriområdet Saltängen.

För att få en förståelse över påverkningsgraden av metaller i vattensystemet presenteras ett enkelt diagram (Figur 3) som representerar två mätpunkter inom huvudflödet i vattensystemet. Figuren kan förklaras belysa ökningen av metallförekomsten i respektive provpunkt. Utgångspunkten ligger på den totala utsläppsmängd av angivna metaller. Vid en analys av respektive mätpunkt ser man att metallhalten ökar i E 5043 jämfört med E 5040. Man kan se 50 % gränsen som ett slags noll indexgräns.



Figur 4. Jämförelse av metallhalterna mellan inloppet till kulverten vid E 5039 som går under hamnområdet och DK 5 brunnen E 5030 (norr) och E 5041 (söder) DK 5 brunnen är två brunnar som ligger parallella, därav dess två individuella mätpunkter.

Figur 3 visar på ökningen av metallhalterna i Kapellbäckens huvudströmfåra.

Eftersom huvudproblemet i denna studie berör hamnens påverkan på avlopps- och dagvattnet bör man ställa resultaten från figur 3 mot resultat från DK 5-brunnarna. Tyvärr låter detta sig inte göras så enkelt på grund av olika detektionsgränser i nolleskoskopet. Med utgångspunkt från E 5039 och jämförelse med E 5030 och E 5041 kan man se en ökning av metallbelastningen mellan Kapellbäcken och DK5-brunnarna på hamnområdet (Figur 4).

En jämförelse mellan E 5043 och E 5030 och E 5041 skulle kunna visa en tydligare skillnad.

Tabell 6. Bestämda metallhalter i ekoskopen ($\mu\text{g/kg}$ jonbyttarmassa). Grundläggande metallpaket från ALcontrol AB. Ekoskopen i denna tabell placerades alla i biflöden till vattensystemet. Det ekoskop som betecknas som »nollan» i tabellen är ett oexponerat referenskoskop som förvarats hos laboratoriet i syfte att vara som referens vid jämförelser mellan exponerade ekoskop.

Ecoscopenr	Hg	Cd	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu
Nolla	<2,7	<1,2	48	960	250	290	140
E 5028	<2,7*	12	340	15000	260*	4400	300
E 5029	<2,7*	45	720	49000	330*	760	380
E 5030	<2,7*	26	750	21000	340*	1300	1100
E 5032	<2,7*	14	340	9200	290*	470*	380
E 5033	<2,7*	29	490	24000	280*	1500	15000
E 5034	<2,7*	18	840	8200	250*	900	1200
E 5035	<2,7*	38	630	23000	270*	1400	440
E 5037	<2,7*	7,6	160	5600	260*	360*	290
E 5039	<2,7*	13	330	6900	300*	450*	270*
E 5041	<2,7*	25	1000	22000	470*	1400	1500
E 5042	<2,7*	28	250	16000	370*	1600	750
E 5045	<2,7*	14	1800	17000	340*	1500	730
E 5046	<2,7*	30	3400	33000	470*	1300	1900

* ej kvantifierbart skild från nollan

Tabell 7. Bestämda metallhalter i ekoskopen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ jonbyttar-massa). Metallscreening i huvudflödet av vattensystemet. Det ekoskop som betecknas som »nollan» i tabellen är ett oexponerat referens ekoskop som förvarats hos laboratoriet i syfte att vara som referens vid jämförelser mellan exponerade ekoskop.

Ämne	Nolla	E 5040	E 5043	E 5047
Al	390	78000	77000	160000
As	<29	83	<29	710
Ba	46	34000	12000	34000
Pb	50	400	1100	5100
Br	<29	190	230	680
Ce	<29	710	540	1000
Cs	<29	<29	<29	<29
P	<29	170	<29	440
Fe	<29	360000	200000	1400000
Cd	<29	<29	31*	<29
Ca	14000	2200000	1000000	2300000
K	1300	57000	470000	66000
Si	<29	1400	420	2000
Cl	<29	2100	2600	1900
Co	<29	620	460	230
C	<29	5300	1200	<29
Cu	150	550	1600	1800
Cr	210	330*	400*	1000
Hg	<29	<29	<29	<29
La	<29	640	310	630
Li	<29	110	540	140
Mg	410	2000000	2300000	2100000
Mn	50	210000	52000	120000
Mo	<29	<29	<29	<29
Na	20000	78000	14000000	110000
Nd	<29	280	220	420
Ni	250	<250	660	<250
Pt	<29	<29	<29	<29
Pr	<29	100	71	140
Rb	<29	240	880	370
Sm	<29	38*	31*	58*
Se	<29	55*	100	<29
Ag	<29	<29	<29	<29
Sc	<29	160	150	170
Sr	<29	99000	31000	81000
S	<29	<29	<29	<29
Sn	52	57*	60*	170
Ti	<29	11000	11000	16000
U	<29	130	270	180
V	<29	230	200	1700
Bi	<29	<29	<29	<29
W	<29	95	51*	97
Y	<29	360	240	450
Zn	920	8200	28000	11000

* ej kvantifierbart skild från nollan

Analys av organiska opolära föreningar

I elva provpunkter analyserades förekomsten av organiska opolära föreningar (Tabell 8). I flera av resultaten redovisade siffror understiger föreningarna detektionsgränsen. Detta betyder dock inte att föreningen inte förekommer, utan kan antas förekomma i låga doser.

Kapellbäcken

Vid en okulär besiktning i Kapellbäcken påträffades stora mängder industriavfall. Ett antal avlopp och oidentificerade plaströr påträffades i anknäring mot vattnet. På båda sidor om bäcken finns industrier och lagerlokaler av olika sorter.

I provpunkterna 3, 4 och 5 i Kapellbäcken redovisas hög halt av totalfosfor. Vattnet kan således klassificeras som hypertroft. Detta är ett problem som är vanligt förekommande i Mälardalsregionen och som slutligen påverkar Mälaren, som redan är mycket eutrof (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2003). Den fosfatfosforhalt som kunde påvisas i punkterna 1 och 2 visade sig ligga på 30–60 % av total fosfor. När det gäller kväve så påvisades en totalkväveshalt i punkt 1 som låg och som måttligt hög halt till hög halt i punkt 2. Och vid punkterna 4 och 5 påvisades en mycket hög halt. Det är sedan länge känt att totalkvävehalten i dagvatten är relativt låga. (Sv. Kommunförbundet, 2004). I enlighet med tillsynsmyndigheternas krav på egenkontroll har Hamnbolaget, Mälärhamnar AB tagit stickprov på dagvattnet i brunn DK5, en gång per år mellan tiden 2000–2003. Resultaten redovisas i tabell 10.

Jämförelser av organiskt opolära föreningar

Vid analys av de mätresultat som framkommit gällande organiska O-polära föreningar, visar det sig vid en inbördes jämförelse, att provpunkt E 5045 var den punkt som var mest kontaminerad. Analyser gav vid handen att det visade sig vara en hög förekomst av både naftalen, alifater samt alkylerade naftalener där. Men även i provpunkterna E 5046, samt E 5032 redovisas höga halter alifater. Den punkt som hade den lägsta påverkan av organiska opolära föreningar var E 5037.

Däremot påvisades enbart ringa förekomster i provpunkterna E 5032 samt E 5039.

Provpunkt E 5030 har de högsta uppmätta mätvärdena av alifater, alkylerade naftalener och 1H Inden, 1 etyldiene. Minst kontaminerad var provpunkt E 5040.

Analysen av punkt E 5047 visar på mest kontaminering av alla gällande etylbensen, m+p-xylen, o-xylen, alkylerade bensener, alifater, hydrerade naftalener samt indan.

Tabell 8. Resultat från analysen av organiska opolära föreningar i ekoskop enligt den enklaste provtagningsanalys nivån (ng/ml lösningsmedel). Exponeringen av ekoskopen är gjorda under slutet av december 2004 till början av februari 2005. Det ekoskop som betecknas som »nollan» i tabellen är ett exponerat referens ekoskop som förvarats hos laboratoriet i syfte att vara som referens vid jämförelser mellan exponerade ekoskop.

Ämne	Nolla	E 5028	E 5029	E 5032	E 5033	E 5034	E 5035	E 5037	E 5039	E 5042	E 5045	E 5046
Naftalen	<20	<20	24	<20	<20	<20	<20	<20	<20	22	3922	39
Acenaftylen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaften	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	119	<10
Fluoren ¹	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Fenantren	<10	<10	11	<10	<10	61	13	<10	<10	23	346	54
Antracen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	21	<10
Fluoranten	<10	<10	<10	<10	<10	60	<10	<10	<10	<10	32	12
Pyren	<10	<10	20	<10	<10	37	<10	<10	<10	15	<10	31
Benzo(a)antracen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	60	<10
Chrysen	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Benso/b+k)fluoranten	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Benso(a)pyren	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Summa PAH	<100	<100	<100	<100	<100	174	<100	<100	<100	<100	4506	154
Nonylfenol	<100	<100	116	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Etylbensen	26	<20	47	<20	47	<20	<20	<20	<20	<20	1070	43
m+p-xylen	<40	<40	<40	<40	119	<40	<40	<40	<40	<40	35613	103
o-xylen	<20	<20	75	<20	98	<20	<20	<20	<20	<20	22683	138
Alkylerade bensener	<100	<100	148	<100	174	<100	<100	<100	<100	<100	14305	168
Alifater	<1000	2580	10544	24470	3025	4333	11230	1054	<1000	2079	21296	43324
Dimetylfталат	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Dietylfталат	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
di-n-butylftalat	36	77	117	44	80	44	76	67	63	71	119	70
bensylbutylftalat	<20	22	35	<20	<20	<20	29	<20	<20	<20	31	<20
Bis(2etylhexyl) adipat	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Dehp	<20	247	42	24	27	43	39	60	56	98	211	186
di-n-octylftalat	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Diklorbensen	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Triklorbensen	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Tetraklorbensen	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Alkylerade naftalener	<10	<10	<10	214	165	23	235	119	483	519	10244	2716
Svavel	<10	119	<10	46	19	<10	545	42	<10	<10	77	<10

¹ På grund av störningar i proven har rapporteringsgränsen för fluoren höjts.

Tabell 9. Resultat från analysen av organiska opolära föreningar i fyra speciellt utvalda punkter (ng/ml lösningsmedel). Ekoskopena har exponerats under slutet av december 2004 till början av februari 2005.

Ämne	E 5030	E 5041	E 5043	E 5047	Ämne	E 5030	E 5041	E 5043	E 5047
Naftalen	421	5631	<20	2955	Alifater	25007	15961	4720	21169
Acenaftylen	<10	<10	<10	<10	Dimetylfталат	<20	<20	<20	<20
Acenaften	<10	48	<10	25	Dietylfталат	<20	<20	<20	<20
Fluoren ¹	<100	<100	<100	<100	di-n-butylftalat	58	82	92	117
Fenantren	182	719	17	215	Bensylbutylftalat	<20	<20	<20	33
Antracen	<10	<10	<10	16	Bis(2etylhexyl)adipat	<20	<20	<20	<20
Fluoranten	<10	<10	12	29	Dehp	165	248	78	206
Pyren	<10	<10	19	70	di-n-octylftalat	<20	<20	<20	<20
Benzo(a)antracen	<10	<10	<10	<10	Diklorbensen	<100	<100	<100	<100
Chrysen	<10	<10	<10	<10	Triklorbensen	<100	<100	<100	<100
Benso/b+k)fluoranten	<20	<20	<20	<20	Tetraklorbensen	<100	<100	<100	<100
Benso(a)pyren	<10	<10	<10	<10	Alkylerade naftalener	55406	28476	603	7259
Summa PAH	614	6398	<100	3326	Svavel	<10	<10	17	1105
Nonylfenol	<100	<100	<100	<100	Hydrerade naftalener	<10	<10	<10	9701
Etylbensen	36	230	<20	3924	Indol	<10	26179	<10	<10
m+p-xylen	265	3582	<40	23326	Indan	<10	8980	<10	6837
o-xylen	254	2186	<20	15380	Indan, 1-methyl	853	<10	<10	1699
Alkylerade bensener	9727	20897	<100	11978	1H Inden, 1 etyldiene	37500	25373	<10	3139

¹ På grund av störningar i proven har rapporteringsgränsen för fluoren höjts.

Tabell 10. *Mätdata från dagvattenbrunn DK5 vid Västra hamnen och schablonvärden.* Understrykning visar på halter högre än normalt i dagvatten från industriområden enligt VA-Forsk 1994:11. Fetstil visar på tydligt förhöjda halter.

* Dagvatteninnehåll generell halt enligt Larm T, (1994), *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling* ISBN 91-88392-80-5.

	Brunn DK5 [mg/l]				Min-max	Median	Schablonvärden [mg/l]*	
	2000	2001	2002	2003			Medel	Min-max
Opolära alifatiska kolväten	55	2,8	100	<1,0	<1,0- 100	55	Olja: 0,4	Olja: 0,4-3,3
Totalt extraherbara alifat.	72	8	120	<1,0	<1,0-120	72		
Totalt extraherbara aromat.	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<0,5-<1,0	0,5		
Bly	0,032	0,35	0,002	0,008	0,002- 0,35	0,02	0,2	0,005-0,84
Järn	12	33	0,81	6,7	0,81-33	9,35		
Koppar	0,042	<u>0,23</u>	0,009	0,016	0,009- <u>0,23</u>	0,029	0,1	0,0015-1,33
Zink	0,17	1,5	45	0,08	0,08- 45	0,835	0,3	0,005-0,95
Fosfor	0,21	1,5	0,11	0,17	0,11- 1,5	0,19	Tot-P: 0,3	0,1-0,76
Kväve	1,8	<u>3,9</u>	1,5	<u>3,0</u>	1,5- <u>3,9</u>	2,4	Tot-N: 2	Tot-N: 1,3-3,6
Suspenderad substans	100	650	13	13	13-650	100	SS: 200	SS: 30-1750
COD(Cr)	<u>130</u>	950	38	<30	<30- 950	84	COD: 65	COD: 5-100

Källa: Lindkvist Charlotte, 2004. *Periodisk Miljöbesiktning 2003 enligt gällande kontrollprogram avseende yttre miljöförhållanden* Mälarhamnar AB, Västerås hamn. WSP Environmental, Linköping 2004-02-03.

Samtidigt visar analysresultaten i punkt E 5041 på en hög förekomst av naftalen, fenantren, alkylerade bensener, alkylerade naftalener, indol, indan samt 1H inden och 1- etyldiene.

Ranking

För att kunna göra en jämförelse av miljöpåverkan mellan de olika provpunkterna måste resultaten från var och en rankas gentemot varandra. Syftet med studien var att kunna påvisa vart de största miljöbelastningarna kunde tänkas vara. Men rankingen skall bara ses som generell eftersom den bygger på schablonvärden. Den naturliga buffringsförmågan har inte tagits hänsyn till i rankingen.

Rangordningen av analysresultaten redovisas i tabell 11.

Denna rangordning grundar sig på Larms schablonvärden. Nedan redovisas rankingen delat i tre grupper, för jämförelse.

Diskussion

Hamnverksamhetens dagvatten som rinner ner i systemet och flyter genom DK 5 vidare ut i recipienten kommer från kajplatser som lossar bland annat kol. Även andra verksamheter som korttidslagring av styckegods och viss trucktrafik förekommer inom området. I ett närbeläget magasin lagras styckegods och bulkgoods så som mangan, krom, stålprodukter, dolomit, kol med mera. Dagvatten rinner mot brunnen benämnd DK2

och DK3. Vatten från dessa brunnar samlas sedan i DK 5-brunnen. Avloppsvatten som renats från oljeprodukter via en central oljeavskiljare leds till DK5-brunnen. Eftersom DK5-brunnen är en knutpunkt för flera avloppsnät och dagvattensystem är det att betraktas som en punkt som inte bara speglar hamnens påverkan, utan den totala påverkningsgraden från hela dagvatten- och avloppsvattensystemet.

Tabell 11. *Rangordning av provtagningspunkterna i Kapellbäcken och vid oljekajen, Västerås.*

Ecoscopenummer	Rankingpoäng	Grad av kontaminering
E 5028	29	
E 5029	53	Hög
E 5030	50	
E 5032	26	
E 5033	57	Hög
E 5034	35	
E 5035	45	
E 5037	8	Lägst
E 5039	17	Låg
E 5040	21	Låg
E 5041	58	Hög
E 5042	46	
E 5043	63	Hög
E 5045	49	
E 5046	70	Högst
E 5047	45	

Larm (1994) hävdar att man i liknande fall måste vara observant på dagvatteninnehållets beroende av dess ytavrinningsområdes storlek, och vart det härstammar ifrån. Larm har därför utverkat ett schablonvärde som kan vara till hjälp vid bedömning av storleksordningen av det uppmätta föroreningsinnehållet. Dessa schabloner är utvecklade genom analyser av dagvatten från olika referenser i form av publicerade rapporter med mera. Därför har ingen enhetlig definition kunnat utarbetas. Det uppmätta pH-värdet i punkterna 1 och 2, i Kapellbäcken, visade sig vara över 8, och kan anses som mycket högt. Mälaren till exempel har en stabil nivå som ligger strax över 7 (Wallin).

Däremot visar mätvärdena på konduktiviteten i de båda provpunkterna på ett intervall mellan 25,4–27,0 mS/m, vilket är normalt i förhållande till normalvärden i Svenska insjöar, som är 5–40 mS/m. Nu är det dock svårt att jämföra vattenkvalitet mellan dagvatten och insjövatten, men värdena ska ses som en indikation på vattenkvaliteten. Man kan jämföra med konduktiviteten i Västeråsfjärden år 2003 som låg mellan 13–25 mS/m (ALcontrol 2003).

Lägsta metallvärdena uppmättes i provpunkt E 5037, emedan punkterna E 5039 och E 5040 konstaterades ha en ringa påverkan av metaller. Utifrån de mätresultat som redovisats gällande de sju metaller som ingick i den grundläggande analysen, visas att metallbelastningen är påtaglig på alla provpunkter i Kapellbäcken och vid oljekajen. Halten av kadmium kan konstateras hög förutom i 3 punkter. Det samma gäller för koppar, bly och zink. Rörligheten hos dessa metaller är stor vid försurning (Warfvinge 1997). Västeråsfjärden i sig visar jämförelsevis på högre halter av kadmium i sedimentet än övriga delar av Mälaren. Men med ytterligare ökning av kadmiumhalten, från exempelvis Kapellbäcken, kan detta resultera i en ökad stressnivå på hela ekosystemet (Länsstyrelsen U-län 2004). Kadmium är att betraktas som akut toxiskt för människan, och dödlig dos är ca 1 gram (Baird 1999).

När man ser på COD_{Cr}-värdena i provtagningspunkterna 1 och 2 visar dessa på 9,7–24 mg/l O₂. Detta värde kan anses lågt eftersom medelhalten för dagvatten från industriområden ligger på 100 mg/l, jämfört med 80 mg/l för bostadsområden (Naturvårdsverket 1999). I fråga om påvisad zinkhalt menar Naturvårdsverket i sina bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag att halterna i samtliga prover tagna i provpunkt 1 och 2 är så höga, att risker för biologiska effekter kan förväntas. Redan zinkhalter på 10–50 µg/l har i experiment konstaterats kunna resultera i negativa biologiska effekter på vattenlevande organismer (Naturvårdsverket 1999). Risk för bioackumulering föreligger hos dessa organismer vid denna dos, även vid halter som inte är akut toxiska (Naturvårdsverket 1988). Eftersom Mälaren och

främst Västeråsfjärden visar på högre halter av zink i sediment, kan även ett mindre tillskott från exempelvis Kapellbäcken öka stressnivån på hela ekosystemet. Det visar sig sålunda att det förekommer en varierande toxicitet från måttligt hälsoskadliga till mycket giftiga effekter (Johnsson, Zimerson 1994). Koppar och dess föreningar är till viss del måttligt toxiska för människan och kan utmynna i flera olika hälsoeffekter. De kända källorna till koppar i dagvatten är främst från taktytor, byggnadsmaterial, atmosfäriskt nedfall samt från trafikområdet (Larm 1994). Kopparhalterna uppmättes främst från provpunkterna 3, 4 och 5. En viktig aspekt att undersöka vid metallbalanser i vatten är förekomsten av klorid. Vid de fem provtagningspunkterna i Kapellbäcken visades kloridnivån ligga på 25–41 mg/l, vilket är en hög nivå om man jämför med kloridhalten i de svenska insjöarna. Sjöar vid västkusten ligger normalt på en nivå av 15 mg/l med hänsyn till närheten av havet. I mellansverige understiger nivån ofta 1 mg Cl⁻/l. Vid en jämförelse med Västeråsfjärden så visar den på en halt av ca 0,01 mg Cl⁻/l, under 2003. Medelkloridhalten i 70 sjöar runt om i Västmanland ligger på ungefär 0,004 mg Cl⁻/l, under år 2000 (Inst. miljöanalys, SLU). Det är svårt att göra jämförelser mellan dagvatten och naturvatten eftersom dagvattnet normalt är betydligt mera förorenat än naturvattnet. När det är fråga om kloridhalten så brukar dagvattensystem som ligger i närheten av trafikområden vara något högre än i naturvattnet, så även i denna studie.

Klorid tror man idag inte har någon direkt förgiftningseffekt på människor, men väl på växter och är negativt för livsbetingelser för djur. I fråga om uppmätta kopparhalter i provtagningsområdet uppmättes mycket höga nivåer, vilka även de kan bidra till risker för biologiska effekter redan vid kort exponering. Det är sedan länge känt att koppar redan vid låga halter är toxiskt för många vattenorganismer.

Bottenfaunan har använts som en enkel indikator på hur de ekologiska förhållandena ser ut i vattendraget. Tätheten av bottenlevande djur är som bekant beroende av substratet på botten. Under artbestämningen påvisades förekomsten av tåliga arter som övervägande. Vattengräsuggan (*Asellus aquaticus*) hittades på båda provpunkterna. Denna art kan överleva i kraftigt förorenat vatten. Den andra arten av tåliga botten djur som hittades var hundigeln (*Erpobdella octoculata*) en av våra vanligast förekommande igel. Även den kan överleva i kraftigt förorenat vatten. Allmän broskigel (*Glossiphonia complanata*) och den tvåögda broskigeln (*Helobdella stagnalis*) hittades nedströms i Kapellbäcken, allmän broskigel kan överleva i vatten med mycket låga syrehalter, som exempelvis i förorenat vatten. Även den tvåögda broskigeln kan överleva i kraftigt förorenat vatten bland annat eftersom vattengräsuggan är en av dess viktigaste

föda. I provpunkten uppströms Kapellbäcken påträffades glattmaskar (*Tubificidae*) vilka även de kan leva i syrefattigt och kraftigt förorenat vatten. Vid denna provpunkt påträffades även oljeinnehåll. Om man sätter oljeinnehåll i vattnet i förhållande till de bottenlevande djur som hittades kan man konstatera att det föreligger en kraftig föroreningsnivå men inte kraftigare än att det förekommer liv på botten. Konstateras kan att syresituationen inte varit noll, samt att toxiciteten på vattnet inte har varit extrem under de senaste åren. Eftersom förekomsten av djur var liten så kan detta resultat om arttäthet inte med säkerhet bevisas, utan bara ge en indikation på variation av djurarterna. Därför kan konstateras att på grund av yttre omständigheter, och årstiden, har det varit svårt att få fram en fullkomlig uppteckning över arternas förekomst i bäcken. Provtagningen av bottenlevande djur har gjorts i provpunkterna 1 och 2. Olja benämns som petroleum, petroleumkolväten och andra vätskor som är trögflytande och hydrofobiska. Konstateras kan då att provpunkt E 5046 var den mest kontaminerade provpunkten. Sammanfattningen av rangordningen presenteras i tabell 11 ovan. PAH:er är fettlösliga och oftast stabila föreningar. Att föreningarna är stabila betyder att de är svårnedbrytbara och att de kan spridas långt i miljön innan nedbrytning sker (kemikalieinspektionen). I denna studie har frågan ställts hur påverkningsgraden i Kapellbäcken ser ut i stort.

Slutsats

Med hänvisning till redovisade mätvärden kan konstateras att hamnens egen miljöpåverkan i detta sammanhang kan betraktas som försvarbar. Den stora påverkningsgrad som idag tillägnas hamnen har utifrån denna studie inte kunnat konstateras utan föroreningskällorna kan tydligt konstateras befinna sig utanför hamnen. En identifiering av utsläppskällorna i mätområdet östra del torde vara av större värde att göra i framtida studier. Den miljöpåverkan som hamnverksamheten bidrar med hamnar till största delen direkt ut i hamnbassängen. Denna studie visar dock på komplexiteten i beräkningar av utsläpp av vatten i ett hamnområde och hur svårt det är att utifrån dessa mätvärden få fram en riktig status på hur respektive utsläppskälla bidrar till den totala föroreningsgraden i recipienten.

Framtida studier

Det visade sig svårt att utifrån denna studie göra paralleller till miljöbelastningen från hamnen. I fortsatta studier torde dock ytterligare provtagningar av de faktiska

föroreningsvärdena göras. I dag ser vi hur flödena ser ut samt hur den proportionella föroreningsgraden som kommer ut i recipienten ser ut. Därför kan de faktiska mätvärdena utgöra en större tyngd i bedömningen av avrinningsområdets påverkan ställt mot hamnens.

I framtida studier torde en bottenfaunaanalys samt ytterligare vattenprover i samtliga brunnar och i vattendraget utgöra denna tyngd.

Referenser

- ALcontrol Laboratories och Mälarenergi AB. 2003. Svartån-Västeråsfjärden recipientkontroll. Miljörapport.
- Baird C. 1999. Environmental Chemistry, Second edition, W. H. Freeman and Company. ISBN 0-7167-3153-3.
- Jacobson, H. 2005. Sediment quality of the fare lane to Västerås, Sweden, Licentiate thesis No 61. Mälardalens University. ISBN 91-85485-04-7.
- Johnsson, H., Zimerson, E. 1994. Tox-info handboken Kemiska ämnens hälso- och miljöeffekter, Del 2, 5:e upplagan. Toxinfo AB Lund.
- Larm, T. 1994. Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling. ISBN 91-88392-80-5.
- Lindqvist, C. Periodisk miljöbesiktning 2003 enligt gällande kontrollprogram avseende yttre miljöförhållanden Mälardalens AB, Västerås hamn. WSP Environmental, Linköping 2004-02-03.
- Länsstyrelsen Västmanlands län, 2004-08-06, Tillstånd enligt miljöbalken för Mälardalens AB till hamnverksamhet vid Västerås hamn (Västra och Östra hamnen), Västerås kommun. Dnr 551-5752-01.
- Naturvårdsverket 1988. Zink i miljön. En kunskapsöversikt sammanställd för projektområdet »metallers påverkan på den yttre miljön». Rapport 3429. ISBN 91-620-3429-4.
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag, Rapport 4913. Naturvårdsverket, Stockholm. ISSN 0282-7298.
- Svenska kommunförbundet. 2004. Dagvattenfrågorna får ökad aktualitet, Rapport nummer: 2004:60.
- Sveriges lantbruksuniversitet och Mälarens vattenvårdsförbund. 2004. Miljöövervakning i Mälaren 2003, Rapport 2004. Institutionen för miljöanalys, SLU, Uppsala.
- Wallin, M. 2000. (red) Mälarens miljötillstånd och utveckling 1965-98, Mälarens vattenvårdsförbund. ISBN 91-88558-18-5.
- Warfvinge P. 1997. Miljö kemi - Miljövetenskap i biokemiskt perspektiv, 1.uppl. KFS AB, Lund. ISBN 91-88558-18-5.

Internet

- HACH LANGE <http://www.hach-lange.se> 2005-08-30
- Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet: [http://info1.ma.slu.se/ri/www_ri.acgi\\$InventClist&F=29,2005-09-16](http://info1.ma.slu.se/ri/www_ri.acgi$InventClist&F=29,2005-09-16)
- Kemikalieinspektionen http://www.kemi.se/templates/PRIOPage___1085.aspx, 2005-09-02

