



Belastning och påverkan från dagvatten

Källor till föroreningar i dagvatten, potentiell effekt, och
jämförelser med belastning från andra källor

Helene Ejhed, Katarina Hansson, Mikael Olshammar, Ewa Lind, Minh
Nguyen, Joakim Hållén, Ann-Sofie Allard, Johanna Stadmark, Sara
Jutterström IVL

Stefan Löfgren, Stefan Hellgren SLU

Avtal: 219-18-014

På uppdrag av Naturvårdsverket

Avtal: 219-18-014

På uppdrag av Naturvårdsverket

Publicering: www.smed.se

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m fl. Mer information finns på SMEDs hemsida www.smed.se.

Innehåll

INNEHÅLL	4
SAMMANFATTNING	6
SUMMARY	8
INLEDNING, SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	10
METODIK	12
Urval av ämnen	12
Källor till föroreningar och deras potentiella effekter	14
Primära källor och potentiella miljö- och hälsoeffekter av utvalda föroreningar	14
Sekundära källor och spridningsvägar	14
Kvantifiering och jämförelser av belastning från olika källor	15
Rapporterade utsläpp av föroreningar från industrier och avloppsreningsverk i SMP	15
Belastning av föroreningar i dagvatten och andra källor	15
Substansflödesanalyser av några föroreningar som berör dagvatten	17
Omfattning av problemen med belastning och påverkan från dagvatten	18
Kvantifiering av antalet vattenförekomstområden där dagvatten dominerar belastningen	18
Jämförelse mellan belastning från dagvatten och statusklassning av vattenförekomster	18
Uppmätta halter av föroreningar i dagvatten	19
Osäkerheter	19
Osäkerheter i rening av dagvatten	20
Osäkerheter i typhalter	21
RESULTAT	24
Primära källor och potentiell påverkan av föroreningar i dagvatten	24
Näringsämnen	24
Metaller	27

Organiska ämnen	35
Dagvattnets påverkan och effekter på miljön	42
Bedömning av toxicitet i dagvatten	42
Olika undersökningar av dagvattnets toxicitet	43
Avrinning från vägar	44
Tester med utökat testbatteri	45
Kvantifiering och jämförelser av belastning från olika källor	46
Rapporterade utsläpp av föroreningar från industrier och avloppsreningsverk i SMP	46
Beräknad belastning av föroreningar från dagvatten och andra källor	47
Substansflödesanalyser av några föroreningar som berör dagvatten	74
SFA Sverige	75
SFA Stockholm	76
Uppmätta halter av föroreningar i dagvatten	77
DISKUSSION	80
SLUTSATSER	84
FÖRSLAG TILL UTVECKLING	87
APPENDIX 1 STORMTAC KLASSER, KLASSER I SVENSK MARKTÄCKEDATA 2000 SAMT FÖRKORTNINGAR I DENNA RAPPORT	88
APPENDIX 2 UPPMÄTTA HALTER I DAGVATTEN FRÅN NATURVÅRDSVERKETS SCREENINGDATABAS	91
APPENDIX 4. JÄMFÖRELSE AV TYPHALTER AV METALLER FRÅN SKOGSMARK OCH ÖVRIG MARK MED NYA MÄTDATA	103

Sammanfattning

SMED har på uppdrag av Naturvårdsverket tagit fram denna rapport om föroreningar och belastning från dagvatten. Studien är en del av ett Regeringsuppdrag ”Föreslå etappmål om dagvatten”. Syftet med projektet har varit att ta fram en sammanställning om belastning av föroreningar från dagvatten till vattenrecipienter. Primära källor, potentiella toxiska och hormonstörande effekter samt belastning på ytvatten har sammanställts och beräknats av ett urval av prioriterade ämnen och Särskilda Förorenande Ämnen (SFÄ) och omfattande sammanlagt 22 st näringsämnen, metaller och organiska miljöföroreningar. Dessa ämnen valdes ut eftersom de är kända ämnen i dagvatten, prioriterade ämnen av Vattenmyndigheterna på grund av att de orsakar att god kemisk eller ekologisk status inte uppnås i många vattenförekomster samt att det var möjligt att göra beräkningar av belastning av dessa tack vare att det fanns data tillgängligt. Dessa 22 ämnen har sådana ekologiska, toxiska och/eller hormonstörande effekter i akvatisk miljö att belastningen av samtliga av dessa ämnen bör begränsas eller helt förhindras. Dagvattnets påverkan och effekter på miljön har sammanställts utifrån tillgänglig litteratur. Studierna är dock få och av varierande karaktär, vilket gör det svårt att dra några generella slutsatser gällande dagvattnet påverkan.

Antalet föroreningar i dagvatten kan dock vara många fler än de 22 utvalda ämnena. Uppmätta halter i dagvatten har sammanställts från Naturvårdsverkets Screeningdatabas i denna rapport och visar att 74 st ämnen förekommer i samtliga prover av dagvatten där de har analyserats, och ytterligare 117 st ämnen förekommer i en del av dagvattenproverna. Många är ämnen som ännu inte är prioriterade av vattenförvaltningen. Bland annat förekommer ofta metaller och grundämnen, vissa dioxiner och furaner, alkylfenoler, antioxidanter, bekämpningsmedel, kolväten, LAS (Linear alkyl benzene sulfonate) och olika flamskyddsmedel.

Resultat av belastningsberäkningarna visar att dagvatten är en betydande spridningsväg till belastningen i recipienter för vissa ämnen trots att arealen tätort är mindre än 1% av Sveriges totala yta. För metallerna kadmium, zink, bly och koppar så har bidragen från dagvatten beräknats till mellan 15% och 17% av den totala belastningen till recipienter i Sverige och kan anses vara betydande belastning. I mellan 451 och 1090 st enskilda vattenförekomstområden är belastningen från dagvatten den dominerande spridningsvägen (>50% av total belastning) till de olika metallerna. Dagvatten utgör 100% av belastningen i 17 st vattenförekomster för koppar, zink och bly, i 12 st vattenförekomster för kadmium och nickel och i enbart

3 st vattenförekomster för kvicksilver. För de organiska ämnena är uppgifterna om utsläpp väldigt osäkra eller saknas helt för många källor till total belastning i Sverige, så som läckage från olika marktyper, jordbruksmark och skog, men de tillgängliga data och beräkningarna som gjorts indikerar att dagvatten utgör en viktig spridningsväg för PAH16, DEHP, Nonylfenol, HCH, TBT, PBDE, PFOS och PCB7 till vattenrecipienter.

Betydande bidrag (>25%) till belastningen i dagvatten kommer ifrån mark inom tätorter som används till "industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn och deponiverksamhet" för samtliga metaller, för nonylfenol (58%), PFOS (54%), PAH16 (40%), HCH (23%), PCB7 (23%), PBDE (22%) och oktylfenol (18%). Industri och handelsplats utgör den största arealen inom den markanvändningsklassen och bör prioriteras i det fortsatta arbetet. Industri och handelsplatser har höga typhalter och höga avrinningskoefficienter som orsakar den höga belastningen. Belastningen i dagvatten av ftalaten DEHP kommer däremot till största del ifrån ytor av "enstaka hus, mycket grönyta" (35%), "bostadsområde, mindre grönyta" (29%) samt "urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs" (25%). Markanvändningsklassen "enstaka hus, mycket grönyta" utgör den största arealen totalt inom tätorter i Sverige (35% av arean), vilket innebär att den ytan bidrar med generellt stor belastning.

Det finns stora osäkerheter i resultaten beroende bland annat på brist på mätningar av ämnen i dagvatten. Beräkningarna i denna rapport baseras på markanvändning som sammanställts av SMED till HELCOM Pollution Load Compilation (PLC7) rapporteringen, typhalter och avrinningskoefficienter inom tätorter från Stormtac databasen samt rapporterade utsläpp i miljörapporter från avloppsreningsverk och industrier i Svenska Miljörapporteringsportalen. Framförallt för organiska ämnen är dataunderlaget litet, vilket gör dessa uppskattningar mer osäkra. Utökad miljöövervakning av metaller och organiska ämnen behövs för att kunna följa trender och sätta in rätt åtgärder uppströms vid källorna och nedströms genom rening av dagvatten.

Det stora antalet ämnen som har uppmätts i dagvatten och den betydande belastningen som dagvatten har beräknats bidra med, indikerar trots osäkerheterna på att miljöproblemen med dagvatten kan vara omfattande. Påverkan i form av eventuella överskridanden av miljökvalitetsnormer i recipienterna har inte kunnat beräknas inom ramen för detta projekt.

Nyckelord: Dagvatten, metaller, organiska föroreningar, betydande belastning

Summary

SMED performed this project on pollution and load from stormwater on commission by the Swedish Environmental Protection Agency (EPA). Stormwater is rain water, melting water and surface water runoff generated in urban areas and on national roads. The purpose of this project was to compile the load of pollutants in stormwater to water recipients. Primary sources, potential toxic and endocrine disrupter effects and load on the aquatic environment have been compiled and calculated from a selection of priority substances, comprising a total of 22 nutrients, metals and organic pollutants. These substances were selected because they are known substances in stormwater and priority substances of the Water Authorities and substances for which it was possible to calculate the load. These 22 substances have such adverse effects in the aquatic environment that the load of all of these substances should be limited or completely prevented. The toxicity of stormwater has been compiled based on available literature. However, the studies are few and of varying content, which makes it difficult to draw any general conclusions regarding the effects of stormwater.

The number of pollutants in stormwater may however be much larger. Measured concentrations in stormwater collected from the Swedish EPAs Screening Database show that of totally 300 substances 74 are detected in all samples of stormwater in which they have been analyzed and another 117 substances are present in some of the stormwater samples. Substances that often occurred in stormwater include metals, some dioxins and furans, alkylphenols, antioxidants, pesticides, hydrocarbons, LAS (Linear alkylbenzene sulfonate) and flame retardants.

The results of the load calculations show that stormwater is a significant pathway to the recipients of certain substances, even though the urban area is less than 1% of Sweden's total area. For cadmium, zinc, lead and copper, the contribution from stormwater has been estimated to be between 15% and 17% of the total load in Sweden and can be regarded as significant load. In between 451 and 1090 individual water bodies, the load from stormwater is the dominant source pathway (> 50% of total load) to the different metals. Stormwater accounts for 100% of the load in 17 water bodies for copper, zinc and lead, in 12 water bodies for cadmium and nickel and in 3 water bodies for mercury. For the organic substances, the data on emissions are very uncertain or lacking entirely for many sources in Sweden, e.g the leachate from different soil types, agricultural land and forests, but the available data and calculations indicate that stormwater is an important

pathway for PAH16, DEHP, nonylphenol, HCH, TBT, PBDE, PFOS and PCB7 to water recipients.

Very significant contributions (> 25%) to the load in stormwater within urban areas come from land used for industry, trading site, gravel and sandpit, port and landfill activities for all metals, nonylphenol (58%), PFOS (54%), PAH16 (40%), HCH (23%), PCB7 (23%), PBDE (22%) and octylphenol (18%). Industry and trading site is the largest area within the land use class and should be prioritized in the ongoing work. Industry and trading sites have high type concentrations and high runoff coefficients that cause the high load. The load in the stormwater of the phthalate DEHP, however, comes from areas of "single house, very green area" (35%), "residential area, less green area" (29%) and "urban green area, sports facility, airfield grass" (25%). The land use class "single house, very green area" constitutes the largest area in total in urban areas in Sweden (35% of the area), which means that the surface contributes with a general load.

There are major uncertainties in the results, due to the lack of monitoring of substances in stormwater. The calculations in this report are based on land use compiled by SMED to HELCOM Pollution Load Compilation (PLC7) reporting, type concentration and runoff coefficients in urban areas from the Stormtac database as well as reported emissions in environmental reports from sewage treatment plants and industries in the Swedish Environmental Reporting Portal. Especially for organic substances, data is lacking, making these estimates more uncertain. Development of the environmental monitoring of metals and organic substances is needed in order to follow trends and to prioritize among measures at the upstream source and through water treatment.

Despite the uncertainties, the large number of substances that have been detected in stormwater and the estimated significant contributions from stormwater to the total load, indicates that the environmental problems with stormwater can be extensive.

Inledning, syfte och avgränsningar

SMED har på uppdrag av Naturvårdsverket tagit fram denna rapport om belastning från dagvatten. Studien är en del av ett Regeringsuppdrag ”Föreslå etappmål om dagvatten”. Rapporten berör följande prioriterade frågeställningar:

- Vilka är de huvudsakliga källorna till de ämnen som finns i dagvatten?
- Hur stort bidrag till de föroreningar som återfinns i miljön kommer från dagvatten jämfört med andra diffusa källor och punktkällor?
- Hur omfattande är miljöproblemet med dagvatten?
- Vilken påverkan har dagvatten på recipienter och vilka effekter i miljön kan hänvisas till de ämnen som förekommer i dagvatten?

Rapporten har tagits fram under en begränsad tidsperiod och med begränsad budget, vilket innebär att frågeställningarna har hanterats utifrån tillgängliga data och metoder som SMED har utvecklat och använt i tidigare projekt. Osäkerheter som finns, redovisas i studien på ett kvalitativt sätt.

Frågeställningarna har förenklats och hanterats enligt följande arbetsätt, översiktligt beskrivet:

1. Vilka ämnen är föroreningar i dagvatten?
 - Ett urval av ämnen har listats för beräkningar av belastning. Urvalet har baserats på känd förekomst, prioriterade farliga ämnen, särskilda förorenande ämnen, ämnen som är relevanta för dagvatten samt att det finns data tillgängligt som gör det möjligt att beräkna belastning.
 - Observerad förekomst av ämnen i prover som har tagits i dagvatten som finns i den nationella screeningdatabasen har sammanställts.
2. Vilka är de huvudsakliga källorna och hur stor är belastningen av utvalda ämnen i dagvatten och andra diffusa källor samt punktkällor?
 - Primära källor som uppkommer genom ursprung och användning av utvalda ämnen, t.ex. användning av metaller i bromsbelägg i bilar, har beskrivits översiktligt.
 - Sekundära källor och spridningsvägar, t.ex. vägdagvatten som innehåller bidrag från flera primära källor, har identifierats och kvantifierats. Resultaten redovisas dels totalt för Sverige för de ämnen som varit möjligt och dels inom tätorter där dagvatten bildas.

3. Hur omfattande är miljöproblemet med dagvatten och vilken påverkan har utvalda ämnen i dagvatten på recipienter?
- Potentiell hälsofarlig, toxisk och hormonstörande effekt har beskrivits för utvalda ämnen. Dagvattnets toxicitet beskrivs kortfattat.
 - Kvantifierad belastning från olika källor har jämförts med belastningen från dagvatten.
 - Påverkan av bidraget från dagvatten på vattenförekomster har bedömts genom att kvantifiera antalet vattenförekomstområden där dagvatten dominerar belastningen (>50%).
 - Jämförelse mellan belastning av metaller från dagvatten och statusklassning av vattenförekomster.

Det innebär att fullständiga svar på vilken påverkan dagvatten har på recipienter inte har kunnat ges inom ramen för detta projekt. För att nå dit krävs att eventuella effekter på biota och kemisk samt fysisk påverkan bedöms, observeras och/eller kvantifieras och jämförs med gränsvärden i förhållande till kvantifiering av bidraget från dagvatten. Ett första steg för att koppla resultaten i denna rapport närmare en bedömning av påverkan har gjorts genom att jämföra hur många och vilka vattenförekomstområden som har dominerande belastning av metaller från dagvatten med Vattenmyndigheternas statusklassning och påverkansbedömning av vattenförekomster.

Metodik

Dagvatten är tillfälliga flöden av regnvatten, smältvatten och spolvatten samt framträngande grundvatten som rinner av från tätorters och vägars ytor. Tätorter och vägar utgör en mindre del av Sveriges yta, vilket innebär att beskrivningen av hur stor påverkan dagvatten har på recipienter beror på den skala som resultaten presenteras på. Belastning från dagvatten beräknas inom tätortsavgränsningen från SCB (Statistiska Centralbyrån) och baseras på markanvändning, avrinning och typhalter i avrinnande vatten från respektive markanvändning.

För att ge en bild över storleken av påverkan från dagvatten så har belastning av metaller och näringsämnen beräknats från dagvatten och jämförts med belastningen från andra källor på vattenförekomstområden (version 2016) för hela Sverige. Organiska ämnen har beräknats och jämförts summerat för hela Sverige. Vattenförekomstområden är tillrinningsområdet till respektive vattenförekomst definierade av Vattenmyndigheterna. Vattenförekomstområden används av vattenmyndigheterna för att utreda betydande risk för påverkan på vattenförekomster enligt EUs ramdirektiv för vatten och HVMFS 2013:19. I kapitlet ”Inledning” redovisas översiktligt vad som har genomförts i detta projekt för att besvara frågeställningarna om påverkan från dagvatten och nedan följer beskrivningar av hur arbetet har genomförts mer i detalj. I vattenförekomstområden där enbart dagvatten bidrar med belastning så blir belastningen betydande i förhållande till andra källor, men påverkan i form av effekter i recipienten beror på hur hög koncentration belastningen orsakar. Beräkning av koncentrationen kunde inte inkluderas inom ramen för detta projekt.

För att ge en bild över primära källor och transportvägar för enskilda ämnen så har substansflödesanalyser som tidigare har tagits fram för relevanta ämnen inkluderats i denna rapport.

Urval av ämnen

De ämnen som undersöks i studien är näringsämnen fosfor och kväve samt de metaller och organiska ämnen som nämns i underlagsrapporten ”Föroreningar i dagvatten”¹. Utöver dessa valdes ett antal prioriterade farliga ämnen enligt Vattendirektivet och tillhörande dotterdirektiv (2000/60/EG, 2008/105/EG) samt särskilda förorenande ämnen (SFÄ), implementerade med prioriterade farliga ämnen i HVMFS 2013:19, ändring

¹ Wiklander M., 2017: Föroreningar i dagvatten, Luleå Tekniska Universitet

HVMFS 2015:4 och HVMFS 2016:31) som är kända föroreningar i dagvatten och/eller ämnen prioriterade av vattenmyndigheterna i förvaltningsplanerna för 2016-2021, där god kemisk status med avseende på dessa ämnen inte uppnås i vattenförekomsterna inom distrikten, dvs. det finns risk för påverkan på människa och eller miljön.

Listan avgränsades också utifrån möjligheter att genomföra beräkningar av bidraget till miljön via dagvatten, därför har de ämnen för vilka det finns typhalter (kallas även standardkoncentrationer eller schablonhalter) i StormTac databasen prioriterats (StormTac, www.stormtac.com, version 2018-05-09). Totalt valdes 22 ämnen/ämnesgrupper som prioriterade i studien, **Fel! Hittar inte referensskälla..**

Tabell 1. Prioriterade farliga ämnen, SFÄ och näringsämnen som ingår i studien.

Prioämnen
Bly och blyföreningar
Kadmium och kadmiumföreningar
Nickel och nickelföreningar
Kvicksilver och kvicksilverföreningar
PAH-Antracen
PAH-Fluoranten
PAH-Naftalen
PAH-Benso(a)pyrene
Di(2-ethylhexyl)ftalat (DEHP)
Nonylfenol
Oktylfenol
Hexaklorcyklohexan (HCH)
Tributyltennföreningar
Polybromerade difenyletrar (PBDE)
Perfluoroktansulfonsyra (PFOS)
SFÄ
Polyklorerade bifenyler (PCB)
Arsenik
Koppar
Krom
Zink
Näringsämnen
Totalkväve
Totalfosfor

Källor till föroreningar och deras potentiella effekter

Primära källor och potentiella miljö- och hälsoeffekter av utvalda föroreningar

Informationen om användning, spridningsvägar, primära källor och miljö- och hälsoeffekter till föroreningar i miljön hämtades från en nyligen genomförd SMED studie om farliga ämnen för presentation på det svenska utsläppsregistret UTIS ”Utsläpp i siffror”². Sammanställningen kompletterades med ytterligare ämnen enligt avgränsningen i detta projekt. De potentiella effekterna som ämnen i dagvattnet kan ha på recipienter sammanställdes kortfattat med avseende på övergödning, kroniska effekter, hormonstörande effekter och toxicitet. Informationen sammanställdes från databaser över känd toxicitet, rapporter och vetenskaplig litteratur. Vidare sammanställdes även informationen om dagvattnets toxicitet utifrån vetenskaplig litteratur.

Sekundära källor och spridningsvägar

De källor och spridningsvägar som har identifierats i tidigare SMED projekt om näringsämnen (Ejhed m.fl. 2016³), metaller (Ejhed m.fl. 2010⁴) och organiska ämnen (Hansson m.fl. 2012⁵) har varit i fokus i denna rapport också. Det innebär att källorna/spridningsvägarna vid jämförelse totalt för Sveriges belastning har delats upp i avloppsreningsverk, industrier, enskilda (små) avlopp, dagvatten, jordbruk, hygge, skogsmark, sankmark, fjäll och deposition på sjöar och vattendrag. Källorna/spridningsvägarna inom tätort vilka hamnar i dagvatten, har delats upp per markanvändningsklass för vilka belastning har kunnat beräknas: flygplats; tät stadsstruktur; hyggesmark; åkermark; skogsmark; golfbana; enstaka hus med mycket grön yta; industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn, och deponi; campingplats och fritidshusområde; urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält av gräs; betesmark, naturlig gräsmark; vägmark; bostadsområde med mindre grönyta; sjö och vattendrag; våtmark, myrmark. Dessa markanvändningsklasser har förenklad namngivning i denna rapport.

² <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/>

³ Ejhed H., Widén-Nilsson E., Tengdelius Brunell J., Hytteborn J., (2016) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2014. Sveriges underlag till Helcoms sjätte Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:12.

⁴ Ejhed m.fl. (2010) Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport. SMED Rapport Nr 41 2010

⁵ Hansson m.fl. (2012) Diffusa emissioner till luft och vatten. SMED Rapport Nr 106 2012

Fullständig beskrivning av vilka markanvändningsklasser som ingår i beräkningarna för metaller finns i tabell i appendix 1.

Kvantifiering och jämförelser av belastning från olika källor

Rapporterade utsläpp av föroreningar från industrier och avloppsreningsverk i SMP

Utifrån dataunderlaget till EEA WISE Emissions rapportering sammanställdes informationen om utsläpp av metaller, organiska ämnen och näringsämnen fosfor och kväve till vatten (recipient) gällande året 2016. Sammanställningen gjordes per ämne fördelat på tillståndspliktiga industrier, kommunala avloppsreningsverk och fiskodlingar (A-, B- och C-anläggningar). C-anläggningar saknas till stor del i SMP. Dessa särredovisades i sammanställningen. U-anläggningar saknas helt i sammanställningarna eftersom kunskapen om utsläpp från de verksamheterna saknas och statistik om verksamheterna saknas i nationella databaser som SMP, vilket innebär att totala utsläppen underskattas.

Belastning av föroreningar i dagvatten och andra källor

Beräkningarna av belastning för näringsämnen, metaller och organiska ämnen har sammanställts för vattenförekomstområden. För metallerna kunde belastningen beräknas i 23413 st områden över hela landet, medan belastning för näringsämnen beräknades i samtliga 23798 st områden. Skillnaden (385 st områden) beror på att vissa områden, framför allt i kusten, inte kunde kopplas till tidigare beräkningsunderlag för metallerna. Resultaten bedöms ändå kunna ge jämförbar information om hur stor påverkan det är av belastning från dagvatten jämfört med andra källor avseende metaller och näringsämnen. I beräkningarna till denna rapport har inte transport mellan områden inkluderats, dvs. resultaten redovisar enbart där dagvatten är en betydande direkt källa i det området men inte om det även påverkar ett område nedströms. Det betyder att redovisningen av antalet områden som påverkas av dagvatten underskattas.

För organiska ämnen finns bara data för ett fåtal källor, dessutom utan geografisk fördelning, vilket innebär att jämförelser enbart kunde göras mellan dagvatten, atmosfärisk deposition, industrier och avloppsreningsverk totalt summerat på Sverigenivå.

Näringsämnen

Resultat för belastning av kväve och fosfor från punktkällor och diffusa källor, andra än dagvatten, som används i denna rapport har sammanställts till vattenmyndigheterna för deras arbete med påverkansanalys på vattenförekomstområden (version 2016). Data och information om resultaten finns tillgängliga på tbv.smhi.se (version PLC 6.5 vattenförekomster 2016) och grundläggande indata samt metodik beskrivs i rapporten om Sveriges rapportering till HELCOM Pollution Load Compilation (PLC6, Ejhed m.fl., 2016⁶). Resultat för belastning av dagvatten har sammanställts för ytor inom tätorter med uppdaterade typhalter, markanvändning och avrinning inom ett pågående projekt med syfte att rapportera belastning till HELCOM PLC7 år 2018, och enligt tidigare använd metodik som redovisas i Ejhed m.fl. (2016). Beräkningarna baseras på uppdaterade typhalter från modellen StormTac (kallas standardkoncentrationer i StormTac (version 2018-05-09) för respektive markanvändning inom tätort till dagvatten.

Metaller

Belastningen av metaller har beräknats inom en tidigare SMED studie ”Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor metaller, Ejhed m.fl. (2010)⁷” där källfördelning för metallerna Zn, Cd, Cu, Ni, Pb och Hg presenterades för hela Sverige. I denna rapport har beräkningarna uppdaterats med avrinning och markanvändning från det pågående PLC7 projektet. Avrinningsperioden år 1997-2016 har använts. Markanvändningen för hela Sverige bygger på Lantmäteriets GSD-Vägkartan (1:100 000) från år 2013 (med senaste ändringar 2014-01-13) överlagrad med jordbruksblock kartan från 2016 samt hyggesarealer från Skogsstyrelsen (södra Sverige 5 års areal, norra Sverige 10 års arealer). Tätorter avgränsas av SCB:s tätortskarta för år 2015. Markanvändning inom tätorter har hämtats från Svensk MarktäckeData (SMD) år 2000 eftersom den nya SMD inte var klar då PLC7 projektet sammanställde markanvändningen. Typhalter inom tätorter har uppdaterats med ett uttag från StormTac databasen 2018-04-29. Utsläpp från industrier och avloppsreningsverk har tagits ut från SMP gällande år 2016. Deposition och belastning från enskilda (små) avlopp har överförts med GIS kopplingar till

⁶ Ejhed H., Widén-Nilsson E., Tengdelius Brunell J., Hytteborn J., (2016)

Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2014. Sveriges underlag till Helcoms sjätte Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:12.

⁷ Ejhed Liljeberg M., Olshammar, M., Wallin, M., Rönnback, P., Stenström, A. (2010) Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport. SMED Rapport Nr 41 2010

vattenförekomstområden (version 2016) från PLC5 delavrinningsområden i tidigare SMED uppdrag och beskrivs i Ejhed m.fl. 2010.

Tidigare beräkningar av belastningen från riksvägar som beräknats av Ejhed m.fl. (2010) redovisas separat och jämförs enbart per havsbassäng mot andra källor beräknade i den rapporten.

Organiska föroreningar

Belastningen av vissa organiska ämnen har tidigare beräknats inom en SMED studie ”Diffusa emissioner till luft och vatten” (Hansson m.fl., 2012)⁸. I den studien presenterades uppskattningar för geografisk fördelning av atmosfärisk deposition, dagvatten och utsläpp från punktkällor fördelade per vattendistrikt. I föreliggande rapport har beräkningarna för dagvattenbelastningen uppdaterats med samma metodik som för metaller, dvs. med uppdaterade data för avrinning och markanvändning från det pågående PLC7 projektet, samt uppdaterade typhalter inom tätorter från StormTac uttag 2018-04-29. I beräkningarna uppskattades endast dagvattenbelastning från tätortsytor. Beräkningar av uppskattat bidrag från det statliga vägnätet ingick inte. I beräkningarna ansattes inte heller någon rening i våtmarker och dagvattendammar. Bidraget av organiska ämnen från atmosfäriskt nedfall till vatten uppskattades med metodiken beskriven i Hansson m.fl. 2012, men med uppdaterade värden för nedfallet (data från nationell miljöövervakning av organiska ämnen i luft och nederbörd för 2016). För mer information om metodiken se Hansson m.fl., 2012.

Substansflödesanalyser av några föroreningar som berör dagvatten

Substansflödesanalyser (SFA) kan användas för att beskriva hur ett ämne rör sig i miljön: Diagrammen ger en schematisk bild av ett ämnes hela livslängd, från tillverkningsfasen via användning av varor och produkter, vidare via avfallsled och slutligen transport till olika miljömatriser så som vatten och mark.

I rapporten presenteras substansflödesdiagram för några ämnen som berör dagvatten från tidigare genomförda forskningsprojekt. Dessa substansflödesdiagram visar flöden av ämnen på olika geografiska skalor och under olika tidsperioder:

Sverige: PFOS (Hansson m.fl., 2016)

⁸ Hansson m.fl. (2012) Diffusa emissioner till luft och vatten. SMED Rapport Nr 106 2012

Stockholm: PentaBDE, Nonylfenoler (COHIBA projektet, Pettersson m.fl., 2012)⁹

Omfattning av problemen med belastning och påverkan från dagvatten

Utvärderingen av omfattningen av problemen med belastning från dagvatten genomfördes framförallt genom att undersöka hur stor del av belastningen som dagvatten bidrog med i förhållande till andra källor, och metoden beskrivs i avsnittet ovan. Omfattningen av problemen beräknades också som antal vattenförekomster där dagvatten är en dominerande källa (se nedan) samt genom att jämföra belastningen av dagvatten med statusklassningen för vattenförekomster enligt vattenmyndigheterna. Dessutom sammanställdes faktiska uppmätta halter av föroreningar i dagvatten (se nedan).

Kvantifiering av antalet vattenförekomstområden där dagvatten dominerar belastningen

För att ge ytterligare perspektiv på hur omfattande problemen med dagvatten är så kvantifierades antal vattenförekomster där dagvatten dominerar belastningen. Dominerande belastning definieras genom beräkning där dagvattenbelastningen var >50%, >75%, >90% och = 100% av den totala belastningen.

Jämförelse mellan belastning från dagvatten och statusklassning av vattenförekomster

För att få en koppling mellan beräknad belastning på vatten och dess påverkan på vattenförekomster genomfördes för metallerna kadmium, bly, nickel, kvicksilver, zink och koppar en jämförelse av den beräknade belastningen och Vattenmyndigheternas statusklassning.

Vattenmyndigheternas senaste statusbedömning för sjöar, kustvatten och vattendrag från och med att förvaltningscykel 2 inleddes 2011-01-01 hämtades från VISS¹⁰ och kopplades med beräkningsfilen för belastning från dagvatten. För de vattenförekomstområdena med beräknad dominerande belastning (>50%) från dagvatten för respektive metall sammanställdes information om:

⁹ Pettersson M., Palm Cousins A. och Hansson K., (2012): Work package 4: Identification of sources and estimation of inputs/impacts on the Baltic Sea. COHIBA Project Consortium.

¹⁰

<https://viss.lansstyrelsen.se/Exports.aspx?pluginType=StaticFiles&pluginGuid=25D838E3-245C-4C8D-BB52-1008FD95F5DE&Category=2>

- Generell statusklassning av vattenförekomster med avseende på ekologisk status (zink och koppar) respektive kemisk status utan överallt överskridande ämnen¹¹ (övriga metaller)
- Statusklassning med avseende på ämnen
- Statusbedömningssammanställning med avseende på påverkan från diffusa källor: ”Urban markanvändning” samt ”Transport och infrastruktur”

Vidare sammanställdes hur stor procentuell andel dagvatten av den totala belastningen på vatten som beräknades i de områden som Vattenmyndigheterna har klassat som betydande påverkan av dagvatten (diffusa källor: ”Urban markanvändning” samt ”Transport och infrastruktur”). Den diffusa källan ”Transport och infrastruktur” omfattar dock utöver transporter på land också bedömningar utifrån halten tributyltenn i sediment som kan återspegla användning av båtbottenfärger, vilket alltså återspeglar också transporter på vatten.

Uppmätta halter av föroreningar i dagvatten

Uppmätta halter för vattentypen dagvatten av kväve, fosfor, metaller och organiska miljöföroreningar som finns tillgängliga i Naturvårdsverkets Screeningdatabas¹² sammanställdes. I denna sammanställning av faktiska uppmätta halter i dagvatten inkluderas alla ämnen som har ingått i de undersökningar som finns i databasen. D.v.s. vi begränsar inte redovisningen till det urval av ämnen som valdes ut p.g.a. av prioritet i vattenförvaltningen och möjlighet att beräkna, eftersom det ofta förekommer fler ämnen i miljön som inte har tagits upp på listorna över prioriterade ämnen. Det visar att det finns behov av kontinuerlig miljöövervakning i kombination med screening undersökningar. För alla ämnen beräknades också detektionsfrekvens samt min-, max- och medelvärde.

Osäkerheter

Osäkerheten i typhalter som har använts för att beräkna belastningen har bedömts för metaller och organiska föroreningar.

¹¹ Gränsvärden för kvicksilver och polybromerade difenyletrar (PBDE) överskrids i alla Sveriges ytvattenförekomster pga. atmosfärisk deposition. Detta medför att samtliga ytvatten i Sverige klassificeras till uppnår ej god kemisk status med avseende på kvicksilver och PBDE. För att problem med andra prioriterade ämnen inte ska överskuggas av de överallt överskridande ämnena presenteras kemisk status exklusive dessa ämnen.

¹² <https://www.ivl.se/sidor/omraden/miljodata/miljogifter-i-biologiskt-material/databas-screening.html>

Typhalter för diffusa källor av metaller har sammanställts av Ejhed m.fl. 2010¹³. Nya mätningar från miljöövervakning inom Kalkeffektuppföljningen samt mätdata från små områden med dominerande markanvändning från SLU har använts för att utvärdera om typhalterna borde uppdateras eller om de ligger inom variationerna i senast tillgängliga mätdata.

StormTac databasens standardkoncentrationer för både metaller och organiska föroreningar har granskats och osäkerheten beskrivs från tillgänglig information.

För näringsämnen beskrivs tillförlitligheten i olika indata i Ejhed m.fl.2016¹⁴ och hanteras inte vidare i denna rapport.

Osäkerheter i rening av dagvatten

Dagvatten från vissa områden genomgår rening i t.ex. dagvattenanläggningar och/eller dammar, och i vissa områden leds dagvatten genom kombinerade ledningsnät till avloppreningsverk för rening. Beräkningarna av belastning av kväve och fosfor från dagvatten inkluderar minskad belastning tack vare rening. Beräkningarna baseras på andel av dagvattenmängden som genomgår rening enligt enkätundersökningar riktat till kommunerna och schabloner för reningseffektivitet från Stormtac databasen (Olshammar m.fl. 2015¹⁵). Dagvattenreningen i de 22 största kommunerna samlades in genom en tidigare enkät (Ryegård m.fl. 2007¹⁶). I de 22 största kommunerna varierade andelen av dagvattnet som genomgår någon form av rening innan det går till recipient mellan 80% i Växjö och 0% i Uppsala och Huddinge. Schablonantagandet i mindre städer är att 8 % av dagvattenvolymen genomgår någon form av rening. Det finns dock stor osäkerhet i hur stor andel av dagvattenmängden som renas, bland annat eftersom bortfallet i enkätundersökningen var 64 % på kommunnivå. I denna rapport har rening för metaller och organiska ämnen inte inkluderats eftersom sammanställning av schabloner för rening inte rymts inom ramen för detta projekt. Det

¹³ Ejhed H., Liljeberg M., Olshammar, M., Wallin, M., Rönnback, P., Stenström, A. (2010) Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport. SMED Rapport Nr 41 2010.

¹⁴ Ejhed H., Widén-Nilsson E., Tengdelius Brunell J., Hytteborn J., (2016) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2014. Sveriges underlag till Helcoms sjätte Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:12.

¹⁵ Olshammar M., Mietala J., Ek M. (2015) Underlagsrapport för C-anläggningar och dagvatten till FUT-rapporteringen 2011. SMED Rapport Nr. 165 2015.

¹⁶ Ryegård, A., Olshammar, M., Malander, M., Roslund, M. (2007) Förbättring av dagvattenberäkningar. SMED Rapport Nr 8 2007.

innebär att belastningen av metaller och organiska föroreningar från dagvatten kan vara överskattad.

Osäkerheter i typhalter

I StormTac-databasen anges standardkoncentrationer för olika ämnen och typer av markanvändning. Nedan generella information om standardkoncentrationerna har erhållits från Thomas Larm, grundaren av StormTac. Referenserna som ligger till grund för schablonerna varierar i antal för de olika ämnena, men målsättningen är att undersökningarna har gjorts med flödesproportionell provtagning under lång tid (flera månader till år) och att årsmedelhalter redovisas. Standardkoncentrationerna uppdateras kontinuerligt då nya data tillkommer. Om det finns studier som omfattar flera fallstudier kan de viktas högre än andra referenser. För marktyper med lite dataunderlag kan standardkoncentrationen dels vara baserad på kalibrering mot befintliga fallstudier, dels vara avvägd gentemot annan likvärdig markanvändning där det finns tillförlitliga provtagningsdata att tillgå. Vid uppdatering av data för en typ av markanvändning kan därför standardkoncentrationerna även för andra typer av markanvändning komma att ändras.

I StormTac-databasen anges ett mått på hur säker den uppskattade standardkoncentrationen är (hög, medel eller låg). Generellt sett är antalet referenser och därmed också säkerheten högre för näringsämnen och metaller än för organiska föroreningar, med variationer mellan olika typer av markanvändning.

Näringsämnen

Tillförlitligheten i belastningsberäkningarna för näringsämnen har redovisats i samband med PLC6 projektets rapportering (Ejhed m.fl. 2016). Dagvatten bedömdes ha viss osäkerhet i typhalter speciellt för ytor som inte är hårdgjorda som urbana grönytor. Totalt för belastningen uppmanas iaktta viss försiktighet vid nyttjande av data och stor försiktighet vid användning i enskilda vattenförekomstområden.

Metaller

I StormTac-databasen anges standardkoncentrationer (typhalter) som använts för markanvändning inom tätorter för bly, koppar, zink, kadmium, nickel och kvicksilver baserade på ett varierande antal referenser för de olika ämnena och typer av markanvändning. Typhalten är i en del fall detsamma som medianen av de värden som anges i referenserna och i en del fall något annorlunda. Det finns flest referenser för villaområde, industriområde och centrumområde (ca 40-80 stycken för koppar, zink och

bly och 20-45 för kadmium och nickel). Kvicksilver har få referenser. Typhalterna för bly baseras generellt sett på referenser efter 1995 då blyförbudet i bensin infördes.

Typhalterna som har använts för skogsmark och övrig mark för olika ekoregioner utanför tätorter togs fram av Ejhed m.fl. 2010. Dessa typhalter har jämförts med nya mätdata (Appendix 3). För flera av ekoregionerna kan man se en tydlig skillnad mellan typhalten och de nya uppmätta värdena för flera av metallerna. Oftast ligger typhalten under medianvärdet för de nyare data vilket innebär att belastningen som beräknas för skogsmark och övrig mark utanför tätorter kan vara underskattad. Antalet mätdata är få och naturliga variationer kan vara en naturlig orsak till skillnader i resultaten. En anledning till skillnaderna kan dock vara att de slumpvist utvalda vattendragen är små vattendrag och om typhalterna är baserade på större vattendrag kan både skillnader i retention samt skillnader i surhet och humushalt påverka resultatet. Små vattendrag kan vara surare och innehålla högre humushalt och då innehålla högre metallhalter. De har också troligtvis lägre retention (inga sjöar och bara små vattendrag där avskiljningen blir liten) som också ger högre metallhalter. För framtida jämförelser skulle tidsserier av mätvärden för ett slumpvist urval av vattendrag kunna ge en mer tillförlitlig bild av metallläckaget från skog respektive öppen mark.

Vissa metaller är essentiella och till stor del naturligt förekommande i miljön (till exempel koppar, zink och kadmium). Ofta förekommer metaller bundna i partikulär form. Effekter i miljön uppstår då halterna överskrider gränsvärden, och då den biotillgängliga halten blir för hög. I detta projekt rymdes inte beräkningar av den biotillgängliga andelen av belastningen, vilket begränsar möjligheten att bedöma påverkan på recipienterna av belastningen.

Organiska ämnen

I StormTac-databasen anges typhalter dels för summa PAH(16) och dels för de enskilda PAH som ingår i summan. Summa PAH(16) stämmer dock inte med de summerade typhalterna för de 16 enskilda PAH komponenter. Orsaken är bl.a. olika datakällor. Dessutom är vissa standardkoncentrationer för enskilda PAH'er lika stora eller större än PAH(16), t.ex. för kategorin Industri är typhalten för PAH(16) och flouranten lika stora (0.001 mg/l) och för kategorin Sjö och vattendrag är typhalten för naftalen högre än värdet för PAH(16) (0.00011 respektive 0.00007 mg/l).

För många av de övriga organiska ämnen i databasen saknas det angivna referenser till många av standardkoncentrationerna. För dessa ämnen används samma standardkoncentration för flera liknande

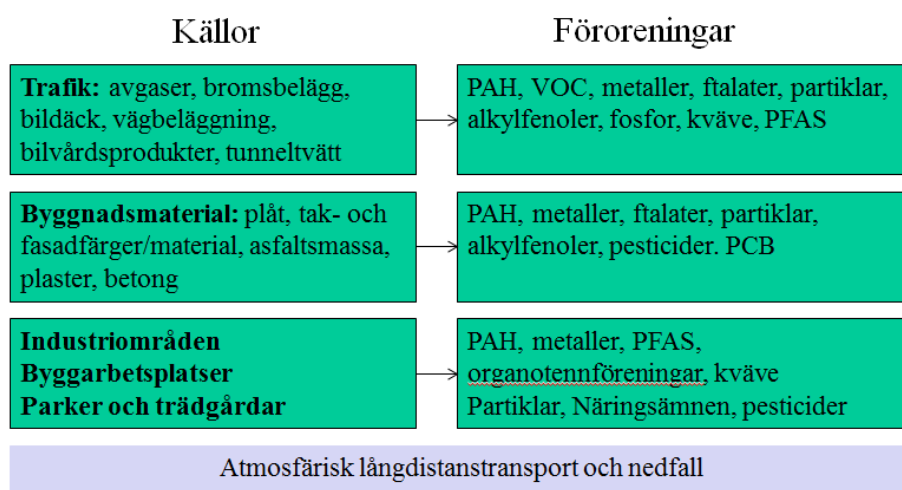
markanvändningskategorier. Med undantag för några enstaka organiska ämnen, t.ex. PAH(16), är dataunderlaget relativt litet i databasen.

För PFOS finns det endast standardkoncentrationer för två av marktyperna (enstaka hus, mycket grönyta och handelsplats) samt för atmosfärisk deposition i StormTac-databasen. För att kunna uppskatta belastningen till dagvatten, har vi inom föreliggande studie, tillskrivit standardkoncentrationen för handelsplats till marktypen: industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn, deponi; schablonvärdet för enstaka hus, mycket grönyta tillskrevs övriga marktyper med bebyggelse och schablon för deposition de övriga marktyperna. Dessa resultat bör därför ses som indikativa.

Resultat

Primära källor och potentiell påverkan av föroreningar i dagvatten

I det här avsnittet presenteras information om användning, spridningsvägar och hälso- och miljöeffekter som prioriterades i denna studie. Ämnesinformationen för flertalet av dessa har nyligen uppdaterats av SMED på uppdrag av Naturvårdsverket för presentation på det svenska utsläppsregistret UTIS ”Utsläpp i siffror” hemsida. För dessa ämnen (ej HCH, PCB och PFOS) har vi här utgått från samma information, men i något förkortad version, som på UTIS. I Figur 1 visas exempel på källor till föroreningar i agvatten.



Figur 1. Exempel på källor till föroreningar i dagvatten (baserat på Wiklander M., 2017).

Näringsämnen

Fosfor

Ungefär 90 % av den fosforsyra som produceras används för att tillverka gödselmedel.¹⁷ Fosfor används också inom metallurgisk industri, för produktion av pyrotekniska produkter, i rengöringsmedel, i medicin och i tändstickor.

¹⁷ <http://www.essentialchemicalindustry.org/chemicals/phosphoric-acid.html>

Fosforföreningar förekommer naturligt i alla levande organismer. Knappt hälften av den totala tillförseln av fosfor till havet härrör från naturliga källor. Resterande del av tillförseln är antropogen.¹⁸ Fosfater kommer ut i miljön bland annat via användning av konstgödsel, från enskilda avlopp och reningsverk, från industrin samt från användning av tvätt- och rengöringsmedel.^{19, 20} En orsak till ökade näringsnivåer i havet, då särskilt när det gäller fosfor, är den "inre belastningen" vilket innebär att fosforreserver som ackumulerats i havsbottens sediment förs tillbaka till vattenmassan under syrefattiga förhållanden.²¹ De största punktkällorna för utsläpp av totalfosfor i Sverige är massaindustrin samt avloppsreningsverk.²²

I sötvattensmiljöer är det nästan alltid fosfater som orsakar övergödning.^{23, 24} Cyanobakteriers masstillväxt (blomning) gynnas av god tillgång på näringsämnen, främst fosfor och kväve.²⁵ När cyanobakterierna dör kan toxiner frigöras i vattnet. Dessa toxiner kan orsaka djurs sjukdom eller dödsfall. Största riskgrupperna är hundar, nötkreatur, får, sjöfågel och odlad fisk.²⁶

Hos människa kan ett för högt fosforintag skada njurarna och även påverka skelettet. Fosforbrist är mycket ovanligt men kan leda till urkalkning av skelettet, skada njurarnas funktion samt ge nerv- och muskelproblem.²⁷

Kväve

Inom livsmedelsindustrin används flytande kväve för snabb infrysning av livsmedel. Kvävgas används för förpackning av livsmedel för att förlänga produkternas hållbarhet. Inom industrin används flytande kväve vid krymppassning, en teknik som gör att metalldelar kan sättas samman utan

¹⁸

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>

¹⁹ <http://prtr.ec.europa.eu/>

²⁰ <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruketochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>

²¹ HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. Balt. Sea Environ. Proc. No. 115B

²² <http://prtr.ec.europa.eu/>

²³ <http://www.airclim.se/f%C3%B6rurning-och-%C3%B6verg%C3%B6dning#effects>

²⁴ <http://www.greppa.nu/miljo-och-klimat/overgodning/fosfor.html>

²⁵ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/cyanobakterier-blagrona-alger>

²⁶ <http://www.sva.se/djurhalsa/fodersakerhet/kemiska-faror-i-foder/algtoxinpaverkan-pa-djur>

²⁷ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/salt-och-mineraler1/fosfor>

bultar och svetsfogar. Kvävgas används för kväveinvertering, en teknik som innebär att luft i till exempel lagringstankar för kemikalier byts ut mot kvävgas. Detta för att förhindra att lättantändliga kemikalier börjar brinna. Kväve används också vid tillverkning av ammoniak, vilket är den viktigaste råvaran för tillverkning av konstgödselmedel.^{28, 29}

Knappt hälften av den totala kvävetillförseln till havet härrör från naturligt läckage från skog och mark. Resterande del av tillförseln är antropogen.³⁰ Kväve bildar, vid höga temperaturer, kväveoxider tillsammans med syre. Utsläpp av kväveoxider är därför starkt kopplat till förbränningsprocesser.³¹ Kväveoxid avgår till luft, varvid det ombildas (till nitrat och salpetersyra) och deponeras till mark.³² Tillsammans med väte kan, både naturligt och industriellt, kväve bilda ammoniak. Ammoniak avgår till luft, varvid det omvandlas till ammonium (NH_4^+) och deponeras till mark, vatten och vegetation.³³ Omvandlingen från kväveoxid till nitrat och salpetersyra och från ammoniak till ammonium kan ske både före och efter deposition.³⁴

De största punktkällorna för utsläpp av totalkväve till vatten i Sverige är pappers-, kartong- och massaindustrin.³⁵ Exempel på naturliga källor till kväveoxider är skogsbränder och blixtoväder.³⁶ I Sverige är transportsektorn den enskilt största källan till kväveoxider till luft.³⁷ Av de stora punktkällorna bidrar massa-, energi- och metallindustrin mest till de nationella utsläppen.³⁸ Gödselhantering inom jordbruket är den enskilt största källan till ammoniakutsläpp i Sverige.³⁹

²⁸ http://www.aga.se/sv/products_ren/gas_school/solutions_nitrogen/index.html

²⁹ Ahlgren, S., Bauer, F., Hulteberg, C. (2015). Produktion av kvävegödsel baserad på förnybar energi - en översikt av teknik, miljöeffekter och ekonomi för några alternativ. Rapport nr 082. Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

³⁰ <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ingenovergodning/jordbruket/ochovergodningen.4.4b00b7db11efe58e66b80001608.html>

³¹ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kvaveoxider/>

³² <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/91-620-8089-X.pdf?pid=3879>

³³ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>

³⁴ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/91-620-8089-X.pdf?pid=3879>

³⁵ <http://prtr.ec.europa.eu/>

³⁶ <http://www.npi.gov.au/resource/oxides-nitrogen-0>

³⁷ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Kvaveoxid-till-luft/>

³⁸ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kvaveoxider/>

³⁹ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Ammoniak-utslapp-till-luft/>

Nedfall av kväve leder till försurning och övergödning av mark och vatten.⁴⁰ Försurning skadar växt och djurlivet, både på land och i vatten.⁴¹ När marken försuras utlakas viktiga näringsämnen, vilket på sikt kan innebära minskad tillväxt i våra skogar. Dessutom frigörs metaller, som kan skada såväl nedbrytarna i marken liksom fåglar och däggdjur högre upp i näringskedjorna, inklusive människan.⁴² Övergödning innebär ett överskott av näringsämnen (t.ex. kväve) i mark eller vatten.⁴³ Detta tillstånd hotar den biologiska mångfalden genom att de arter som trivs i en näringsrik miljö riskerar att konkurrera ut de arter som är anpassade till en mer näringsfattig miljö.⁴⁴ Kväveoxid är, tillsammans med flyktiga organiska föreningar (NMVOC) och solljus, involverad i bildandet av marknära ozon. Marknära ozon kan ge skador på växtlighet och under episoder med höga halter kan människor drabbas av irritation i andningsvägarna.

Metaller

Kadmium

Kadmium finns naturligt i berggrunden i Sverige och förekommer därför även i jordar och i grundvatten. Bakgrundshalterna varierar över landet och höga halter är förknippade med sedimentära bergarter. Markens översta jordlager har ofta en högre koncentration av metallen, till skillnad mot underliggande lager, vilket beror på att växternas rötter tar upp kadmium från djupare lager som sedan hamnar på markytan som växtrester. Under 1940-talet togs kadmium i mer omfattande bruk för framställning av batterier, färgämnen, stabilisatorer, PVC-plast, rostskyddsbehandling, legeringar och galvanisering av stål.⁴⁵ Idag är användandet av kadmium hårt begränsat men ämnet används ännu i vissa batterier, färgpigment och konstgödsel. Elektronik som importerats kan ännu innehålla kadmium.⁴⁶

Kadmium når luften genom förbränning av fossila bränslen, sopor, metalltillverkning och från pappersmassaindustrin.⁴⁷ Kadmium i vatten

⁴⁰ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Kvaveoxider/>

⁴¹ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>

⁴² <http://www.airclim.se/f%C3%B6rsurningens-effekter>

⁴³ <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>

⁴⁴ <http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/7-Ingen-overgodning/>

⁴⁵ https://stud.epsilon.slu.se/1014/1/magnusson_n_100409.pdf

⁴⁶ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kadmium/>

⁴⁷ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5882-1.pdf?pid=3481>

kommer förutom från urlakning från rening av avloppsvatten. I avloppsvatten återfinns kadmium komplexbundet till organsikt material och mer sällan som fria metalljoner.⁴⁸ De vanligaste formerna av kadmium i vatten är löst i jonform, komplex med oorganiska ämnen eller komplex med organiska molekyler.⁴⁹ Halterna av kadmium i luft och grundvatten är mycket låga i Sverige. De högsta halterna i luft har observerats i stadsmiljö där kadmium förekommer bundet till partiklar.⁵⁰ Tillförsel av kadmium till åkermark sker genom handelsgödsel och rötslam även om mängderna minskats sker ännu en nettoökning av kadmium i åkermark. Vid låga pH lakas mer kadmium ur marken vilket på senare tid inneburit att mer kadmium istället når vattendrag. Eftersom kadmium till skillnad mot andra metaller binder löst till jordpartiklar är den betydligt lätttrögligare i mark och tas därför lättare upp av växter.⁵¹ För människor är kosten den största exponeringskällan och skador på njurarna, minskad bentäthet, hormonberoende cancer, hjärtsjukdomar kan orsakas av förhöjda kadmiumnivåer.⁵² Kadmium är skadligt för miljön och hämmar tillväxten hos växter genom nedsatt förmåga att bilda klorofyll (kloros). Kadmium orsakar även reproduktionsstörningar hos landlevande djur och fåglar precis som marklevande organismer som kan påverkas.^{53, 54}

Nickel

Nickel finns i ett flertal mineral men i sparsamma och inte brytvärda mängder i Sverige. Högre bakgrundshalter av nickel i jorden kan förekomma regionalt.⁵⁵ I början av 1800-talet bröts nickel inom Sverige men från mitten av århundradet importeras det från andra områden i världen. På grund av Nicklets höga motståndskraft mot rost används metallen framför allt som legeringsmedel⁵⁶ och för att skapa legeringar som tål högre

⁴⁸ http://www.smed.se/wp-content/uploads/2011/05/SMED_Rapport_2010_41.pdf

⁴⁹ http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/pdf1/rapporter/avlopp/paverkan_av-industri-och-samhalle/kadmium---miljo-och-halsoaspekter-vid-slamspridning.pdf

⁵⁰ <http://utslappsiffror.naturvardsverket.se/Sok/Lista-over-utslapp-per-anlaggning/?lan=0&huvudbransch=0&sid=91&limit=0-m>

⁵¹ http://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/pdf1/rapporter/avlopp/paverkan_av-industri-och-samhalle/kadmium---miljo-och-halsoaspekter-vid-slamspridning.pdf

⁵² <https://ki.se/imm/kadmium-0>

⁵³ Scheumammer, 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environmental Pollution*. 46(4): 263-295

⁵⁴ Neathery & Miller, 1975. Metabolism and Toxicity of Cadmium, Mercury, and Lead in Animals: A Review. *Journal of Dairy Science*. 58(12): 1767-1781

⁵⁵ http://se.nickelmountain.se/wp-content/uploads/2014/01/SGU-Mineralmarknaden-Tema-Nickel-perpubl_2007-1.pdf

⁵⁶ <http://webapps.kemi.se/flodesanalyser/AmnesInfo.aspx?amne=oorganiskanickelsalter>

temperaturer och kan användas i jetmotorer, raketer eller gasturbiner. Andra användningsområden är uppladdningsbara batterier, batterier till elbilar, katalysatorer, smycken och mynt.^{57, 58, 59}

Nickel som finns i luften är i huvudsak från långväga transport genom förbränning av fossila bränslen från metallindustrier och framställning av pappersmassa. Mätningar i mossor visar att medelkoncentrationen av nickel har minskat sedan 1975⁶⁰ och idag är nedfallet i Sverige mycket lågt.⁶¹ De största utsläppen av nickel till vatten kommer från avloppsreningsverk och pappersmassaanläggningar. I stadsmiljö finns nickel i däck, bromsbelägg, bilkarosser från äldre bilar, asfaltbeläggning⁶² men även här är halterna av nickel låga idag.⁶³ Den dominerande formen i vatten är jonform och olika komplex med karbonater och DOC. Nickel komplexbinds till organiskt material i jord och med oxider av järn, aluminium och mangan och är relativt lösligt vid låga pH-värden.⁶⁴

Nickel behövs i små mängder för normal tillväxt och utveckling hos vissa växter och djur. För höga halter i mark är giftigt och kan bland annat påverka den mikrobiella aktiviteten och leda till försämrade grobarhet och produktion.⁶⁵ Människor exponeras för nickel via luftvägarna, livsmedel och genom direktkontakt med föremål innehållande nickel. En vanlig reaktion på nickel är kontaktallergi med symptom som utslag eller eksem. Hos särskilt utsatta yrkesgrupper kan långvarig exponering av nickel orsaka snuva, astma eller cancer i bihålorna och lungor.^{66, 67}

⁵⁷ http://se.nickelmountain.se/wp-content/uploads/2014/01/SGU-Mineralmarknaden-Tema-Nickel-perpubl_2007-1.pdf

⁵⁸ http://se.nickelmountain.se/wp-content/uploads/2014/01/SGU-Mineralmarknaden-Tema-Nickel-perpubl_2007-1.pdf

⁵⁹ <https://www.lme.com/metals/non-ferrous/nickel/production-and-consumption>

⁶⁰ <http://www.ivl.se/download/18.76c6e08e1573302315f20e/1474381195136/C204.pdf>

⁶¹ <http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/remisser-och-yttranden/remisser-2018/luftguiden/luftguiden-2018-x-remiss-20180611.pdf>

⁶² <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:675253/FULLTEXT01.pdf>

⁶³ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Nickel-halter-i-luft-gaturum-och-urban-bakgrund-arsmedelvarlden/>

⁶⁴ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5536-4.pdf>

⁶⁵ Ahmad, M. S. A. och Ashraf, M. 2011. Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. Review Environmental Contamination and Toxicology.214: 125-167.

⁶⁶ <http://www.amm uppsala.se/nickel>

⁶⁷ Estlander, T. Kanervo, L., Tupasela, O. Keskinen, H. och Jolank, R. 1993. Immediate and delayed allergy to nickel with contact urticaria, rhinitis, asthma and contact dermatitis. Clinical and experimental allergy, 23(4): 306-310.

Kvicksilver

Kvicksilver utvinns ur malmen cinnober som inte förekommer i brytvärda mängder i Sverige. Tidigare användningsområden var bland annat för guldframställning eftersom det är ett av få ämnen som reagerar med guld. Kvicksilver användes även som läkemedel och för att laga tändar.⁶⁸ I Sverige har det varit förbjudet att använda kvicksilver och kvicksilverhaltiga varor sedan 2009. Vissa undantag finns för varor som omfattas av EU-regler såsom lågenergilampor, batterier och fordon. Tidsbegränsade undantag eller dispenser från det svenska förbudet förekommer också för exempelvis mätinstrument, analyskemikalier och viss amalgamanvändning.

En stor del av utsläppen kommer från förbränning av fossila bränslen.⁶⁹ I Sverige kommer det mesta av kvicksilvret via atmosfäriskt nedfall genom långväga lufttransport från skogsbränder och vulkanutbrott. Andra utsläppskällor är krematorier, soptippar, deponier, industrier och avloppsreningsverk. Utsläppen från svenska punktkällor till luft och vatten är ungefär lika stora. Sedan 1990 har utsläppen av kvicksilver minskat kraftigt, både i Sverige och i EU och koncentrationen av kvicksilver i mossor följer den nedåtgående trenden i Europa.

Trots att kvicksilver håller på att fasas ut går det fortfarande att spåra kvicksilver i mark, vatten och sediment. Det beror på att kvicksilver inte kan brytas ned i miljön och binder mycket hårt till marken. En liten del når dock omgivande vattendrag och sjöar genom avrinning.^{70, 71, 72} På vägen kan en del av kvicksilvret omvandlas till metylkvicksilver som lätt tas upp av

⁶⁸ <https://illvet.se/fysik/periodiska-systemet/det-periodiska-systemet-kvicksilver>

⁶⁹ <https://www.kemi.se/hitta-direkt/lagar-och-regler/ytterligare-eu-regler/kvicksilver/kort-om-kvicksilver>

⁷⁰ Skyllberg U. Bloom, P. R., Qian, J., Lin, C-M. och Bleam, W.F. 2006. Complexation of mercury (II) in soil organic matter: EXAFS evidence for linear two-coordination with reduced sulfur groups.

⁷¹ Hintelmann, H., Harris, R., Heyes, A., Hurley, J.P., Kelly, C.A., Krabbenhoft, D.P., Lindberg, S., Rudd, J.W.M., et al. Reactivity and mobility of new and old mercury deposition in a boreal forest ecosystem during the first year of the METAALICUS study. *Environmental Science and Technology*, 2002; 36:5034–5040. *Environmental Science & Technology*, 40:4174–4180.

⁷² Lee, Y.H., Bishop, K.H. och Munthe, J. 2000. Do concepts about catchment cycling of methylmercury and mercury in boreal catchments stand the test of time? Six years of atmospheric inputs and runoff export at Svartberget, northern Sweden. *Science of the Total Environment*, 260:11–19.

biota.^{73, 74} Kvicksilver är mycket giftigt och utgör ett hot mot både människor och miljö. I områden med förhöjda kvicksilverhalter kan den mikrobiella aktiviteten i jorden hämmas, och därmed näringsomsättningen och markens produktionsförmåga.^{75, 76} Kvicksilver sprids via näringskedjan från växter till djur och anrikas över tid. Metylkvicksilver bioackumuleras uppåt i näringskedjan och hos arter högst upp i näringskedjan kan reproduktionsförmågan påverkas och beteendestörningar uppstå.⁷⁷ I Sverige exponeras människor framför allt av metylkvicksilver via intag av fisk men även av kvicksilverånga från tandamalgam.⁷⁸ Metylkvicksilver kan ge skador på hjärnan, det centrala nervsystemet och öka risken för hjärtattacker. Foster och barn är särskilt känsliga.⁷⁹

Arsenik

Arsenik är en halvmetall som finns naturligt som mineral i sulfidförande malm och förekommer därmed via urlakning även i grundvattnet inom Sverige. Arseniks giftiga egenskaper har gjort ämnet lämpligt att använda som impregneringsmedel för trä och som bekämpningsmedel inom jordbruket som skydd mot sjukdomar, parasiter och skadedjur. Sedan 2007 är användningen i träskyddsmedel helt borta i Sverige.^{80, 81} Användning av arsenik är reglerad men används fortfarande i metallvaruindustrin och till liten del inom färgindustrin.⁸²

⁷³ Bringmark, L. & Bringmark, E. 2001. Lowest effect levels of lead and mercury on decomposition of mor layer samples in a long-term experiment. *Water Air Soil Pollution: Focus*. 1: 425-437.

⁷⁴ Bringmark, L. & Bringmark, E. 2001. Soil Respiration in relation to small-scale patterns of lead and mercury in mor layers of southern Swedish forest sites. *Water Air Soil Pollution: Focus*. 1: 395-408.

⁷⁵ Bringmark, L. & Bringmark, E. 2001. Lowest effect levels of lead and mercury on decomposition of mor layer samples in a long-term experiment. *Water Air Soil Pollution: Focus*. 1: 425-437.

⁷⁶ Bringmark, L. & Bringmark, E. 2001. Soil Respiration in relation to small-scale patterns of lead and mercury in mor layers of southern Swedish forest sites. *Water Air Soil Pollution: Focus*. 1: 395-408^k<http://ki.se/imm/kvicksilver>

⁷⁷ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/metaller1/kvicksilver>

⁷⁸ <http://ki.se/imm/kvicksilver>

⁷⁹ Mergler, D., Anderson, H.A., Chan, L.H.M., Mahaffey, K.R., Murray, M., Sakamoto, M. and Stern, A.H. 2007. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *Ambio* 36, 3–11.

⁸⁰ <http://resource.sgu.se/produkter/pp/pp2005-4-rapport.pdf>

⁸¹ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Arsenik-As/>

⁸² <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Arsenik-As/>

Vid själva brytningen av arsenikmalm frigörs en del av arseniken till luften och vid den fortsatta förädlingen av malmen sker en lokal spridning till luften runt metallindustri och smältverk.⁸³ Övriga utsläpp till luften sker genom förbränning av kol, olja, avfall och från pappersmassaindustri. Huvudkällan för arsenik i luften är idag långväga diffus transport⁸⁴ Den arsenik som förekommer i luften är bundna till partiklar.⁸⁵ Utsläpp till vatten sker främst från energisektorn, avfallshantering och avloppsvattenrening.⁸⁶ Områden som tidigare förorenats av arsenik genom utsläpp från metallsmältverk, gruvindustri, och träimpregneringsanläggningar bidrar till fortsatt urlakning ur marken. Det finns mycket få mätningar av arsenik i gaturum och urban miljö och de mätningar som gjorts visar generellt mycket låga halter. Huvudkällan till arsenikexponering i Sverige är främst genom kost, dricksvatten och tobaksrökning.⁸⁷ Som de flesta metaller styrs arsenik av pH och redoxpotential och kan förekomma i olika former. Normalt binds dessa till järn- och aluminiumoxider samt jordpartiklar men arsenik bildar även starka komplex med humusämnen som är naturligt förekommande i jord och i bland annat dagvatten.⁸⁸ Arsenik anses vara cancerframkallande och långvarig exponering kan ge upphov till tumörer. Andra hälsoeffekter är andningsproblem, hudåkommor, hjärt- och kärlsjukdomar, nervskador, njurskador, missfall och fosterskador. Människor exponeras främst genom dricksvatten eller via föda som bevattnats med vatten innehållande förhöjda halter av arsenik.^{89, 90, 91, 92} När det gäller ekotoxiciteten så verkar den variera stort beroende på variationen av naturliga faktorer som råder i respektive miljö.⁹³

⁸³ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Arsenik-As/>

⁸⁴ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Tungmetaller/>

⁸⁵ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Arsenik-halter-i-luft-i-gaturum-och-urban-bakgrund-arsmedelvarlden/>

⁸⁶ <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/>

⁸⁷ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5882-1.pdf?pid=3481>

⁸⁸ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5536-4.pdf>

⁸⁹ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/>

⁹⁰ Mandal, B. K. och Suzuki, K. T. 2002. Arsenic round the world: a review. *Talanta*, 58: 201-235.

⁹¹ <http://ki.se/imm/arsenik>

⁹² Nordstrom, S., Beckman, L, och Nordenson, I. 1978. Occupational and environmental risks in and around a smelter verk in northern Sweden. *Hereditas*, 88 -90.

⁹³ <http://resource.sgu.se/produkter/pp/pp2005-4-rapport.pdf>

Koppar

Koppar kallas ibland den första industrimetallen eftersom den ursprungligen användes för att tillverka verktyg. I Sverige har spår efter kopparhantering påvisats vid Falu koppargruva från tiden ca 400 e. Kr.⁹⁴ Koppar finns naturligt i miljön bundet i olika mineraler, löst i vatten eller fastlagt i marken och sediment. Nära utsläppskällor kan förhöjda halter i jorden förekomma. I Sverige är transportsektorn den enskilt största källan av kopparutsläpp till luft. En stor mängd av dessa utsläpp kommer från bilarnas bromsbelägg. Tidigare var metallsmältverk en påtaglig utsläppskälla för koppar till luft men utsläppen har minskat kraftigt sedan rökgasrening förbättrats.⁹⁵ Avloppsreningsverk och pappers- och massaindustrin är de största källorna för utsläpp av koppar till vatten.⁹⁶ För både människor och djup är koppar ett nödvändigt spårämne men alltför höga koncentrationer kan ge skador.⁹⁷ Effekten av de höga koncentrationerna skiljer sig åt beroende på vilken form koppar förekommer i vilket styr dess biotillgänglighet. Framförallt akvatiska systems växter och bakterier samt markens mikroorganismer påverkas negativt av för höga halter av koppar. Människor exponeras huvudsakligen genom intag av föda och dricksvatten. Högt intag av koppar kan orsaka illamående och kräkningar samt andra mag- och tarmrelaterade besvär såsom magsmärtor och diarré. I vissa fall kan även leverskador uppstå.^{98,99}

Krom

Trots att krom är ett relativt vanligt ämne i jordskorpan så finns det endast ett kommersiellt brytbart mineral i dagsläget i Sverige. Den hantering av krom som trots allt förekommer är återvinning av cirka 64 000 ton krom varje år.¹⁰⁰ Krom användes tidigare i betong, för att garva läder och i färg men användningen i dessa produkter är idag begränsad.¹⁰¹

⁹⁴ SGU, Mineralmarknaden Tema: Koppar. Publikation 2003:5

⁹⁵ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/metaller1/koppar>

⁹⁶ <https://utslappisiffror.naturvarldsverket.se/Amnen/Tungmetaller/Koppar/>

⁹⁷ <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/metaller1/koppar>

⁹⁸ http://ki.se/sites/default/files/mhr2005_0.pdf

⁹⁹ Araya, M., Olivares, M., Pizarro, F., Llanos, A., Figueroa, G., Uauy, R. 2004. Community-Based Randomized Double-Blind Study of Gastrointestinal Effects and Copper Exposure in Drinking Water. *Environ Health Perspect* 10:1068-1073.

¹⁰⁰ <https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-material/krom/>

¹⁰¹ <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapssammanstallningar/kemisk-exponering-och-halsorisker-vid-hantering-av-elavfall-kunskapssammanstallningar-rap-2012-17.pdf>

Krom har dock en stor användning inom industrin och ingår i rostfritt stål för att öka korrosionsbeständigheten och för att ytbehandla andra metaller. De största utsläppen av krom till luft och vatten sker idag från metallindustrin, från restprodukter av pappersmassatillverkning och från sopförbränning samt läckage från deponier. Krom anses vara ett nödvändigt mikronäringsämne för människor och djur men som i allt för höga halter kan ge upphov till skador. Krom förekommer i olika former med varierande toxicitet. Sexvärt krom är mest toxiskt och kan ge upphov till cancer, mutationer eller reproduktionsstörningar. Sexvärt krom kan också påverka huden och luftvägarna och orsaka problem som eksem, sårbildning och näsirritation.^{102,103}

Zink

Zink bryts på många platser i Sverige och svenska jordar har en naturlig bakgrundshalt av zink. Förhöjda halter förekommer i malmförande områden och områden med sedimentär berggrund.¹⁰⁴ Zinkbeläggningar används som korrosionsskydd för att motverka rost och galvaniseras för att förlänga livslängden på andra metaller. Galvanisering står för mer än hälften av all förbrukning av zink. Zink används även för att tillverka mässing och som råvara i metallindustrin.

Förbränning av biomassa för el- och värmeproduktion är den enskilt största källan av zinkutsläpp till luft i dag. De totala utsläppen av zink till luft har minskat med cirka 40 procent sedan 1990-talet.¹⁰⁵ I stadsmiljö ger däck- och bromslitage upphov till stora mängder zink. Som exempelvis när galvaniserade stolpar och räcken utsätts för starkt korrosiv miljö genom förekomsten av salt och gör dem till en väsentlig källa för diffusa utsläpp av zink.¹⁰⁶ Massaindustrin står för de enskilt största utsläppen av zink till vatten, följt av mindre utsläpp från reningsverk.¹⁰⁷ Sveriges utsläpp till luft och vatten är dock förhållandevis små jämfört med andra Europeiska länder.

Zink bildar relativt starka komplex med DOC men kan gå i lösning vid låga pH-värden. I jord förekommer zink bundet till organiskt material och i en

¹⁰² https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4233/1/ah2000_21.pdf

¹⁰³ [Pechova & Pavlata, 2007. Chromium as an essential nutrient: a review. Veterinarni Medicina, 52\(1\): 1-18.](#)

¹⁰⁴ <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/forenadede-omraden/zink.pdf>

¹⁰⁵ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Zink/>

¹⁰⁶ <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:675253/FULLTEXT01.pdf>

¹⁰⁷ <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Zink-utslapp-till-vatten-fran-industrianlaggningar-/>

mindre andel bundet till järn- och manganoxider.¹⁰⁸ Zink är ett näringsämne som behövs i små mängder för växter och djur, men allt för höga halter kan vara toxiska. Zink är det näst vanligaste spårämnet i kroppen efter järn. Allmänheten exponeras för zink främst genom livsmedelsintag.¹⁰⁹

Organiska ämnen

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

Gruppen polycykliska aromatiska kolväten (PAH) består av flera hundra ämnen. PAH förekommer till exempel i fossila bränslen och i oljeprodukter. Stenkolstjära innehåller höga halter PAH.¹¹⁰ PAH sprids även till miljön via skogsbränder och vulkanisk aktivitet. Luft är en viktig spridningsväg. Utsläpp via avloppsreningsverk utgör en spridningsväg till vattenmiljön. Dagvatten utgör också en viktig spridningsväg i urbana miljöer. I vatten tenderar PAH att binda till partiklar och sedimentera.¹¹¹ Industriell verksamhet så som produktion och behandling av metaller, papper och trä samt energisektorn är viktiga källor till PAH.¹¹²

Spill av produkter innehållande PAH, till exempel eldningsolja eller fossila bränslen, kan leda till dess förekomst i mark och vatten. Förekomst av högaromatiska oljor (HA-oljor) i bildäck bidrar till spridningen av PAH i miljön, dels via däckslitage och dels då återvunna bildäck används för tillverkning av gummigranulat till material i konstgräsplaner.¹¹³

PAH är fettlösliga, oftast stabila och i en del fall bioackumulerande. Dess stabilitet innebär att de är svårnedbrytbara och att de kan spridas långt i miljön innan nedbrytning sker. PAH kan bli mycket långlivade i vattensediment, vilket innebär att vattenlevande organismer är mycket utsatta. Många PAH är eller misstänks vara cancerogena.¹¹⁴

Antracen

Antracen är en PAH som också har en industriell användning som syntesråvara. Antracen finns i pyrotekniska produkter, kreosot, extrakt från smörjoljeraffinering och koltjäreinnehållande produkter som t.ex. färger och

¹⁰⁸ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5536-4.pdf>

¹⁰⁹ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Zink/>

¹¹⁰ http://www.asfaltskolan.se/res/PDF/stenkolstjraiasfalt_skllgesrapport0305.pdf

¹¹¹ <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

¹¹² <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Sok/>

¹¹³ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah>

¹¹⁴ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah>

vattentäta ytbeläggningar. Ämnet förekommer även i takpapp, gummidäck samt annat gummi och impregnerat trä.¹¹⁵

Antracen är ett långlivat och giftigt ämne som kan anrikas i miljön.¹¹⁶

Exponering för antracen orsakar irritation på hud och slemhinnor. Vid inandning, förtäring och vid kraftig hudexponering föreligger risk för förgiftning.¹¹⁷ Exponering för förbränningsprodukter som sot och tjära, som innehåller PAH i varierande utsträckning, kan medföra en ökad risk för cancer.¹¹⁸

Naftalen

Naftalen använts i bekämpningsmedel mot insekter, kvalster, andra leddjur och som rättgift samt vid tillverkning av lösningsmedel, bränsletillsatser, motorolja och basoljor samt vid produktion av mjukgörande kemikalier till PVC (polyvinylklorid) plaster.^{119, 120, 121} Stenkolstjära innehåller höga halter naftalen och andra PAH.¹²²

Naftalen kan orsaka skadliga långtidseffekter i miljön. Det anrikas i naturen och är mycket giftigt för vattenlevande organismer. Naftalen kan orsaka långsiktiga skador på organ och nervsystem och är skadligt vid förtäring och misstänkt cancerframkallande.^{123, 124}

Benso(a)pyren

Benso(a)pyren används inte som industrikemikalier. Benso(a)pyren kan hittas överallt tillsammans med andra PAH och används som indikator för att mäta exponering av PAH-blandning. Källor till benso(a)pyren är i fossila bränslen och tillförs miljön vid ofullständig förbränning.¹²⁵ Benso(a)pyren kan också användas som indikator för PAH föroreningsnivån i luften och atmosfärisk deposition.¹²⁶

¹¹⁵

https://www.prevent.se/globalassets/global/regelbanken/eu/kandidatforteckningen_jan_2017.pdf

¹¹⁶ <https://www.kemi.se/prio-start>

¹¹⁷ <https://rib.msb.se/>

¹¹⁸ <https://ki.se/imm/pah-polycykliska-aromatiska-kolvaten>

¹¹⁹ <https://rib.msb.se/>

¹²⁰ <https://www.kemi.se/prio-start>

¹²¹ <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

¹²² http://www.asfaltskolan.se/res/PDF/stenkolstjraiasfalt_skllgesrapport0305.pdf

¹²³ <https://www.kemi.se/prio-start>

¹²⁴ <https://rib.msb.se/>

¹²⁵ https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0136tr.pdf

¹²⁶ http://www.msceast.org/reports/3_2017.pdf

Exponering för förbränningsprodukter som sot och tjära, som innehåller PAH-blandning, särskilt benso(a)pyrene kan ökad risk för cancer i flera organ, t.ex. lever, njure, hud. Dessutom kan benso(a)pyren också påverka nervösa, reproduktiva och immunologiska system.^{127, 128}

Alkylfenoler

Nonylfenoler

Nonylfenoler används som industrikemikalier. Användningen i Sverige har minskat under de senaste 20 åren till följd av frivilliga åtaganden från industrin och genom regleringar. Nonylfenoler används för att framställa nonylfenoletoxilater, vilka i sin tur används som rengöringsmedel, emulgeringsmedel eller ytaktiva ämnen.¹²⁹ Nonylfenoletoxylater används också som tillsatsmedel i betong bland annat för att förhindra frostsador och för att påskynda härdning.¹³⁰ Nonylfenoler och dess etoxilater finns i produkter så som färger, golvbeläggingsmaterial, fognings- och tätningsmedel, avfettnings- och rengöringsmedel, smörjmedel, lim samt i biocider. De kan även förekomma i textilier importerade utanför EU.^{131, 132, 133}

Det finns inga naturliga källor till nonylfenoler och dess etoxilater i miljön. Läckage från betongkonstruktioner via dagvatten bidrar till spridning av nonylfenoler till vatten. Återvinning av betong där materialet krossas kan resultera i större urlakning av nonylfenoler jämfört med befintliga konstruktioner.¹³⁴ Vidare utgör avloppsreningsverk, vissa industrier, lakvatten från deponier och läckage från produkter viktiga källor och spridningsvägar.¹³⁵

Nonylfenol är svårnedbrytbart och bioackumuleras i miljön. Många alkylfenoler är giftiga för vattenlevande organismer. Nonylfenol är klassificerat som mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i miljön.¹³⁶ Ämnet är hormonstörande. Ämnet misstänks kunna påverka fertiliteten samt skada det ofödda barnet.¹³⁷

¹²⁷ https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/toxreviews/0136tr.pdf

¹²⁸ <http://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:657771/FULLTEXT01.pdf>

¹²⁹ <https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/AmnesInfo.aspx?amne=nonylfenoletoxilater>

¹³⁰ <https://research.chalmers.se/publication/2337>

¹³¹ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5801-2.pdf>

¹³² <https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/FlodesanalyserSchema.aspx?SchemaID=1405>

¹³³ <https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/FlodesanalyserSchema.aspx?SchemaID=1406>

¹³⁴ <https://research.chalmers.se/publication/2337>

¹³⁵ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5801-2.pdf>

¹³⁶ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/alkylfenoler-och-deras-derivat>

¹³⁷ <https://echa.europa.eu/>

Oktylfenoler

Oktylfenol är en industrikemikalie. Dess viktigaste användningsområde är framställning av oktylfenoletaxilater. Oktylfenoler används också som stabilisator i gummi för tillverkning av däck samt i isoleringslack för elektriska komponenter i till exempel motorer, transformatorer, tätningsmedel, tryckfärg och råvaror till färger. Oktylfenol kan bildas som nedbrytningsprodukt av alkylfenoletoxilater.^{138, 139, 140}

Det finns inga naturliga källor till oktylfenoler och dess etoxilater i miljön. Spridning via dagvatten kan utgöra en källa till vatten då oktylfenol förekommer i produkter kopplade till gummi och färg. Utsläpp från reningsverk och industrier, lakvatten från deponier och läckage från produkter innehållande oktylfenoler är andra möjliga källor och spridningsvägar.¹⁴¹

Oktylfenoler är giftiga för vattenlevande organismer.¹⁴²

Exponering för oktylfenol leder till allvarig ögon- och hudirritation. Ämnet är toxiskt vid förtäring och misstänks kunna skada fertiliteten eller det ofödda barnet.¹⁴³

Tributyltennföreningar

Tributyltenn har under en lång tid används som bekämpningsmedel bl.a. i båtottenfärger, för träimpregnering samt som konserveringsmedel. Användning av triorganiska tennföreningar i båtottenfärger är reglerad.¹⁴⁴

Dess användning som skyddsmedel för trävirke och papper gör att tennorganiska föreningar även kan förekomma som markföroreningar vid anläggningar inom träindustrin, exempelvis sågverk och pappersbruk. Den viktigaste spridningsvägen av dessa ämnen idag är via diffusa utsläpp, till exempel från förorenade sediment till vatten och via användning av varor och produkter som innehåller tennorganiska föreningar.^{145, 146}

Triorganotennföreningar har allvarliga hälso- och miljöfarliga egenskaper. De är giftiga för människan vid förtäring, hudkontakt och inandning. De är

¹³⁸ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5801-2.pdf>

¹³⁹ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/alkylfenoler-och-deras-derivat>

¹⁴⁰ <https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/FlodesanalyserSchema.aspx?SchemaID=1351>

¹⁴¹ <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5801-2.pdf>

¹⁴² <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/alkylfenoler-och-deras-derivat>

¹⁴³ <https://echa.europa.eu/>

¹⁴⁴ <https://webapps.kemi.se/flodesanalyser/AmnesInfo.aspx?amne=dibutyltennd>

¹⁴⁵ <https://www.havet.nu/dokument/Havet2007-tbt.pdf>

¹⁴⁶ <https://www.kemi.se/prio-start>

också mycket giftiga för vattenlevande organismer där de orsakar långtidseffekter.¹⁴⁷

Ftalater

Di-(2etylhexyl)-ftalat (DEHP)

Ftalater används framförallt som mjukgörare i plast och gummi och dess innehåll kan vara upp till 40 % av den färdiga produkten. Ftalater finns i produkter för golvbeläggning, tapeter, kabel, folie och vävplast. De kan också ingå som mjukgörare för bindemedel i färg och lim. Ftalater är vanligt förekommande i konsumenttillgängliga varor såsom skosulor, plastslangar och vissa textilier.¹⁴⁸

Största användningen av DEHP är som mjukgörare i polyvinylklorid (PVC). Andra användningsområden är som lösningsmedel, komponent i färg, lack och kosmetika, råvara för plast- och gummivarutillverkning samt tätningemedel. Användning av DEHP är idag reglerat och europeisk industri har till stor del ersatt denna med andra mjukgörande ämnen. Äldre, mjuka plastprodukter samt sådana som är tillverkade utanför EU kan innehålla ftalater som idag är reglerade inom EU.¹⁴⁹

Det finns inga naturliga källor till DEHP i miljön. Då DEHP och andra ftalater inte är fast bundna till PVC-polymeren kan dessa utsöndras från plastprodukter under hela dess livslängd. Denna diffusa spridning är en viktig källa till förekomst av ftalater och gör att de hittas nästan överallt i miljön.^{150, 151} Utsläpp via avloppsreningsverk utgör en källa för spridning till vattenmiljön. Vid utsläpp till vatten binds DEHP till partiklar och sedimenterar. Ämnet är inte mobilt i marken. Vid utsläpp till luft förekommer DEHP både bundet till partiklar och i gasfas.^{152, 153}

DEHP är akut giftigt för vattenlevande organismer och kan resultera i långtidseffekter.¹⁵⁴

DEHP är giftig och reproduktionsstörande, det vill säga kan ge nedsatt fortplantningsförmåga och skador på det ofödda barnet. DEHP är också ett

¹⁴⁷ <https://rib.msb.se/>

¹⁴⁸ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/ftalater>

¹⁴⁹ <https://www.kemi.se/vagledning-for/konsumenter/kemiska-amnen/ftalater>

¹⁵⁰ <https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/ftalater>

¹⁵¹ <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

¹⁵² <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

¹⁵³ <https://www.kemi.se/prio-start>

¹⁵⁴ <https://echa.europa.eu/>

hormonstörande ämnen som påverkar de hormonella systemen och kan orsaka allvarlig skada på organismer, populationer eller ekosystem.¹⁵⁵

Polyklorerade bifenyler (PCB)

PCB används i många olika industriområdena t.ex. i byggnader, i elektriska produktioner, i plastproduktion som mjukgörare.¹⁵⁶

Största källor till PCB i Sverige är förbränning och kemikalierindustrin. Produktionen och användning av PCB har börjat på 1920-talet och sjunkit fram till 1990-talet.¹⁵⁷

Trots att användning av PCB har förbjudits i Sverige, ämnena kan hittas fortfarande i miljön p.g.a. PCBs svårnedbrytbarhet och spridning via avfallhantering, förbränning, och läckage från byggnader och utrustning som byggdes mellan 1956 och 1972.¹⁵⁸

Hög exponering av PCB kan påverka utveckling av hjärnan och nervsystemet, hormonsystem, orsaka cancer av människor, särskilt foster och spädbarn. Vissa PCB visar samma mekanismer som dioxiner vilka innebär att de har lika toxicitet som dioxinerna.¹⁵⁹

Hexaklorcyklohexan (HCH)

HCH-er används som insekticid, främst inom jord- och skogbruk och förbjöds i Sverige 1989. HCH förekommer i åtta isomerer med skillnaden i 3D-struktur. I dessa isomerer, alfa-HCH, beta-HCH och gamma-HCH är välkända och svårnedbrytbara som ingår i industriella produkter.¹⁶⁰

Höga halter av HCH kan hittas närmast källan, d.v.s. jord- och skogsbruksområden. HCH kan också hittas långa sträckor från källan eftersom HCH kan spridas i miljön via luften p.g.a. sin flyktighet.¹⁶¹

HCH är giftig, miljö- och hälsofarlig. Exponering för HCH orsakar irritation på hud. Hög och lång exponering av HCH kan påverka nervsystem hjärnkärlsystemet, andningsvägar och potentiellt ge cancer.¹⁶²

¹⁵⁵ <https://www.kemi.se/prio-start>

¹⁵⁶ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>

¹⁵⁷ <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2017/dagvattenproblematiken.pdf>

¹⁵⁸ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>

¹⁵⁹ <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>

¹⁶⁰ <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1622-rapport.pdf>

¹⁶¹ Banach Agata, förekomst av vattendirektivets prioriterade ämnen – utvalda ämne i dagvatten, examensarbete i miljöskydd och hälsoskydd, Stockholm Universitet, 2008

Polybromerade difenyletrar (PBDE)

PBDE används som flamskyddsmedel och relativt små mängder behövs för att få ett högt flamskydd. Dess användning är numera starkt reglerat inom EU. Exempel på varor som kan innehålla PBDE är plast- och gummimaterial i elektrisk och elektronisk utrustning, byggnadsmaterial, textilier och möbelstopning. Polybromerade difenyletrar har aldrig tillverkats i Sverige, men har importerats som ren kemikalie, som tillsats i plast och gummiråvara eller som beståndsdel i färdiga varor.¹⁶³

Trots att användning av många bromerade flamskyddsmedel har förbjudits inom EU finns dessa ämnen kvar i samhället dels via import av flamskyddade varor och dels via användning av äldre, flamskyddade varor.¹⁶⁴ Läckage av PBDE från produkter och varor kan ske under hela dess livslängd, genom förångning och genom förlust av partiklar. Utsläpp till miljön kan även ske genom läckage från deponier. Långväga transporter via luft är en viktig spridningsväg för pentaBDE, och spår av dessa ämnen har påträffats i olika delar i miljön, även långt ifrån tänkbara spridningskällor.¹⁶⁵

Miljö- och hälsoriskerna skiljer sig åt mellan de olika BDE grupperna. PentaBDE är klassificerad som miljöfarligt och hälsoskadligt. Det finns risk för allvarliga hälsoskador vid långvarig exponering genom hudkontakt, inandning av damm och via intag av livsmedel. Yngre barn och vissa yrkesgrupper är särskild utsatta. PentaBDE är också klassificerat som mycket giftigt för vattenlevande organismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i miljön. OktaBDE är klassificerat som reproduktionsstörande och bedömd som persistent, bioackumulerande och toxiskt. Inga påtagliga hälso- eller miljörisker har pekats ut för dekaBDE.^{166,}
¹⁶⁷

¹⁶² Banach Agata, förekomst av vattendirektivets prioriterade ämnen – utvalda ämne i dagvatten, examensarbete i miljöskydd och hälsoskydd, Stockholm Universitet, 2008

¹⁶³ <https://www.kemi.se/global/rapporter/2003/rapport-4-03.pdf>

¹⁶⁴ https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amen/miljogifter/bromerade-flamskyddsmedel? t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCf& t_q=bromerade+flamskyddsmedel& t_tags=language:sv.siteid:67f9c486-281d-4765-ba72-ba3914739e3b& t_ip=192.121.89.1& t_hit.id=Livs Common Model PageTypes Article Page/ ee1ea614-3304-4f22-8230-937a58e4c7fd sv& t_hit.pos=1

¹⁶⁵ <https://www.kemi.se/global/rapporter/2003/rapport-4-03.pdf>

¹⁶⁶ <http://ki.se/imm/polybromerade-difenyletrar-pbde>

¹⁶⁷ https://www.kemi.se/prio-start/kemikalier-i-praktiken/kemikaliegrupper/bromerade-flamskyddsmedel? t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmY7PhCf%3d%3d& t_q=PBDE& t_tags=language%3asv%2csiteid%3a007c9c4c-b88f-48f7-bbdc-

Perfluoroktansulfonsyra (PFOS)

PFOS tillhör till högfluorerade ämnen (per- och polyfluorerade alkylsubstanser, PFAS) används som bland annat impregneringsmedel och medel för ytbehandling av produkter t.ex. textilier, kastruller, stekpannor men främst i brandskum. Användning av PFAS i produkter, särskilt brandskum leder till utsläpp till jord, grund- och ytvatten samt sediment. PFOS är extrem svårnedbrytbar och kan ha stor mobilitet i vatten.¹⁶⁸

PFOS och dess salter har reglerats sedan 2009. Trots att användning av PFOS i produkter och brandskum har utfasats, kan läckage av PFOS från kontaminerade område fortsätta sprida och förorena vattenmiljön.^{169,170}

Människor kan exponeras för PFAS via mat och dricksvatten. Studier har visats PFAS kan påverka lever, fettmetabolism, hormoner och immunsystemet.¹⁷¹ PFOS har också visats att öka risken för cancer.¹⁷²

Dagvattnets påverkan och effekter på miljön

Bedömning av toxicitet i dagvatten

Det finns olika tillvägagångssätt att bedöma toxiciteten av dagvatten. Ett är att med kemisk karakterisering leta efter kända toxiska substanser och från de resultaten göra en uppskattning av eventuell toxicitet. Risken är då att missa okända substanser som inte analyserats eller att inte upptäcka så kallade cocktail-effekter. Ett annat tillvägagångssätt är WEA ”Whole effluent approach” dvs. att beakta hela toxiciteten hos vattnet med alla dess ingående substanser genom toxicitetstestning av hela det aktuella provet. Vi kommer aldrig att ha full kunskap om alla de ämnen som finns i vattnen så WEA visar på en mer samlad bild av eventuell toxicitet. WEA-metodiken

[5e78eb262090& t ip=195.67.7.30& t hit.id=Keml Web Models Pages Prio PrioArticle Page/ cf77da01-d6ea-4d28-835d-75c6a632dc9b sv& t hit.pos=2](https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2017/dagvattenproblematiken.pdf)

¹⁶⁸ <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2017/dagvattenproblematiken.pdf>

¹⁶⁹ <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2017/dagvattenproblematiken.pdf>

¹⁷⁰

<http://repath.ivl.se/download/18.1acdfdc8146d949da6d59b5/1417781116054/Ahrens%20et%20al%20Arlanda%20PFAS%202014.pdf>

¹⁷¹ <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>

¹⁷² [https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-12/documents/ffrrofactsheet_contaminants_pfos_pfoa_11-20-17_508_0.pdf)

[12/documents/ffrrofactsheet_contaminants_pfos_pfoa_11-20-17_508_0.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-12/documents/ffrrofactsheet_contaminants_pfos_pfoa_11-20-17_508_0.pdf)

finns beskriven bl. a. i Naturvårdsverkets handbok ”Kemisk och biologisk karakterisering av punktutsläpp till vatten”¹⁷³.

Det finns inget standardiserat protokoll för att mäta toxiciteten av dagvatten så undersökningsmetoderna är inte samstämmiga och resultaten därför ibland svåra att jämföra. De flesta arbeten har använt akuta tester med bakterier, alger och kräftdjur. Enstaka arbeten har använt kroniska tester och effekttester. Vilken testorganism som används har stor betydelse, olika arter svarar olika på olika föroreningar. Därför rekommenderas ofta ett batteri av tester¹⁷⁴.

De toxiska effekterna varierar väldigt mycket beroende på var dagvattnet kommer ifrån. Föroreningshalterna och därmed också toxiciteten i dagvatten kan även variera mycket med årstider. T.ex. kan föroreningar ackumuleras i snö och vid snösmältning och påverka känsliga recipienter¹⁷⁵.

Olika undersökningar av dagvattnets toxicitet

Toxiciteten hos ett dagvatten beror på de ingående substanserna och vattnen kan variera mycket. Avrinning från t.ex. vissa industriella ytor kan innehålla en mängd oönskade föroreningar och har naturligtvis då en högre toxicitet.

Toxicitetstester har utförts i tre undersökningar från 6 områden av Stockholm Vatten under åren 1992-2000 och ca 40 olika prover från 6 lokaler analyserades. Bakterier (*Microtox*) och kräftdjur (*Daphnia magna*) användes som testorganismer. Även om resultaten ibland var motsägelsefulla och svåra att utvärdera visar de att toxiska effekter av dagvatten kan förekomma. Generellt följde de toxiska effekterna den totala graden av förorening. Det gick däremot inte att koppla effekterna till någon enskild parameter¹⁷⁶.

I COHIBA-projektet insamlades dagvatten för toxicitetstestning två gånger, en gång på våren och en gång på hösten 2011, från olika lokaler i Finland, Estland, Lettland, Litauen, Tyskland och Danmark. Samtliga vatten testades

¹⁷³ Naturvårdsverket (2011): Kemisk och biologisk karakterisering av punktutsläpp till vatten. En handbok med vägledning om bestämning av egenskaperna hos utsläpp av avloppsvatten. Handbok 2010:3

¹⁷⁴ Grant S B, Reki N V., Pise N, R Reeves R L, Matsumoto M, Wistrom A, Moussa L, Kayhanian M. 2003. A Review of the Contaminants and Toxicity Associated with Particles in Stormwater Runoff. Prepared for: California Department of Transportation, Sacramento California.

¹⁷⁵ Alexander Westlin R, 2004: Dagvatten från Parkeringsytor. Stockholm Vatten, nr 27-2004

¹⁷⁶ Ekvall J, Strand M. 2001. Dagvattenundersökningar i Stockholm 1992-2000. Stockholm Vatten Rapport 3/2001

med bakterier (Microtox), alger (tillväxthämning) och kräftdjur (*Daphnia magna* akut test). Av 12 testade dagvattenprover kunde 17 % uppvisa ett mätbart toxiskt i resultat i kräftdjurstesterna. För algtesterna var resultatet 27 % av 11 testade vatten och inget av de 10 testade vatten kunde uppvisa något toxiskt utslag för Microtoxtesten. Två dagvatten från Finland testades också vidare med andra tester bl.a. reproduktionstest *Daphnia magna*, genotoxicitets test, (umu-test), ägg/yngeltest (sebrafisk), vitellogenintest (östrogena effekter) och EROD-test (mått på funktionen hos ett avgiftningenszym i fisk). Vitellogenintesten och EROD-testen gav utslag för de två testade vattnen men inga eller mycket små utslag kunde konstateras för de övriga testerna. Detta innebär att vattnen innehöll ämnen som kan påverka reproduktionen och avgiftningenszym hos fisk. Ett stort antal kemiska analyser utfördes också inom projektet men inget försök att korrelera toxicitet till enskild substans gjordes¹⁷⁷.

I en undersökning från 2005 utfördes toxicitetsmätningar på dagvatten från Arlanda flygplats och olika sorteringsytor för avfall. Endast bakterier (Microtox) användes som test. Dagvattnet från flygplatsen bedömdes som lågtoxiskt och resultatet överensstämde med koncentrationerna av uppmätta föroreningar. Dagvattnen från avfallsanläggningarna uppvisade en betydligt högre toxicitet men också betydligt högre halter av de analyserade föroreningarna¹⁷⁸.

I en undersökning från USA där dagvatten från ett antal olika områden undersöktes, visades att dagvatten från industriella områden och parkeringsytor gav högst toxiska effekter. Prov från parker och liknande områden och avrinning från hustak gav också effekt, men inte i samma utsträckning som dagvatten från industriella områden och parkeringsytor. I den undersökningen användes endast Microtoxtesten. Föroreningar som tungmetaller och PAH'er antogs stå för största delen av toxiciteten¹⁷⁹.

Avrinning från vägar

Avrinning från hårt trafikerade vägar är en viktig föroreningskälla till dagvatten. Många arbeten har därför fokuserats på det. I ett arbete av Waara och Färm (2008), har den negativa påverkan på akvatiska system av

¹⁷⁷ Nakari T, Schultz E, Sainio P, Munne P, Bachor A, Kaj L, Madsen K B, Manusadžianas L, Mielzynska D, Parkman H, Pockeviciute D, Pöllumäe A, Strake S, Volkov E, Urzula Zielonka U. "2012. Cohiba Control of Hazardous substances in the Baltic Sea Region. Innovative Approaches to Chemicals Control of Hazardous Substances - WP3 Final Report

¹⁷⁸ Junestedt C, Ek M, Solyom P, Palm A, Åman C Cerne O. 2003 Karakterisering av utsläpp Jämförelse av olika utsläpp till vatten. IVL Rapport B15144

¹⁷⁹ Pitt R E, Lalor M. 2001. The Role of Pollution Prevention in Stormwater Management. Journal of Water Management Modeling

dagvatten från vägtrafik undersökts med olika biologiska tester. Endast akuta toxicitetstester användes. Ett antal prover togs under olika väderförhållanden för att se eventuella effekter av häftiga regn. Ingen toxicitet kunde påvisas i någon av testerna med bakterier (*Microtox*), kräftdjur (*Daphnia magna* och *Thamnocephalus platyurus*) eller flytbladväxten *Lemna minor*. När det gällde *Lemna minor* kunde istället en stimulans av tillväxten påvisas i vissa prov. Denna stimulans samstämde väl med de kemiska analyserna av proverna som visade på en hög koncentration av tot-N och tot-P i proverna. Att ingen toxicitet kunde uppmätas korrelerade bra med de uppmätta halterna av föroreningar. Dock användes bara akuta tester, vidare undersökningar med t.ex. kroniska tester och tester för genotoxicitet rekommenderades i arbetet. Undersökningen visade att dagvatten inte nödvändigtvis är så giftigt och inte heller första avrinningen efter häftiga regn som tidigare rapporterats (t.ex. ^{180, 181, 182, 183}).

Partiklar i dagvattnet från vägar kan utgöra en reservoar för föroreningar som kan vara toxiska. Dessa partiklar kan spridas lång väg och också fastläggas i sedimentet i sedimentationsdammarna. Toxicitetsmätningar med olika sedimentlevande organismer bör också ingå i testpaket där så krävs¹⁸⁴.

Tester med utökat testbatteri

En undersökning av dagvatten i Australien använde ett batteri av tester, både akuta tester och mer specifika tester såsom tester för hormonella effekter, genotoxicitetstester och kombinerade algtester (fytotoxicitets-tester). Dagvatten från stads- och bostadsområden samt industriella områden ingick i undersökningen. Resultaten från de akuta testerna visade på ett varierande mönster där inga specifika samband kunde konstateras. Däremot kunde resultaten från de specifika testerna påvisa effekter av t.ex. herbicider och

¹⁸⁰ Waara S, Färm C. 2008. An Assessment of the Potential Toxicity of Runoff from an Urban Roadscape During Rain Events. *Env Sci Pollut Res* 15: 205-210

¹⁸¹ Färm C. 2002. Evaluation of the accumulation of sediment and heavy metals in a storm-water detention pond. *Water Sci Tech* 45: 105–112

¹⁸² Färm C, Waara S. 2005. Treatment of storm water using a detention pond and constructed filters. *Urban Water Journal* 2: 51–58

¹⁸³ Soller J, Stephenson J, Olivieri K, Downing J, Olivieri AW. 2005. Evaluation of seasonal scale first flush pollutant loading and implications for urban runoff management. *J Env Management* 76: 309–318.

¹⁸⁴ Grant S B, Rekhi N V, Pise N, R Reeves R L, Matsumoto M, Wistrom A, Moussa L, Kayhanian M. 2003. A Review of the Contaminants and Toxicity Associated with Particles in Stormwater Runoff. Prepared for: California Department of Transportation, Sacramento California

östrogena ämnen i olika dagvatten, dessa parametrar skulle ha missats om endast akuta tester använts¹⁸⁵.

På samma sätt som det krävs avancerade tester för att upptäcka toxicitet i dagvatten krävs det också avancerade analytiska metoder för att kunna identifiera föroreningarna i vattnen. Föroreningar med kända toxiska egenskaper som t.ex. bensotiazoler och bensotriazoler används som vulkaniseringsämnen i däck och har identifieras i dagvatten men stor del av det kemiska innehållet i dagvattnet är ännu okänt¹⁸⁶. Det krävs avancerade analytiska metoder för att analysera många av de ingående komponenterna i ett dagvatten och på så sätt kunna koppla dem till toxiska effekter.

Kvantifiering och jämförelser av belastning från olika källor

Rapporterade utsläpp av föroreningar från industrier och avloppsreningsverk i SMP

För att jämföra belastning av näringsämnen, metaller och organiska ämnen via dagvatten i tätorter med andra källor till vatten sammanställdes informationen om utsläpp från tillståndspliktiga verksamheter i Sverige 2016, se Tabell 2. Datatillgången varierar för de olika ämnena. Generellt gäller det att det endast är ett fåtal verksamhetsutövare som rapporterar utsläpp av organiska ämnen medan betydligt fler rapporterar utsläpp av metaller och näringsämnen.

Tabell 2. Rapporterade utsläpp från A, B och C anläggningar för industrier, fiskodlingar och avloppsreningsverk för näringsämnen, metaller och organiska ämnen. Data gäller utsläppsåret 2016. Antal anläggningar motsvarar det totala antalet anläggningar i kategorierna industrier/avloppsreningsverk/fiskodlingar. Antal anläggningar som rapporterar utsläpp av enskilda ämnen varierar beroende på ämne (SMP, 2018).

kg/år	Industrier		Avloppsreningsverk		Fiskodlingar
Anläggning:	AB	C	B	C	B
Antal anläggningar:	463	8	451	8	20
Totalkväve	4129806	1301	15522162	39126	192966

¹⁸⁵ Tang J Y M, Aryal R, Deletic A, Gernjak W, Glenn E, McCarthy D, Escher B I. 2013. Toxicity characterization of urban stormwater with bioanalytical tools. *Water Research* 47: 5594-5606

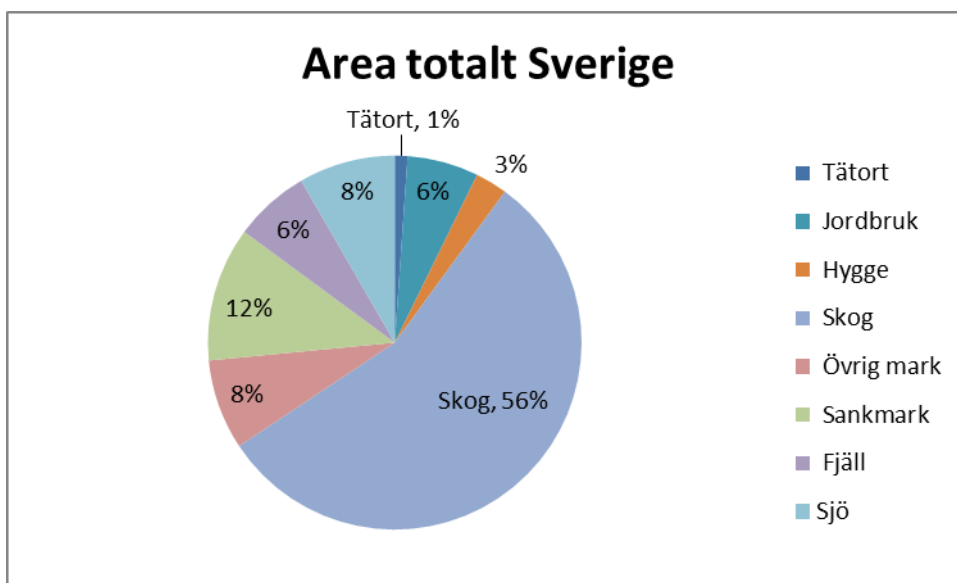
¹⁸⁶ Du B, Lofton J M, Peter K T, Gipe A D, James C A, McIntyr J K, Scholz N L, Bakera J E, Kolodziej E P. 2017. Development of suspect and non-target screening methods for detection of organic contaminants in highway runoff and fish tissue with high-resolution time-of-flight mass spectrometry. *Environ. Sci.: Processes Impacts*. 19: 1185-1196

Totalfosfor	281190	6.2	239587	502	29401
Arsenik	561	0.20	266		
Bly	1390	0.21	288		
Kadmium	473	0.15	22		
Koppar	4781	0.90	8423		
Krom	1864	0.14	818		
Nickel	3071	16	3611		
Zink	71876	22	19621		
Silver	0.51		66		
Kvicksilver	28	0.001	31		
PAH	0.36	0.040	66		
PAH-Fluoranten			1.6		
PAH-Antracen	0.01				
Organiska tennföreningar	0.03		0.04		
Trifenyltenn	2.0				
PCB	0.001				
Alkylfenoler	4.0		48		
Nonylfenol (n-Nonylfenol)	24	0.010	3.9		
DEHP	0.12		1346		

Beräknad belastning av föroreningar från dagvatten och andra källor

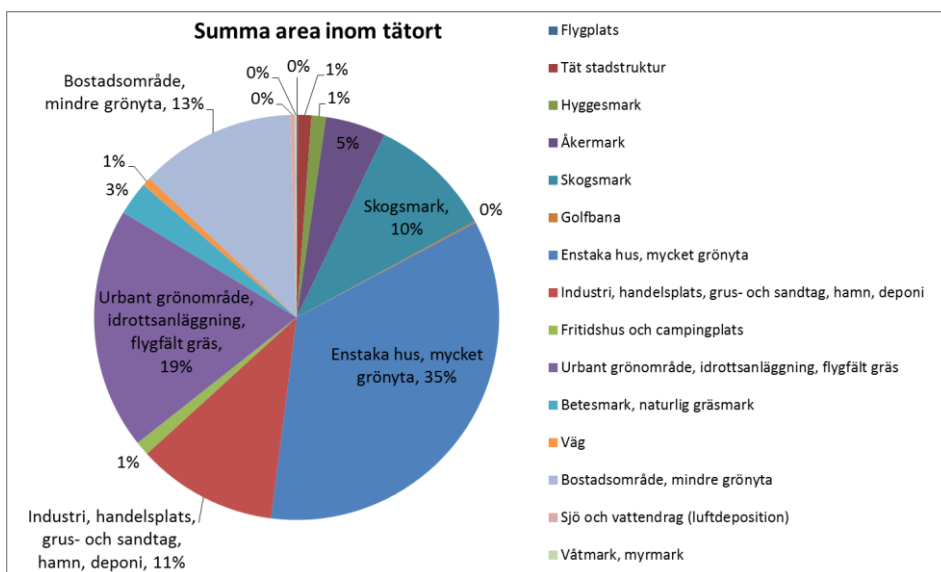
Betydelse av markanvändningens area, avrinningskoefficient och typhalt

Belastningen har beräknats för punktkällor och diffusa källor, vilka består av; läckage från olika markanvändning (inkl. dagvatten), deposition från luft på sjöar och vattendrag, samt enskilda (små) avlopp. För läckage från markanvändning beror den beräknade belastningens storlek på varje källas markanvändningsarea, avrinningskoefficient och typhalt (koncentration i avrinnande vatten). För hela Sverige är tätortsarean enbart 1% av den totala arealen (Figur 2).



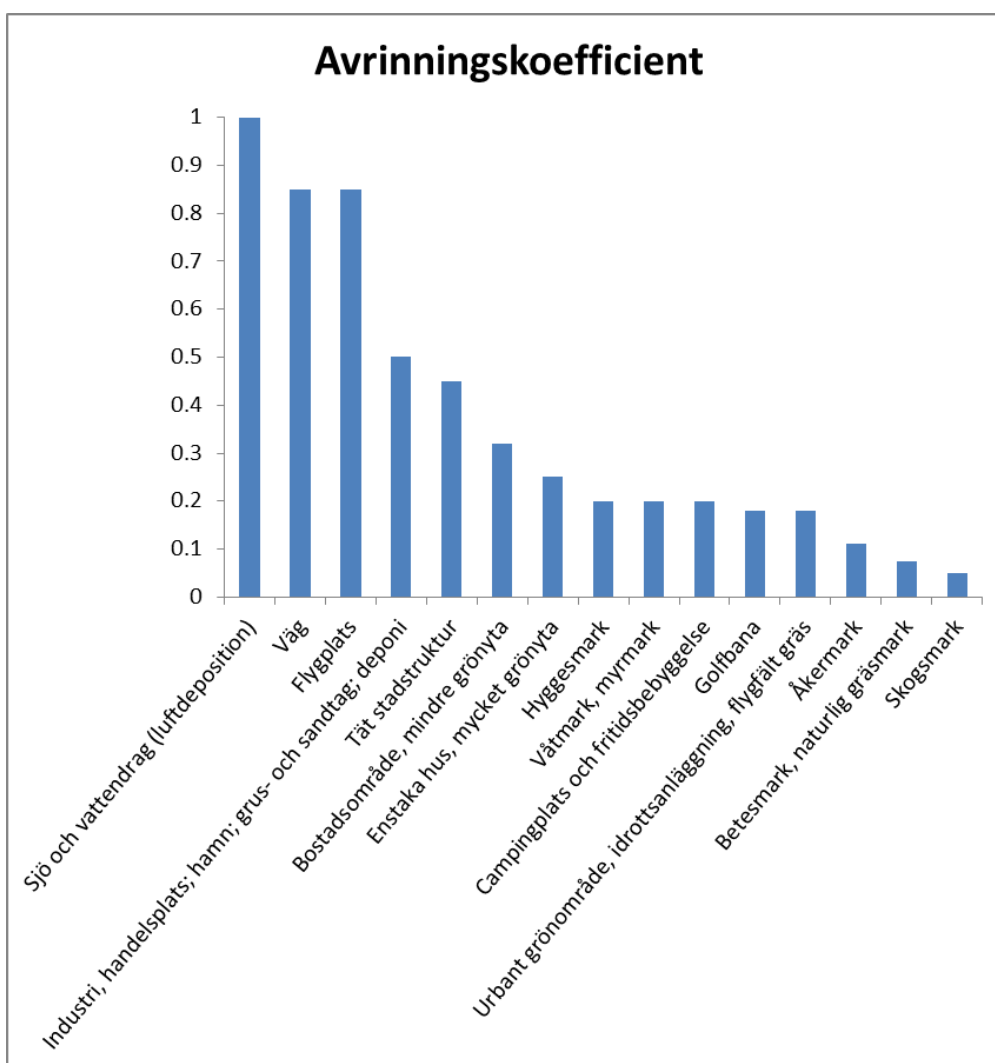
Figur 2. Fördelning av markanvändning totalt för hela Sverige. Baseras på Lantmäteriets GSD-Väggkartan, jordbruksmarkens blockkarta 2016, hyggesarealer samt SCB tätortsavgränsning 2015. Källa: SMED PLC7.

Inom tätorterna har markanvändningen fördelats på fler klasser (fullständig beskrivning av vilka markanvändningsklasser i SMD som ingår finns i appendix 1). De största arealerna utgörs av; Enstaka hus med mycket grönyta 35%; Urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs 19%; Bostadsområde mindre grönyta 13%; Industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn, deponi 11% (Figur 3). Inom klassen ”Industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn, deponi”, står Industri och handelsplats för 96% och Hamn står för 4% av arealen enligt SMD 2000.



Figur 3. Fördelning av markanvändning inom tätorter baserat på Svensk MarktäckeData 2000. Källa: SMED PLC7.

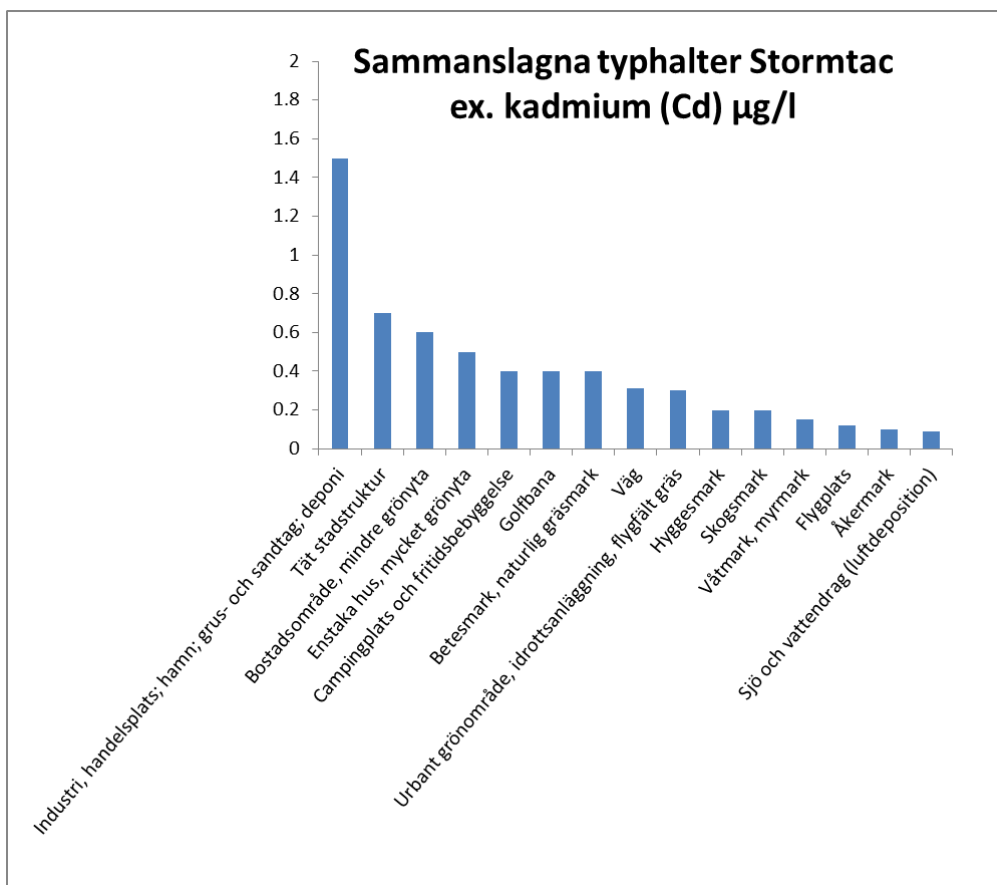
Avrinningskoefficientens storlek beskriver hur stor andel av dagvattnet som blir ytavrinning och därmed direkt kan nå recipienten. Högst avrinningskoefficient (=1) har självklart deposition på sjöar och vattendrag som direkt hamnar i recipienten (Figur 4). Ytor som till stor del är hårdgjorda har hög avrinningskoefficient där högst avrinningskoefficient noteras för Väg och Flygplats (=0.85). Även den sammanslagna klassen Industri, handelsplats, hamn, grus- och sandtag, deponi har relativt hög avrinningskoefficient (=0.5), följt av Bostadsområde med mindre grönyta (=0.3).



Figur 4. Avrinningskoefficienter sammanställda från Stormtac databasens avrinningskoefficienter (version 2018-04-29).

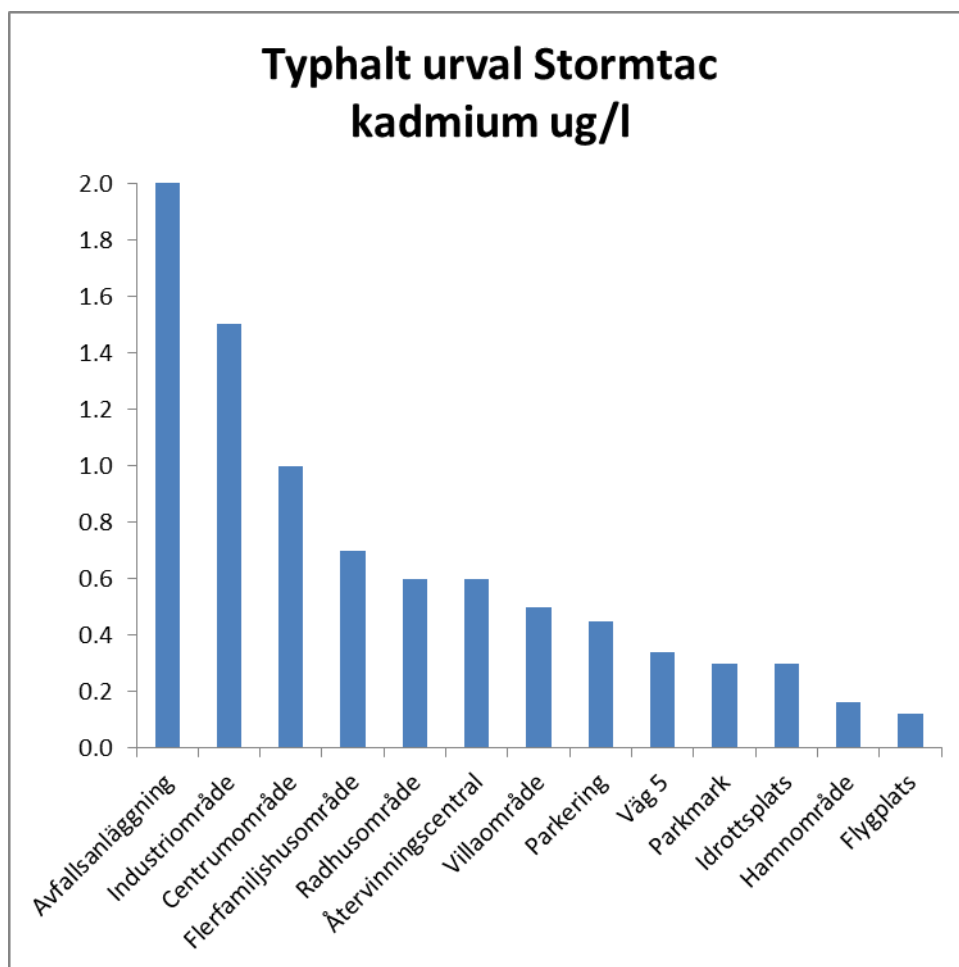
Typhalterna visar hur hög koncentration av respektive ämne som varje yta bidrar till. Ju högre typhalt, desto högre läckage och belastning bidrar varje källa till. Typhalterna beror på vilka primärkällor som finns i respektive markanvändning. Typhalterna som har använts redovisas i sin helhet i

appendix 3. Figur 5 visar ett exempel avseende kadmium för de typhalter som har använts i beräkningarna. I figuren kan man se att klassen Industri, handelsplats, hamn, grus- och sandtag, deponi har i särklass högst typhalt (=1.5 mg/l).



Figur 5. Typhalter för ett exempel, kadmium från respektive markanvändningsklass inom tätorter som använts i denna rapport. Typhalterna har sammanställts från Stormtac databasen version 2018-04-29.

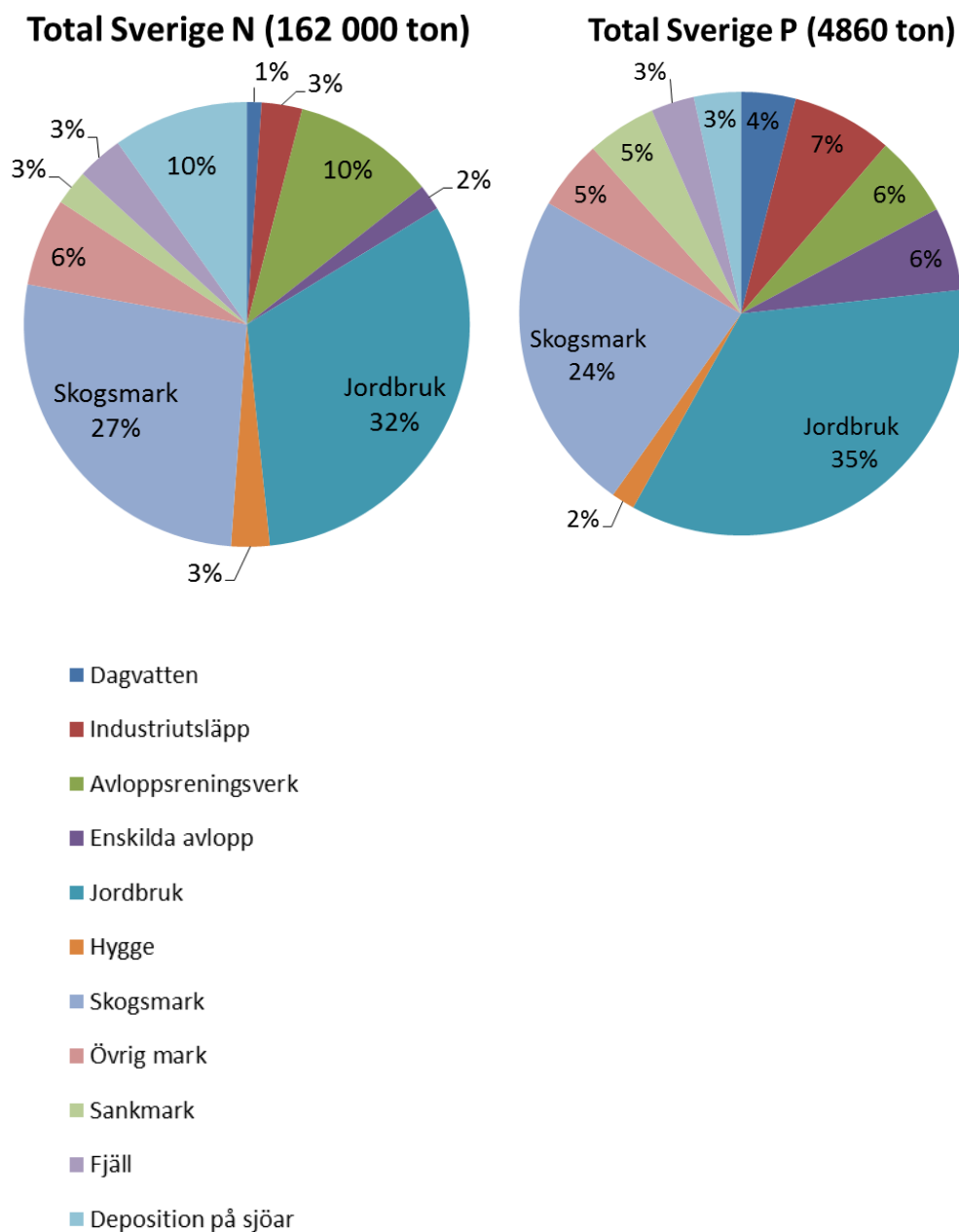
I Stormtac databasen finns typhalter med finare fördelning på markanvändningsklasser än de som använts i denna rapport, pga begränsningar i kartorna av markanvändningsklasser. Typhalterna visar tydligt vilka ytor som troligen har höga läckage av olika ämnen. I Figur 6 visas att avfallanläggningar, industriområden och centrumområden har högst typhalter vilket är grunden till den högsta sammanställda typhalten i Figur 5.



Figur 6. Ett urval av typhalter uttag från Stormtac databasen version 2018-04-29.

Belastning av näringsämnen

Resultaten visar att summerat för hela Sverige är bidragen från dagvatten till kväve och fosfor mindre betydande (1% respektive 4%, Figur 7) i förhållande till andra källor. Störst bidrag kommer ifrån jordbruksmark (32% för kväve, respektive 35% för fosfor), vilket beror på hög typhalt från jordbruksmark. Skogsmark står för stora bidrag på grund av den stora arealen skogsmark i Sverige.



Figur 7. Belastning från olika källor till kväve och fosfor för hela Sverige. Industriutsläpp, reningsverk och dagvatten har beräknats i denna studie, medan övriga källor har beräknats enligt Ejhed m.fl. (2016) till vattenförekomster 2016 och finns tillgängliga på tbv.smhi.se (version PLC6.5). Retention i sjöar och vattendrag under transport till havet är inte inkluderat i figuren.

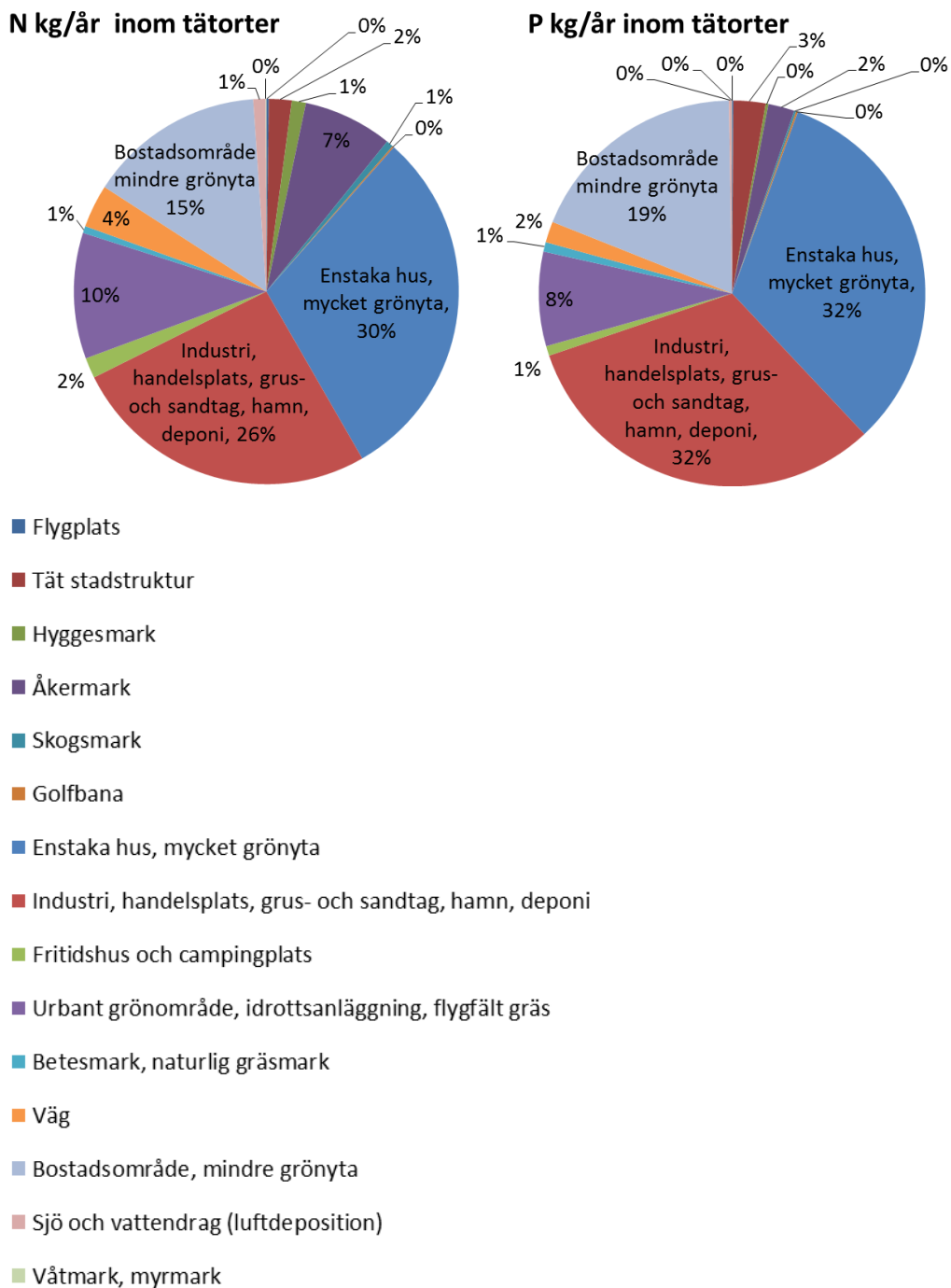
För enskilda vattenförekomstområden kan bidragen vara betydande. Resultaten visar dock att enbart 10 vattenförekomstområden har dagvatten som 100% källa till belastning till fosfor och inget område för kväve (Tabell 3). Det innebär att i de områden som avgränsas helt av tätortsavgränsningen så finns i de flesta områden andra källor som också bidrar, t.ex.

industriutsläpp eller reningsverksutsläpp. 117 av 23798 st vattenförekomstområden har dagvatten som källa till 50% av total belastning av kväve. Motsvarande för fosfor är 283 st vattenförekomstområden. Det är färre än antalet områden som påverkas av dagvatten belastning av metaller (läs vidare i avsnitt metaller).

Tabell 3 Antal områden där respektive källa står för dominerande bidrag till belastningen (ca 100%, >90%, >75%, >50%) av kväve (N) och fosfor (P) i 23 798 st enskilda vattenförekomstområden

	Antal områden där källan står för nedan andel av belastning	Dagvatten	Industriutsläpp	Avloppsreningsverk	Enskilda avlopp	Jordbruk	Hygge	Skogsmark	Övrig mark	Sankmark	Fjäll	Deposition på sjöar
N	Ca 100%	0	1	5	0	0	0	42	2	6	83	0
	>90%	22	20	48	0	186	0	291	10	26	701	1
	>75%	55	36	114	2	643	1	2670	39	44	1252	6
	>50%	117	62	222	17	1767	14	13078	325	119	1803	187
P	Ca 100%	10	0	0	0	1	0	58	10	4	93	0
	>90%	81	23	18	1	125	0	383	57	10	769	0
	>75%	148	40	48	17	976	0	3630	124	39	1267	2
	>50%	283	59	113	103	2936	1	12806	226	323	1780	12

Resultaten visar vidare att belastningen av kväve och fosfor till dagvatten inom tätorter i hela landet till dominerande del kommer ifrån ytor med enstaka hus med mycket grönyta (30% kväve, 32% fosfor) vilket beror på att arealen av denna markanvändning är störst inom tätorter. Mark som används till ”industri, handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi” bidrar med 26% kväve och 32% fosfor, och mark som används till ”bostadsområde med mindre grönyta” bidrar med 15% kväve och 19% fosfor, vilka båda beror på en kombination av relativt stor area med hög avrinningskoefficient och relativt hög typhalter. Ytterligare bidrag kommer ifrån urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält på gräs med 10% kväve och 8% fosfor (Figur 8), samt åkermark inom tätort som bidrar till kväve belastningen inom tätort som summeras till dagvatten (7%).

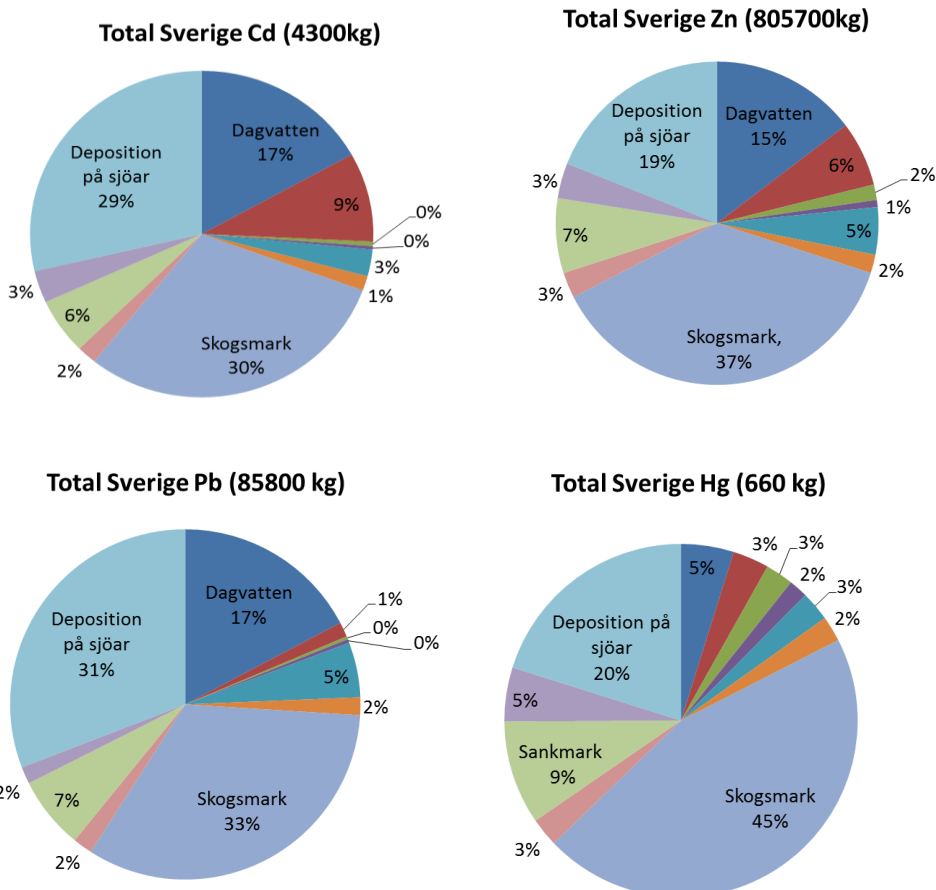


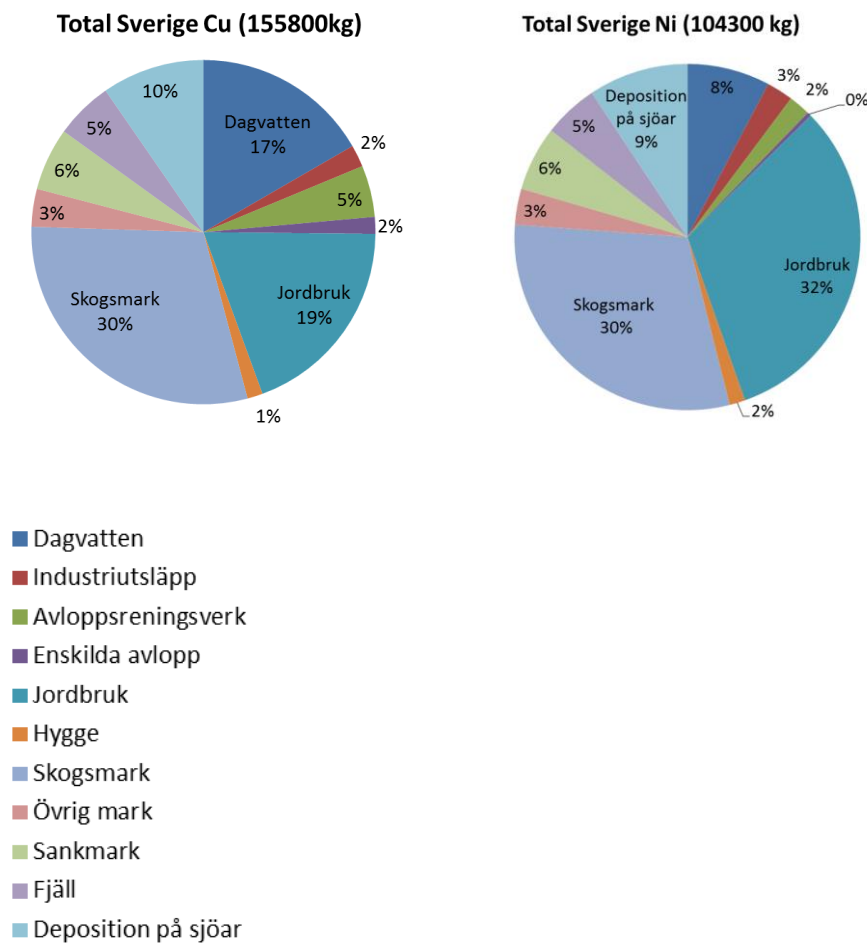
Figur 8 Fördelning av belastning av kväve och fosfor på olika markanvändning inom tätorter i Sverige.

Belastning av metaller

Summerat för hela Sverige är belastning från dagvatten en betydande källa till metallerna kadmium, koppar, zink, bly och kvicksilver, där andelen från dagvatten utgör mellan 17 % för bly till 15 % för zink (Figur 9). Den relativt

höga belastningen av metaller från dagvatten jämfört med andra källor beror på höga typhalter och hög ytavrinning. Nickel och kvicksilver har mindre betydande bidrag från dagvatten räknat för hela Sverige jämfört med andra källor (8% respektive 5%), tack vare relativt sett lägre typhalt för dagvatten källorna i jämförelse med de andra metallerna och i förhållande till andra källor. Resultaten visar vidare att stora bidrag till kadmium, koppar, nickel, zink och bly kommer ifrån skogsmark, bland annat på grund av att arealen skogsmark är dominerande i Sverige. Metaller läcker naturligt ifrån marken samt orsakas dessutom av luftdeposition på mark. Deposition på sjöar har beräknats som ytterligare en betydande källa till kadmium, zink och bly samt kvicksilver (Figur 9). En stor del av depositionen av metaller utgörs av långväga transporterade luftföroreningar.





Figur 9. Fördelning av belastning (% av kg) beräknat för hela Sveriges räknat för 23 413 st vattenförekomst områden avseende metallerna kadmium (Cd), zink (Zn), bly (Pb), kvicksilver (Hg), koppar (Cu), och nickel (Ni). Belastning från industrier, avloppsreningsverk och dagvatten har beräknats i denna studie. Metod för dagvattenbelastning och beräkningar för alla andra källor beskrivs i Ejhed m.fl. 2010¹⁸⁷.

I enskilda områden kan belastningen av metaller från dagvatten vara stor. För att jämföra hur stor belastningen kan vara från dagvatten jämfört med andra källor i enskilda vattenförekomstområden så redovisas maximal, medel- och medianbelastning per källa. Maximal belastning av kadmium från dagvatten är ca 8 kg (Tabell 4), vilket beror på storleken på arean och avrinning, men även på typhalten som motsvarar koncentrationen i avrinnande vatten från den markanvändning som finns i området. I de områden där belastningen av kadmium från dagvatten är som störst dominerar också dagvatten den totala belastningen (97% av totala

¹⁸⁷ Ejhed Liljeberg M., Olshammar, M., Wallin, M., Rönnback, P., Stenström, A. (2010) Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport. SMED Rapport Nr 41 2010

belastningen). Det kan jämföras med maximal belastning från andra källor, där deposition på vattenytor har högst maximal belastning i ett enskilt område med 112 kg kadmium, industriverksamheter har 70 kg som maximal belastning och kommunala reningsverk har 1.1 kg maximal belastning i ett enskilt vattenförekomstområde (Tabell 4). Medelbelastningen från dagvatten är ca 0.2 kg kadmium per år och per vattenförekomstområde. Även dessa resultat tyder på att i de flesta av de 23413 vattenförekomstområden där beräkningarna har genomförts så är belastningen från dagvatten liten eftersom tätortsarealen är liten, men att i de områden där tätorter dominerar markanvändningen så kan bidragen vara betydande. Liknande observationer kan göras i resultaten för de andra metallerna.

Tabell 4. Maximal, medel- och medianbelastning av metaller (kg/år) från respektive källa i enstaka vattenförekomstområden (beräknat i 23 413 st vattenförekomstområden för hela Sverige).

		Dagvatten	Industriutsläpp	Avloppsreningsverk	Enskilda avlopp	Jordbruk	Hygge	Skogsmark	Övrig mark	Sankmark	Fjäll	Deposition på sjöar
Cd	Max	8.3	70.0	1.4	0.1	0.7	0.1	19.3	4.5	2.7	1.1	112.1
	medel	0.2	3.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
	median	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu	Max	292	632	1504	16	183	7	929	278	109	67	1266
	medel	8	26	71	0	1	0	2	0	0	0	1
	median	2	1	29	0	0	0	1	0	0	0	0
Ni	Max	93	384	244	3	204	3	544	175	89	42	840
	medel	2.54	20.31	19.46	0.02	1.42	0.07	1.34	0.15	0.27	0.23	0.42
	median	0.61	0.49	8.13	0.00	0.00	0.02	0.61	0.01	0.08	0.00	0.06
Zn	Max	1457	5102	1320	38	233	30	5611	933	841	224	12329
	medel	37.1	326.7	113.8	0.3	1.6	0.6	12.9	0.9	2.6	1.2	6.5
	median	8.1	4.3	55.0	0.1	0.0	0.2	5.8	0.0	0.8	0.0	1.0
Pb	Max	168	185	19	2	26	2	502	44	83	11	2146
	medel	5	10	2	0	0	0	1	0	0	0	1
	median	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

		Dagvatten	Industriutsläpp	Avloppsreningsverk	Enskilda avlopp	Jordbruk	Hygge	Skogsmark	Övrig mark	Sankmark	Fjäll	Deposition på sjöar
Hg	Max	0.43	6.03	4.00	0.08	0.11	0.03	7.42	1.08	0.97	0.26	10.75
	medel	0.01	0.25	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	median	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

För att ytterligare ge perspektiv på hur stor risk för påverkan dagvatten har på vattenförekomstområden, så har antalet vattenförekomstområden där dagvatten står för dominerande andel (ca 100 %, >90 %, >75 % respektive 50 %) av belastningen beräknats. Beräkningarna har genomförts för totalt 23413 st områden. I mellan 3 och 17 st vattenförekomstområden står dagvatten för ca 100 % av totala belastningen av metallerna (

Tabell 5), vilket beror på att de områdena befinner sig inom tätortsavgränsningen till ca 100% och på grund av att industriutsläpp samt reningsverk står för en mindre belastning enligt data rapporterat i SMP år 2016. Kadmium är den metall med flest områden där dagvatten står för >50% av belastningen, 1090 st områden, följt av Bly 1028 st vattenförekomstområden (

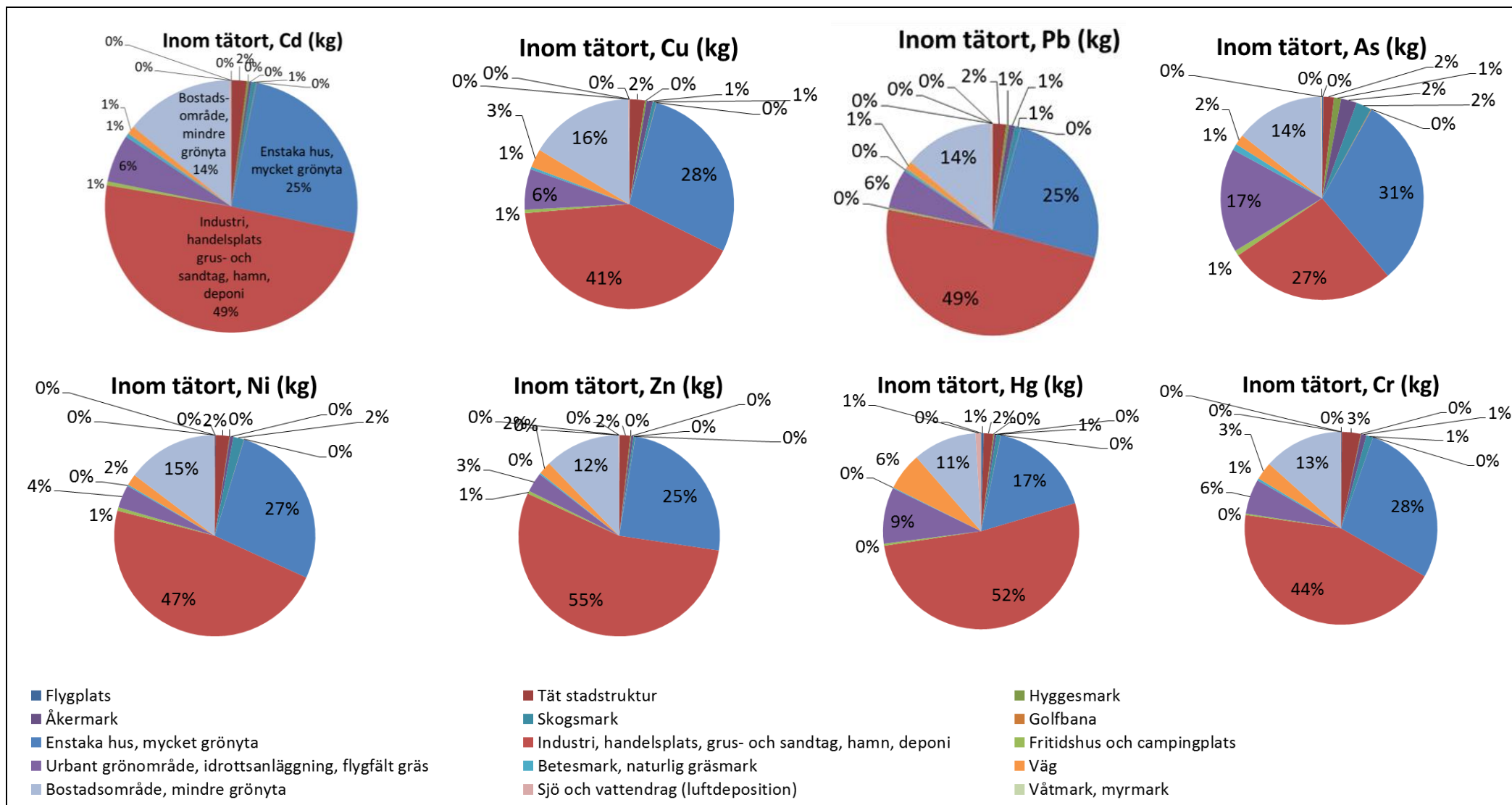
Tabell 5). Det kan jämföras med antalet områden där andra källor står för dominerande andel av belastningen. Skogsmark är den källa som står för dominerande andel av belastningen (>50%) i mellan 11004 och 15627 st områden för alla metaller, vilket bland annat beror på att skogsmark dominerar markanvändningen i Sverige.

Tabell 5. Antal områden där respektive källa står för dominerande bidrag till belastningen (ca 100%, >90%, >75%, >50%) i enskilda vattenförekomstområden beräknat för 23 413 st vattenförekomstområden totalt i hela Sverige.

	Antal områden där källan står för nedan andel av belastning	Dagvatten	Industriutsläpp	Avloppsreningsverk	Enskilda avlopp	Jordbruk	Hygge	Skogsmark	Övrig mark	Sankmark	Fjäll	Deposition på sjöar
Cd	Ca 100%	17	2	0	0	0	0	30	0	2	44	0
	>90%	276	18	0	0	0	0	272	7	7	359	26
	>75%	578	20	0	0	7	0	2578	26	25	762	837
	>50%	1090	27	1	0	70	4	11004	54	207	1371	4685
Cu	Ca 100%	17	2	0	0	0	0	26	0	2	75	0
	>90%	214	4	6	0	30	0	263	13	8	704	1
	>75%	423	15	15	0	281	0	2847	32	32	1180	13
	>50%	854	22	31	0	1462	4	12241	84	265	1752	596
Ni	Ca 100%	12	2	0	0	0	0	35	0	3	74	0
	>90%	123	10	0	0	150	0	316	14	8	649	2
	>75%	245	21	14	0	838	0	3124	30	36	1131	9
	>50%	466	29	30	0	2830	4	12422	71	283	1643	377
Zn	Ca 100%	17	2	0	0	0	0	29	0	2	49	0
	>90%	205	19	0	0	0	0	296	8	8	404	4
	>75%	447	25	6	0	11	0	3415	25	31	820	72
	>50%	879	34	17	0	152	4	13904	56	257	1360	1716
Pb	Ca 100%	17	1	0	0	0	0	33	0	3	35	0
	>90%	258	4	0	0	1	0	286	6	8	219	21
	>75%	541	10	0	0	26	0	2781	16	31	517	596
	>50%	1028	18	3	0	208	4	11784	45	249	995	4035
Hg	Ca 100%	3	2	0	0	0	0	29	0	2	58	0
	>90%	82	9	6	0	0	0	333	11	8	506	3
	>75%	223	21	12	0	2	0	4217	27	33	977	56
	>50%	451	26	14	2	76	4	15627	65	304	1449	1106

Belastningen av metaller i dagvatten kommer ifrån läckage från olika markanvändningar inom tätortsavgränsningen i enskilda

vattenförekomstområden. Nedan redovisas fördelningen av belastningen inom tätorter för Sverige. Dominerande bidrag till belastningen av dagvatten inom tätorter kommer ifrån mark som används till industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn och deponiverksamhet för samtliga metaller utom för arsenik (mellan 41 och 52 %, Figur 10), vilket beror på att den markanvändningen både har hög avrinningskoefficient och höga typhalter. Stora bidrag av metaller i dagvatten kommer också ifrån mark som används till enstaka hus med mycket grönyta och för arsenik dominerar det bidraget, vilket till stor del beror på att den markanvändningen utgör den största arealen inom tätorter. Bostadsområden med mindre grönyta står för betydande bidrag för metallerna (mellan 11 och 16 %), vilket beror på relativt höga typhalter. Urbant grönområde, idrottsanläggning och flygfält på gräs bidrar framförallt till arsenik i dagvatten (17%) på grund av relativt stor area. Bidragens storlek beror sammanfattningsvis på fördelningen av area per markanvändning inom tätort, och skillnader mellan olika metaller beror på typhalter och avrinningskoefficienter som beskriver läckage från respektive markanvändning. Det finns dock stora osäkerheter i typhalterna om de baseras på ett fåtal mätningar, vilket beskrivs ytterligare i diskussionen om osäkerheter nedan.



Figur 10. Fördelning av bidrag till belastningen i dagvatten inom tätorter av metallerna kadmium (Cd), bly (Pb), koppar (Cu), zink (Zn), kvicksilver (Hg), arsenik (As), krom (Cr). De största bidragen till alla metaller utom för arsenik kommer ifrån markanvändnings-klassen "industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn och deponi" med mellan 27% och 55%, varav industri och handelsplats utgör 96% av arealen. Klassen "urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs" (lila färg i figuren) utgör mellan 3% och 17% av belastningen av metaller. Belastning från industrier, avloppsreningsverk och dagvatten har beräknats i denna studie. Metod för dagvattenbelastning och beräkningar för alla andra källor beskrivs i Ejhed m.fl. 2010.

Jämförelse mellan belastning från dagvatten och statusbedömning av vattenförekomster

För att få en koppling mellan beräknad belastning på vatten och dess påverkan på vattenförekomster genomfördes för metallerna kadmium, bly, nickel, kvicksilver, zink och koppar en jämförelse av den beräknade belastningen och Vattenmyndigheternas statusklassning.

I Figur 11 presenteras statusklassning med avseende på kemisk respektive ekologisk status, ämne och diffus källa för de vattenförekomster vars betydande belastning på vatten (>50%) är från dagvatten. Beroende på ämne, identifierades dominerande påverkan på vatten från dagvatten i mellan 466 till 1228 vattenförekomstområden. En analys med koppling till statusklassning för dessa går att genomföra till en viss del. För förvaltningscykel 2 (C2) finns en färdig statusklassning, med en bedömning av de viktiga påverkanskällor (t.ex. dagvatten) när statusen är sämre än god. Dock går det inte utifrån underlaget säga vilka ämnen som är kopplade till påverkan från dagvatten, dessutom är statusklassningen baserat på ett relativt litet dataunderlag (pers. kommunikation, Vattenmyndigheterna).

Ungefär 70% av alla de vattenförekomstområden med dominerande belastning av bly, kadmium, kvicksilver eller nickel från dagvatten (>50% av den totala belastningen) saknar kemisk statusklassning. Av de som är klassade har ca hälften god kemisk status (utan överallt överskridande ämnen). Endast ca 5% av de vattenförekomstområden med dominerande belastning av koppar eller zink från dagvatten (>50% av den totala belastningen) saknar ekologisk statusklassning.

Av de 1228 vattenförekomstområden med dominerande belastning av bly från dagvatten, har 42 st klassning ”dålig kemisk status” med avseende på ämne, 501 st med avseende på källa-urban markanvändning och 151 st med avseende på källa-transport och infrastruktur. Motsvarande siffror för kadmium, kvicksilver och nickel är:

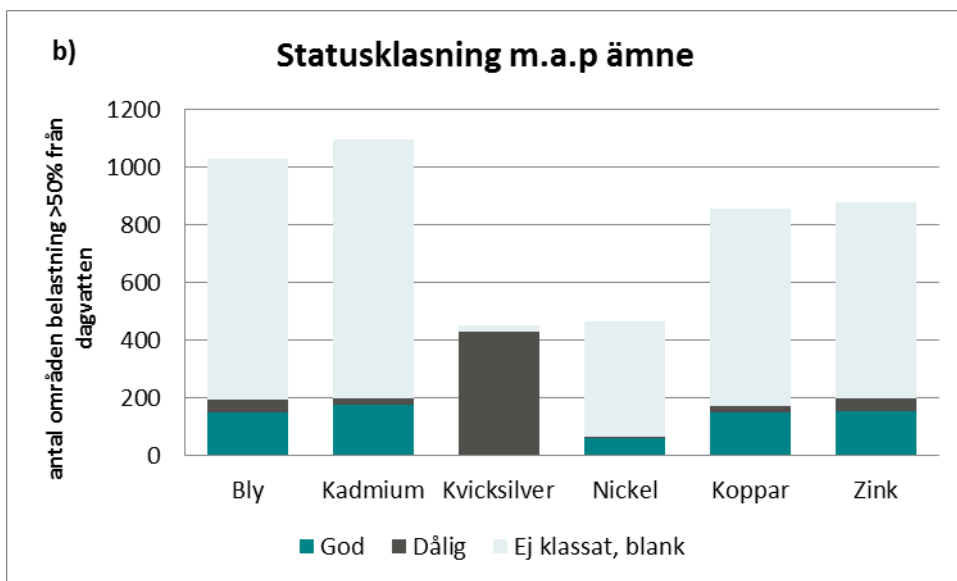
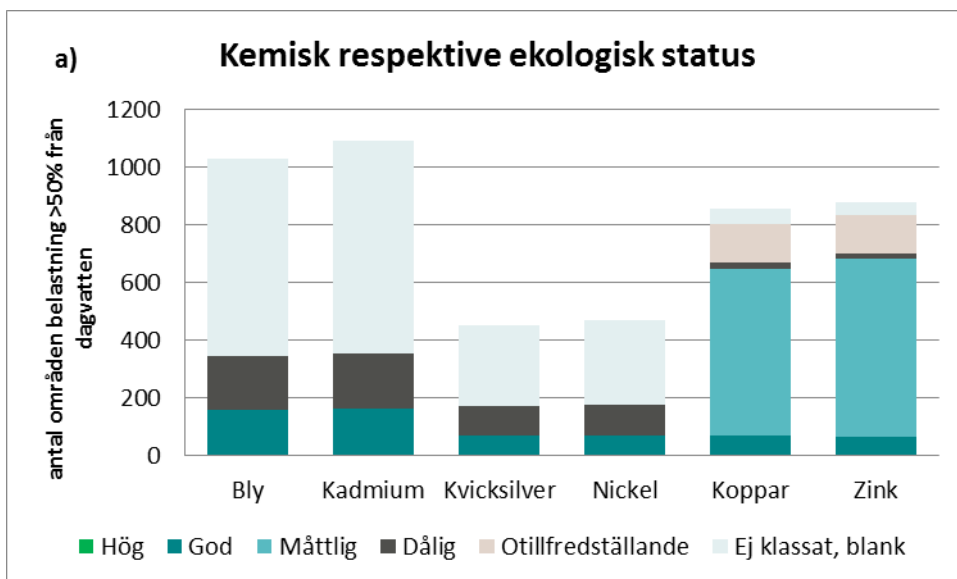
Kadmium: 24 st (ämne), 521 st (markanvändning), 152 st (transporter) av totalt 1090 st

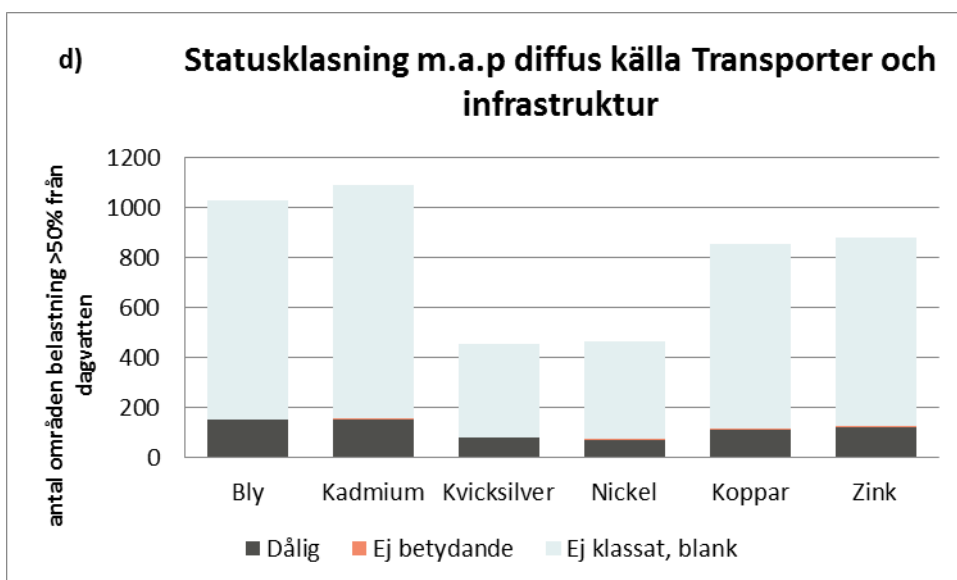
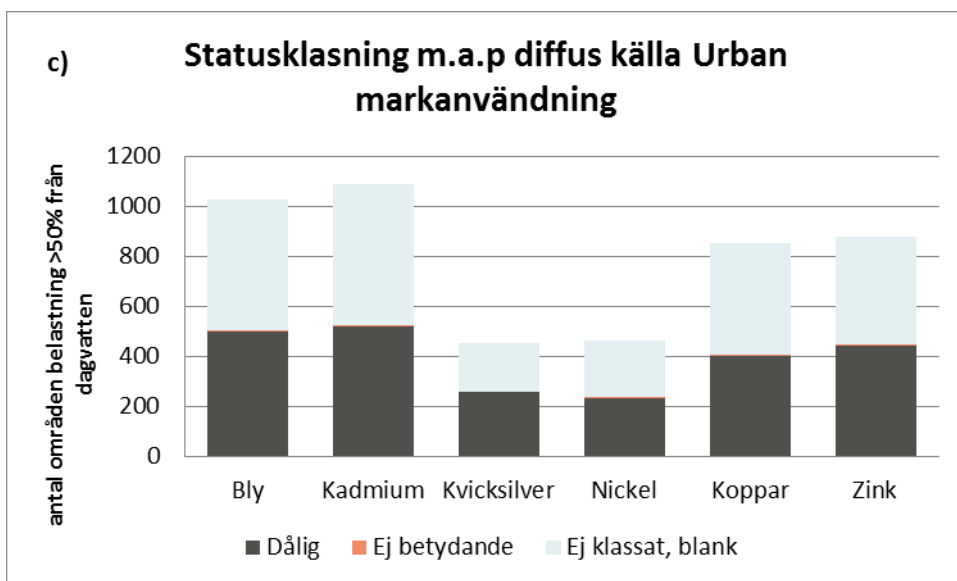
Kvicksilver: 428 (ämne), 257 (markanvändning), 152 (transporter) av totalt 451

Nickel: 3 (ämne), 236 (markanvändning), 71 (transporter) av totalt 466

Av de 854 vattenförekomstområden med dominerande belastning av koppar från dagvatten, har 19 st klassning ”måttlig ekologisk status” med avseende på ämne, 403 respektive 111 st ”dålig status” med avseende på källa-urban markanvändning och transport och infrastruktur.

Av 879 st vattenförekomstområden med dominerande belastning av zink från dagvatten har 43 st klassning ”måttlig ekologisk status” med avseende på ämne, 423 respektive 121 st ”dålig status” med avseende på källa-urban markanvändning och transport och infrastruktur.





Figur 11. Sammanställning av statusklassning med avseende på a) kemisk respektive ekologisk status, b) ämne och c, d) diffus källa för de vattenförekomster vars betydande belastning på vatten (>50%) är från dagvatten. Observera att kemisk status (a) motsvarar här ”Kemisk status utan överallt överskridande ämnen”.

Beroende på metall, är dagvatten den dominerande källan (>50%) av belastningen på vatten i ca 2-5% av alla de vattenförekomstområden som ingick i analysen (

Tabell 5 och Tabell 6). I

Tabell 7 och Tabell 8 presenteras antal och andel områden med betydande belastning av olika metaller för vilka statusklassningen är ”Dålig” m.a.p källa ”Urban markanvändning” och ”Transporter och infrastruktur”. T.ex. av de 17 områden i vilka dagvatten står för 100% av bly- och kopparbelastningen, har 13 respektive 15 st statusklassning ”Dålig” med avseende på diffus källa ”Urban markanvändning”, vilket tyder på att belastningsberäkningar stämmer väl överens med statusklassningen av just dessa vattenförekomstområden.

Andelen områden där dagvatten >50% av totala belastningen och för vilka statusklassningen är ”Dålig” m.a.p källa ”Urban markanvändning” är 46% (bly), 48% (kadmium), 24% (kvicksilver), 22% (nickel), 37% (koppar) och 41% (zink). Motsvarande siffror för källan ”Transport och infrastruktur” är 44% för bly och kadmium, 23% (kvicksilver), 21% (nickel), 32% (koppar) och 35% för zink (Tabell 1 och Tabell 2). Att andelen generellt ligger på ca 22-48% beroende på ämne, kan delvist förklaras med att statusklassningen med avseende på de två diffusa källorna som har koppling till dagvatten saknas eller att statusen bedöms vara god.

Tabell 6. Sammanställning av antal områden där dagvatten står för dominerande bidrag av metaller till belastningen (ca 100%, >90%, >75%, >50%) i enskilda vattenförekomstområden beräknat för 23 413 st vattenförekomstområden totalt i hela Sverige.

	Bly	Kadmium	Kvicksilver	Nickel	Koppar	Zink
Antal områden dagvatten 100% av belastningen	17	17	3	12	17	17
Antal områden dagvatten >90% av belastningen	258	276	82	123	214	205
Antal områden dagvatten >75% av belastningen	541	578	223	245	423	447
Antal områden dagvatten >50% av belastningen	1028	1090	451	466	854	879
Antal områden dagvatten <50% av belastning	22385	22323	22962	22947	21905	21865
Antal områden i analysen	23413	23413	23413	23413	23413	23413
Andel områden >50% belastning/totalt antal områden	4%	5%	2%	2%	4%	4%

Tabell 7. Belastning på vatten via dagvatten kopplad till statusklassning "Dålig" i VISS med avseende på diffus källa Urban markanvändning.

	Pb	Cd	Hg	Ni	Cu	Zn
Antal områden dagvatten 100% av belastningen	13	15	2	10	13	15
Antal områden dagvatten >90% av belastningen	79	80	30	45	128	125
Antal områden dagvatten >75% av belastningen	296	302	137	137	225	246
Antal områden dagvatten >50% av belastningen	501	521	257	236	403	443
Antal områden dagvatten <50% av belastning	580	560	824	845	677	637
Antal områden med statusklassning "Dålig" m.a.p urban markanvändning	1081	1081	1081	1081	1081	1081
Andel omr. där dagvatten >50% av totala belastningen och för vilka statusklassningen är "Dålig" m.a.p källa "Urban markanvändning"	46%	48%	24%	22%	37%	41%

Tabell 8. Belastning på vatten via dagvatten kopplad till statusklassning "Dålig" i VISS med avseende på diffus källa Transporter och infrastruktur.

	Pb	Cd	Hg	Ni	Cu	Zn
Antal områden dagvatten 100% av belastningen	4	4	1	3	1	4
Antal områden dagvatten >90% av belastningen	49	46	21	26	35	36
Antal områden dagvatten >75% av belastningen	90	92	39	43	62	72
Antal områden dagvatten >50% av belastningen	151	152	80	71	111	121
Antal områden dagvatten <50% av belastning	194	193	265	274	233	223
Antal områden med dålig status m.a.p transport och infrastruktur	345	345	345	345	345	345
Andel omr. där dagvatten >50% av totala belastningen och för vilka statusklassningen är Dålig m.a.p källa "Transport och infrastruktur"	44%	44%	23%	21%	32%	35%

Belastning av organiska föroreningar

Dagvatten

Kvantifiering av läckage av organiska ämnen från skogsmark, jordbruksmark, övrig mark och enskilda avlopp med SMED metodiken som används för metaller och organiska ämnen saknas. Det är därför inte möjligt att beräkna hur stor del av bidraget av organiska ämnen till dagvatten är i jämförelse med andra diffusa källor. Vissa uppskattningar har tidigare gjorts för atmosfäriskt nedfall på vattenyta samt sammanställning av information om punktkällor i SMP.

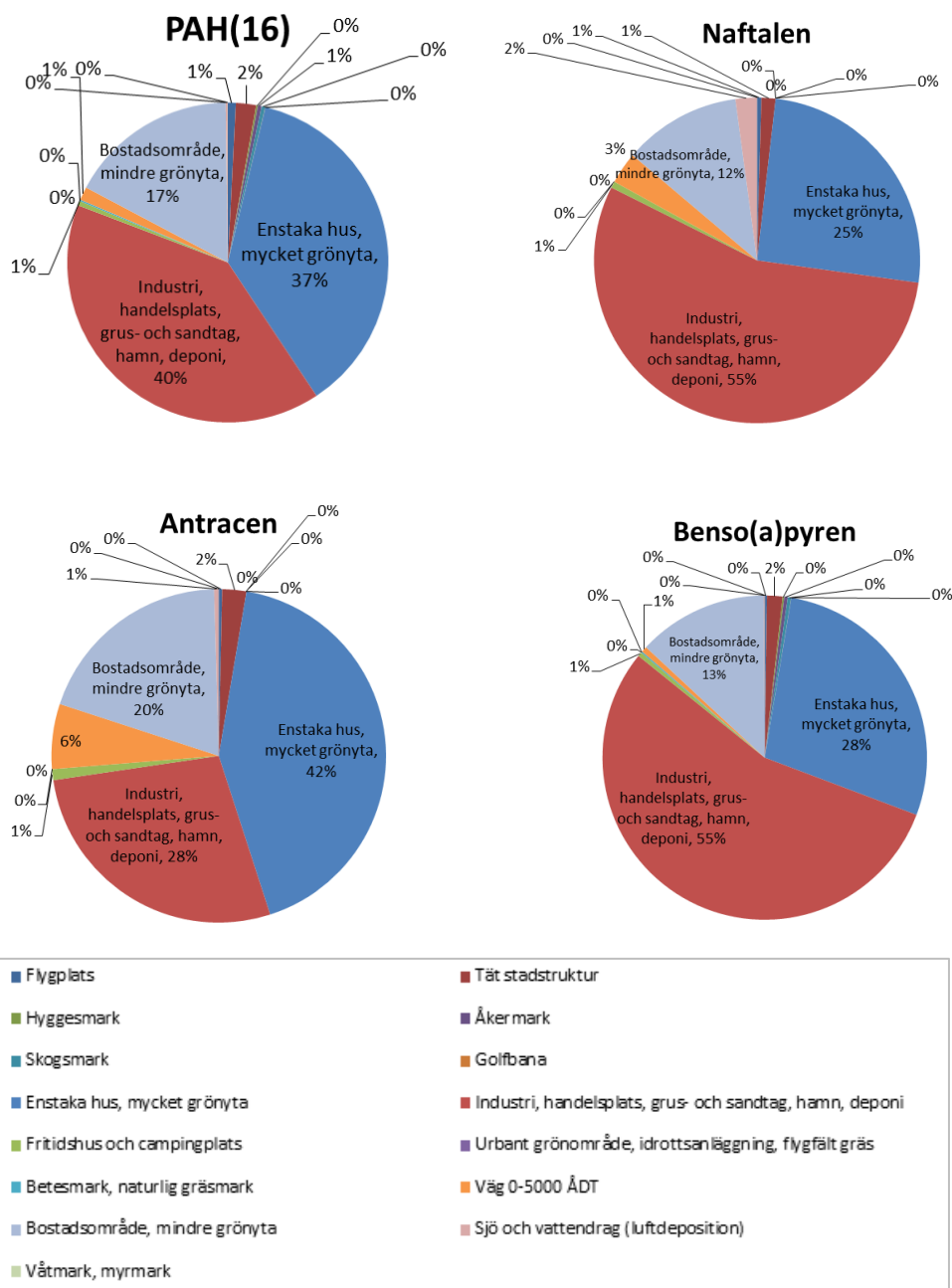
I en tidigare genomförd SMED studie ”Diffusa emissioner till luft och vatten” uppskattades belastningen för några organiska ämnen/ämnesgrupper från dagvatten fördelade per vattendistrikt, Tabell 9 (Hansson m.fl., 2012).

Tabell 9. Bruttobelastning från dagvattnet per vattendistrikt och ämne/ämnesgrupp (kg/år), redovisas med en värdesiffra (Hansson m. fl., 2012)¹⁸⁸.

Vattendistrikt	PAH (16)	HCH	BDE (47, 99)	DEHP	Endosulfan	4-Nonylfenol
Bottenviken	30	2	0.02	400	1	30
Bottenhavet	70	5	0.04	1 000	2	80
Norra Östersjön	100	8	0.09	2 000	4	200
Södra Östersjön	100	8	0.1	2 000	5	300
Västerhavet	200	10	0.2	2 000	9	400
Total	500	40	0.5	7 000	20	1 000

I föreliggande studie, har belastningen från dagvatten av de prioriterade organiska ämnena i projektet beräknats utifrån schablonhalter i StormTac och PLC7 metodiken, se Figur 12 och Figur 13. Resultaten visar att belastningen av PAH, summa 16 PAH samt, naftalen, benso(a)pyren och antracen inom tätorter till dagvatten kommer från ytor med enstaka hus med mycket grönyta (25-42%), industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn, deponi (28-55%) och bostadsområde med mindre grönyta (12-20%). Belastningen av PAH(16) till dagvatten inom tätorter var 617 kg/år. Det är en ökning på 120 kg jämfört med beräkningar i Hansson m.fl., (2012).

¹⁸⁸ Hansson m.fl. (2012) Diffusa emissioner till luft och vatten. SMED Rapport Nr 106 2012



Figur 12. Fördelning av belastning av PAH(16), naftalen, antracen och benso(a)pyren inom tätorter till dagvatten i hela landet. Data framtagna i denna studie. Metod för dagvattenbelastning beskrivs i Hansson et al., 2012.

Belastningen av nonylfenol (4-nonylfenol) och oktylfenol (4-tert-oktylfenol) inom tätorter till dagvatten skiljer sig åt. 58% av nonylfenolbelastningen härstammar från ytor som industri, handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi. Andra ytor som bidrar mest är urbana grönområden, idrottsanläggningar, flygfält gräs (23%) samt enstaka hus, mycket grönyta (11%). Belastningen av oktylfenol domineras av ytor så som enstaka hus, mycket grönyta (28%), luftdeposition på vatten (20%), industri,

handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi (18%) samt bostadsområde, mindre grönyta (13%). Oktylfenoler används bl.a. som stabilisator i gummi för tillverkning av däck. Nonylfenol används som tillsatsmedel i betong och kan lakas ut med nederbörden och förorena dagvattnet. Dessa ämnen kan också förekomma i färg och andra produkter som kan bidra till dess förekomst i dagvatten. Bressy m.fl., (2011)¹⁸⁹ visade att ca 70% av oktyl- och nonylfenoler i dagvatten härstammar från byggnader och vägemissioner. Studien visade också att halterna oktyl- och nonylfenoler i dagvatten var tre gånger högre än i atmosfäriskt deposition, vilket indikerar att dessa ämnen sprids via lokala källor i tätorterna, men också att viss transport via luft förekommer. Belastningen av nonyl- och oktylfenol till dagvatten inom tätorter i Sverige beräknades till 855 respektive 24 kg/år. För nonylfenol innebär det en minskning på 125 kg jämfört med beräkningar i Hansson m.fl., (2012).

Belastningen av ftalaten DEHP inom tätorter till dagvatten kommer från ytor så som ”enstaka hus, mycket grönyta” (35%), ”bostadsområde, mindre grönyta” (29%) samt ”urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs” (25%). Belastningen DEHP till dagvatten inom tätorter var 6130 kg/år, vilket innebär en minskning på knappt 500 kg jämfört med beräkningar i Hansson m.fl., (2012).

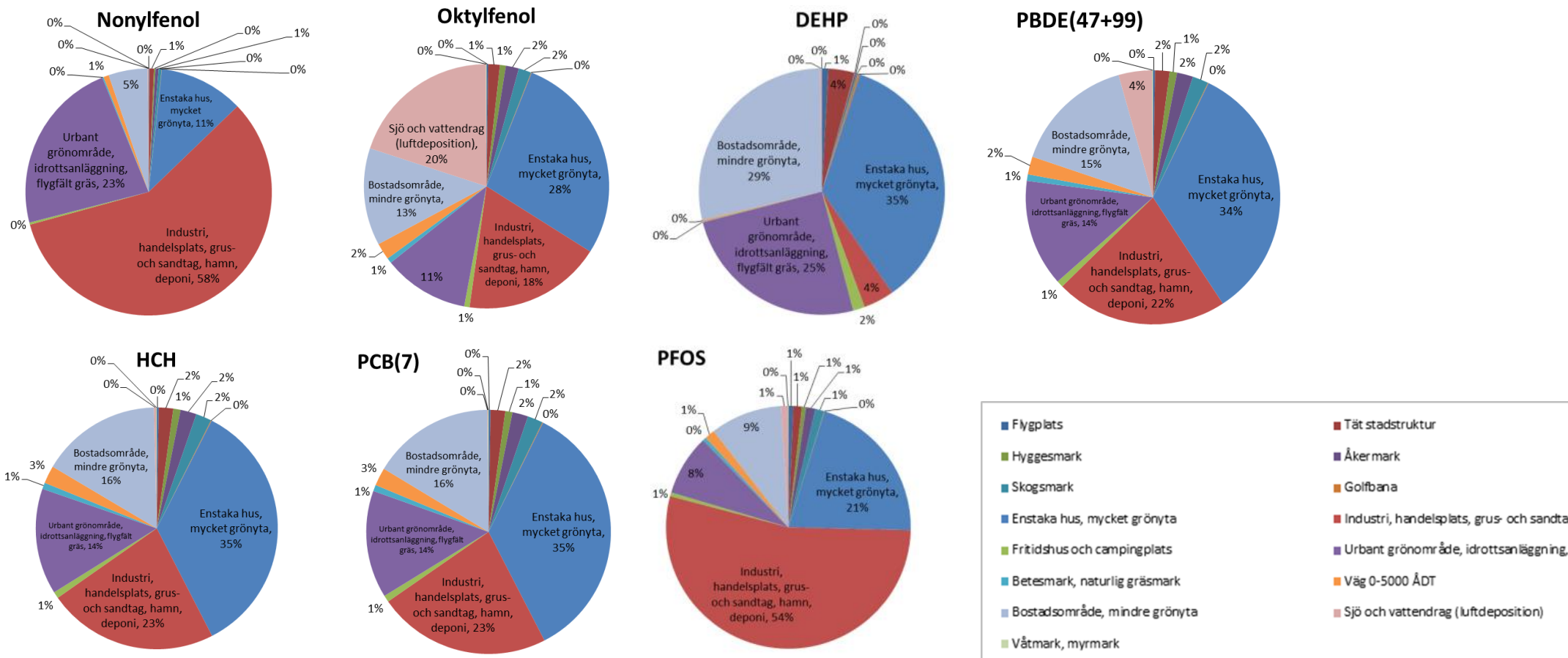
Resultaten visar att belastningen av BDE (47+99), HCH och PCB(7) till dagvatten härrör från samma slags ytor inom tätorterna. Dessa är ”enstaka hus, mycket grönyta”, ”industri, handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi”, ”bostadsområde, mindre grönyta” och ”urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs” med en fördelning på ca 35, 23, 16 respektive 14%. PCB och HCH är sedan länge förbjudna och användningen av PBDE är sedan ett antal år starkt reglerade, vilket innebär att belastningen till dagvatten i större utstäckning kan bero på upplagrade mängder i samhället. För dessa ämnen är också långväga lufttransport och deposition en viktig spridningsväg (Sjöberg m.fl., 2016)¹⁹⁰. Belastningen av BDE (47+99), HCH och PCB(7) till dagvatten var 0.5, 43 respektive 89 kg/år. Värden för PBDE och HCH är oförändrade respektive 7 kg lägre jämfört med beräkningarna i Hansson m.fl., (2012).

¹⁸⁹ A. Bressy, M. -C. Gromaire, C. Lorgeoux and G. Chebbo (2011): Alkylphenols in atmospheric depositions and urban runoff. *Water Science & Technology* 63.4

¹⁹⁰ Sjöberg K., Brorström-Lundén E., Danielsson H., Fredricsson M., Hansson K., Pihl-Karlsson G., Potter A., Wängberg I., Kreuger J., Nanos T., Paulsson E., Areskoug H., Alpfjord H., Andersson C., Josefsson W. (2016): Nationell luftövervakning - sakrapport med data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. 2015. IVL rapport C224, på uppdrag av Naturvårdsverket

Belastningen av PFOS till dagvatten i tätorter uppskattades till 11 kg/år. Ytor så som ”industri, handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi” (58%) och ”enstaka hus, mycket grönyta” (21%) bidrar mest till belastningen. I StormTac fanns schablonhalter för endast två av marktyperna (enstaka hus, mycket grönyta och handelsplats) samt för atmosfärisk deposition. För att kunna uppskatta belastningen av PFOS till dagvatten användes schablonhalten för depositionen för de marktyper som saknade värden. Dessa resultat bör därför ses som indikativa.

Belastningen av tributyltenn till dagvatten i tätorterna beror till 98% eller 74 av totalt 76 kg/år, på bidrag från ”industri, handelsplats, grus-och sandtag, hamn, deponi” ytor.



Figur 13 Fördelning av belastning av nonyl- och oktylfenol, DEHP, PBDE, HCH, PCB samt PFOS inom tätorter till dagvatten i hela landet. Data framtagna i denna studie. Metod för dagvattenbelastning beskrivs i Hansson et al., 2012.

Jämförelse med andra källor till vatten

I Tabell 10 presenteras den uppskattade atmosfäriska depositionen av några organiska ämnen på sjöyta inom respektive vattendistrikt för 2009-2010 och 2016 beräknade utifrån miljöövervakningsdata. Data för 2009-2010 är beräknade med en interpolationsmetod (för mer information se Hansson m.fl., 2012). Som jämförelse har nya data för 2016 tagits fram inom föreliggande studie. I dessa beräkningar användes den något enklare men på Sverigenivå fullt jämförbara metod som innebär att instället för interpolation mellan provtagningsstationerna har en medeldepositionsfaktor för hela landet använts.

Med undantag för PAH, var den atmosfäriska nedfallet av de undersökta ämnena lägre 2016 jämfört med 2012. Miljöövervakningsdata visar att halterna av dessa organiska ämnen i luft och dess deposition har minskat kraftigt sedan starten av mätningarna och har under de senaste åren planat ut.

Tabell 10. Atmosfärisk deposition av organiska ämnen på sjöyta inom respektive vattendistrikt, medel 2009-2010 samt 2016. Beräkningarna för 2009-2010 är hämtade från Hansson et al. (2012). Beräkningarna för 2016 är beräknade enligt metoden i Hansson et al. (2012), där medeldepositionsfaktorn för hela landet användes.

Kg/år, medel 2009-2010	PAH (12)	PAH (4)	PCB	HCH	DDT	BDE (47, 99, 100)	Endosulfan
Bottenviken	100	70	2	0.7	0.3	0.5	2
Bottenhavet	200	30	3	1.0	0.5	0.6	2
Norra Östersjön	100	10	0.4	0.2	0.2	0.1	0.7
Södra Östersjön	200	20	0.7	0.3	0.3	0.1	1
Västerhavet	400	40	3	1	0.8	0.6	2
Hela landet	1000	200	9	3	2	2	7

kg/år 2016	PAH (12)	PAH (4)	PCB	HCH	DDT	BDE (47, 99, 100)	Endosulfan
Bottenviken	300	50	0.5	0.4	0.1	0.2	0.5
Bottenhavet	300	50	0.6	0.4	0.1	0.2	0.5
Norra Östersjön	100	20	0.2	0.1	0.04	0.08	0.2
Västerhavet	300	50	0.6	0.4	0.1	0.2	0.5
Södra Östersjön	200	30	0.3	0.2	0.05	0.1	0.3
Hela landet	1200	200	2	1	0.4	0.9	2

För ämnen som under många år varit förbjudna eller som på senare tid fasats ut pga. regleringar och frivilliga åtaganden, och för vilka lufttransporten är

en viktig spridningsväg bör den lägre depositionen även innebära att halterna i dagvattnet är lägre nu jämfört med tidigare år. Detta bör i större utsträckning gälla för t.ex. HCH, DDT och PBDE. För PAH är de lokala utsläppen från t.ex. trafiken och däckslitage viktigare källor till dess förekomst i dagvatten. I en studie där emissioner av PAH i urbana miljöer studerades, gjordes antagandet att inflödet av PAH via lufttransport till det studerade området i Göteborg var försumbart i jämförelse med andra mer lokala källor. Dessa antaganden baserades på låga halter PAH i snöprover från samma område (Markiewicz m.fl., 2017)¹⁹¹.

I Tabell 11 presenteras en sammanställning av belastningen av organiska ämnen på vatten. Utifrån de tillgängliga data verkar dagvatten utgöra en viktig spridningsväg av dessa ämnen till vattenrecipienter. Eftersom jämförelseunderlaget inte är komplett bör dessa resultat ses som indikativa. Bidraget via dagvatten av främst HCH och PCB kan möjligen vara överskattat jämfört med bidraget från luften till vatten. Om detta beror på schablonvärden eller själva beräkningsmetodiken har vi inte kunnat avgöra inom projektet. Underlaget i SMP gällande utsläpp av organiska ämnen från punktkällor är liten och en del av de data som rapporteras bygger på stickprover eller värden nära eller under rapporteringsgränserna, vilket gör att variationen mellan åren kan vara stor.

Tabell 11. Sammanställning av belastningen av organiska ämnen på vatten (kg/år). Som jämförelse presenteras även atmosfärisk deposition till landytor.

kg/år	PAH16	DEHP	Nonylfenol	HCH	TBT	PBDE	PFOS	PCB7
Dagvatten	620	6100	860	43	76	0.5***	11	89
Deposition på vatten	1400			1.0		0.9	1.6-22**	2.0
Industrier	0.4*	0.12	28		0.03		20**	0.001
Reningsverk	66*	1300	52		0.04			
Deposition på land	19000			19		11	22-290**	30

*Gäller PAH: benso(a) pyren, benso(b) fluoranten, benso(k) fluoranten och indeno (1,2,3-cd) pyren

** Data från Hansson et al., 2016; *** ej BDE100

¹⁹¹ Markiewicz A., Björklund K., Eriksson E., Kalmykova Y., A-M. Strömvall and Siopi A. (2017) Emissions of Organic Pollutants from Traffic and Roads: Priority Pollutants Selection and Substance Flow Analysis. . Sci. Tot. Environ. 580, 1162 – 1174.

Substansflödesanalyser av några föroreningar som berör dagvatten

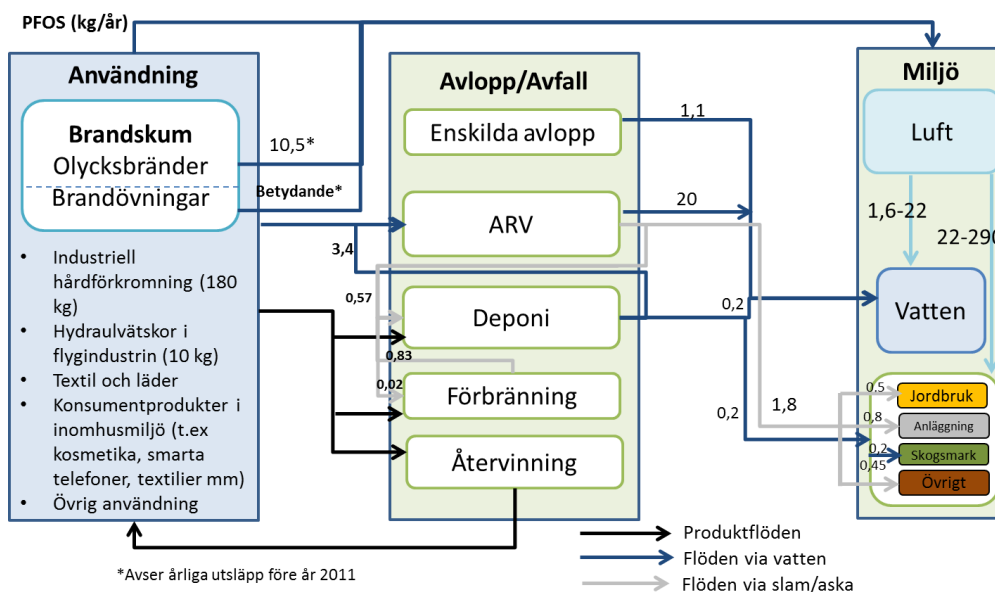
Nedan presenteras substansflödesanalyser för några av de prioriterade substanserna i studien (Figur 14 till Figur 16). SFA-diagrammen är genomförda inom ramen för tidigare forskningsprojekt och visar en schematisk bild av flöden av olika ämnen i miljön, från tillverkningsfasen, via användning, avfallsled och vidare som ett utsläpp till miljön. De kan också användas för att jämföra rimligheten i beräknade resultat från denna rapport. Det bör påpekas att dessa flödesdiagram i vissa fall bygger på osäkra eller äldre data, vilket innebär att storleken på flödena kan se annorlunda ut idag. De presenteras också på olika geografiska skalor antingen på Sverige- eller Stockholmsnivå. Dagvatten finns inte med som ett flöde, men det aktuella ämnets användningsområden och dess benägenhet att transporteras via luft och deponeras via våt- och torrdeposition kan ge en indikation på att dagvatten är en möjlig spridningsväg till vatten och/eller mark.

För PFOS så är mark inom tätorter samt riksvägar de kategorier som genererar dagvatten vilka ingår i miljö-kategorin ”Övrigt” och tar emot en del av de 22-290 kg PFOS som faller ned från luft per år. Den delmängd av brandskum med PFOS som användes inom tätorter och på riksvägar, hamnade i luft, mark och dagvatten samt till viss del i avloppsvatten där det fanns kombinerade avloppssystem. Från 2011 är PFOS inte tillåtet att använda i brandskum. Motsvarande siffror avseende nedfall från luft på land i Stockholm var 0.003-0.013 kg/år av penta BDE, och 10 kg/år av nonyl- och oktylfenol. Flödet av nonyl- och oktylfenoler från ”Constructions” i Stockholm till mark beräknades till 4 kg/år, varav en delmängd troligen hamnade i dagvatten. I jämförelse med beräknad belastning från dagvatten i hela Sverige i denna rapport (860 kg/år) så är 4 kg/år lågt. SFA beräkningen av ”Constructions” baseras på halter nonylfenoletoxilater i färg, lack och andra kemiska produkter som används på byggnader och andra konstruktioner. Nonylfenoletoxilater används även i betong, med detta flöde har inte kvantifierats i SFA-studien, vilket till viss del kan förklara skillnaderna i mängder nonylfenoler som når vatten.

De största flödena av nonyl- och oktylfenoler i Stockholm passerade enligt nedan SFA genom avloppsreningsverk (M-WWTP, 506-1006 kg/år) och hamnade till största delen i ”Water”, d.v.s. i recipienterna kust, sjöar och vattendrag via utgående avloppsvatten (100 kg/år). Sammanställningen i denna rapport visar att mängden utsläpp av nonylfenol från avloppsreningsverk i hela Sverige år 2016 var 52 kg enligt rapporterade data

i SMP. Vi konstaterar att mängden utsläpp från avloppsreningsverk som sammanställts från SMP data i denna rapport troligen är för låga, eftersom inte alla avloppsreningsverk har krav att rapportera dessa ämnen. I jämförelse med SFA som enbart visar siffror från Stockholm är de väldigt låga, men användningen av nonylfenol i produkter har minskat drastiskt, vilket kan vara en faktisk orsak till lägre utsläpp 2016 jämfört med 2012.

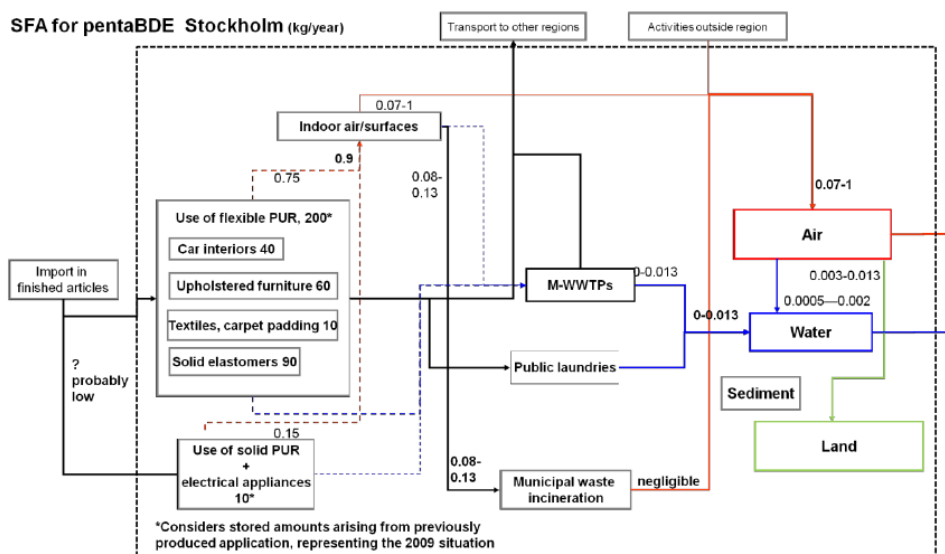
SFA Sverige



Figur 14. Uppskattade genomsnittliga utsläpp av PFOS (kg/år) till svensk miljö från olika källor. Siffrorna representerar nutida flöden motsvarande ungefär år 2012, med undantag för brandskum som motsvarar ett genomsnittligt utsläpp per år fram till år 2011. Den historiska användningen har dock varit högre (Figur och text från Hansson et al., 2016)¹⁹². Med ARV avses här avloppsreningsverk.

¹⁹² Hansson K., Palm Cousins A., Norström K., Graae L., Stenmarck Å., (2016): Sammanställning av befintlig kunskap om föroreningskällor till PFAS-ämnen i svensk miljö". IVL rapport C182 på uppdrag av Naturvårdsverket.

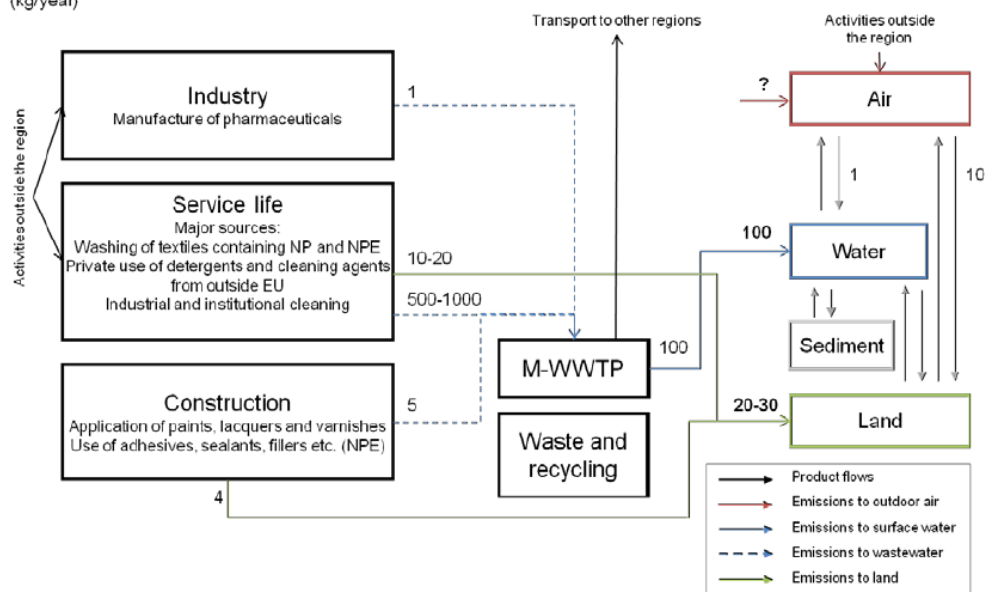
SFA Stockholm



Figur 15. SFA för penta-BDE i Stockholm (kg/år). Figur från COHIBA projektet (Pettersson et al., 2012)¹⁹³.

SFA for Nonylphenols (NP) and Nonylphenol ethoxylates (NPE)

(kg/year)



Figur 16. SFA för nonylfenoler och dess etoxilater i Stockholm (kg/år). Figur från COHIBA projektet (Pettersson et al., 2012)¹⁹⁴.

¹⁹³ Pettersson M., Palm Cousins A. och Hansson K., (2012): Work package 4: Identification of sources and estimation of inputs/impacts on the Baltic Sea. COHIBA Project Consortium.

Uppmätta halter av föroreningar i dagvatten

I Naturvårdsverkets databas för Screening av miljögifter finns i nuläget information om förekomst av ca 300 olika substanser i dagvattnet. Data härstammar från 20 screeningstudier genomförda mellan 2003 och 2011. Sammanställning av min-, max- och medelvärde samt antal prover och detektionsfrekvens per ämne i databasen presenteras i Appendix 2.

Bland de screenande ämnena finns bland annat bekämpningsmedel, metaller, fenolära ämnen, doftämnen/komplexbildare, PAH, PCB, dioxiner, flamskyddsmedel, ftalater, kolväten, läkemedel och antioxidanter. Många av dessa ämnen finns dock endast analyserade i ett eller några enstaka prover. Provtagningsmetodiken varierar också beroende på undersökning och utförare, vissa av proverna är tagna med flödesproportionerlig provtagning och vissa som stickprover, vilket kan påverka jämförelsen av resultaten.

Exempel på typ av provtagningsplats som förekommer i databasen är:

- bostadsområde
- dagvattenledning/brunn
- dagvattendamm
- urban, vägtunnel
- urban, asfalterad yta/parkeringsplats
- industriområde
- golfbana, etc

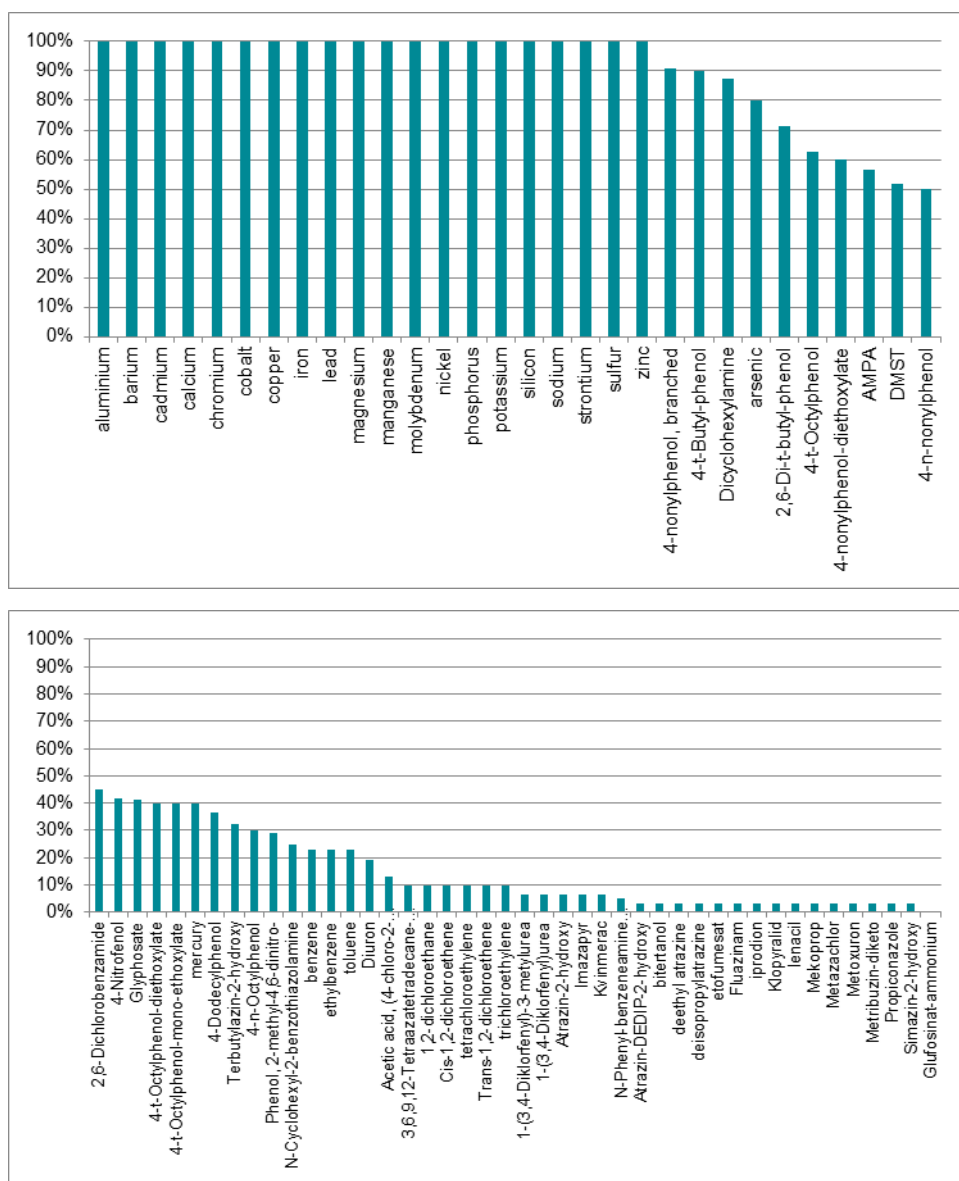
Av de ämnen som detekteras i alla analyserade prover förekommer bl.a. metaller och grundämnen, vissa dioxiner och furaner, alkylfenoler, antioxidanter, vissa bekämpningsmedel, kolväten, LAS (Linear alkyl benzene sulfonate) och flamskyddsmedel. LAS är en tensid som huvudsakligen används i tvätt- och diskmedel samt som tillsats i smörjmedel.¹⁹⁵

I Figur 17 presenteras detektionsfrekvensen för de ämnen som i databasen finns analyserade i 10 eller fler dagvattenprover. Den fullständiga listan ges i Appendix 1. Den fullständiga listan visar att ytterligare ämnen har kvantifierats, men då i enstaka prover. Förekomsten av ämnen visar på behov av kontinuerlig miljöövervakning för att kunna följa trender i miljön

¹⁹⁴ Pettersson M., Palm Cousins A. och Hansson K., (2012): Work package 4: Identification of sources and estimation of inputs/impacts on the Baltic Sea. COHIBA Project Consortium.

¹⁹⁵ Kaj et al., 2008, <https://www.ivl.se/webdav/files/Rapporter/B1808.pdf>

och utveckla kunskapen om föroreningar i dagvatten, i kombination med screeningprogram för att inkludera ”nya” ämnen.



Figur 17. Detektionsfrekvens för ämnen i dagvatten. Endast substanser för vilka antal prover i databasen är 10 eller fler för matrisen dagvatten togs med i figurerna (Naturvårdsverkets Screeningdatabas, 2018)¹⁹⁶.

Ämnen som aldrig eller sällan detekteras i dagvatten är bl.a. bekämpningsmedel, vissa kolväten/lösningsmedel och muskämnen

I en screeningundersökning av bensotiazoler, bensendiaminer, dicyclohexylamin och bensotriazoler¹⁹⁷ detekterades flertalet av de undersökta ämnen i dagvatten, vilket indikerar trafikrelaterade emissioner.

¹⁹⁶ Naturvårdsverkets Screeningdatabas: www.sgu.se

¹⁹⁷ Brorström-Lundén et al., 2011, <https://www.ivl.se/webdav/files/Rapporter/B2023.pdf>

Exempel på ämnen med hög detektionsfrekvens i dagvatten är bensendiamin (DPP), bensotiazoler (MBT, TBS, CBS) och dicyclohexylamin (DCHA). Bensotiazoler används som acceleratorer i gummi. DPP och DCHA används också vid tillverkningen av gummi och bildäck. Eftersom det saknas schablonvärden för dessa ämnen i StormTac är det inte möjligt att kvantifiera utsläpp av dessa ämnen till dagvattnet.

Diskussion

Dagvatten är en betydande spridningsväg till belastningen i miljön för vissa ämnen trots att arealen tätort är mindre än 1 % av Sveriges totala yta. För metallerna kadmium, zink, bly och koppar så har bidragen från dagvatten beräknats till mellan 15% och 17% av den totala belastningen i Sverige och kan anses vara betydande belastning om tröskelvärdet för betydande belastning sätts till 10% av den totala belastningen för hela Sverige. I mellan 451 och 1090 st enskilda vattenförekomstområden är belastningen från dagvatten den dominerande spridningsvägen (>50% av total belastning) till metaller. Det finns dock osäkerheter i resultaten på grund av; i) osäkerheter i typhalter som kan innebära både överskattning och underskattning av samtliga källor, ii) saknade källor som C-verksamheter och U-verksamheter vilket innebär att totala belastningen är underskattad och bidraget från dagvatten överskattas. Antalet områden som påverkas av dagvatten är dock ännu fler än vad resultaten visar, eftersom transport mellan områden inte har inkluderats. D.v.s. resultaten redovisar enbart där dagvatten är en betydande direkt källa i det området men inte om det även påverkar ett område nedströms.

För de organiska ämnena är uppgifterna om utsläpp väldigt osäkra eller saknas helt för många källor till total belastning i Sverige, men de tillgängliga data och beräkningarna indikerar att dagvatten utgör en viktig spridningsväg för PAH16, DEHP, nonylfenol, HCH, TBT, PBDE, PFOS och PCB7 till vattenrecipienter. Som tidigare har nämnts så kan dock bidraget via dagvatten av främst HCH och PCB möjligen vara överskattat jämfört med bidraget från luften till vatten. Utöver det urval av prioriterade ämnen som har kvantifierats i beräkningarna av belastning i denna rapport så kan vi konstatera att vissa andra ämnen alltid förekommer i prover som tagits i dagvatten inom screeningprogrammet (bl.a. vissa doftämnen/komplexbildare, dioxiner och furaner, alkylfenoler, antioxidanter, bekämpningsmedel, kolväten, LAS (Linear alkyl benzene sulfonate) och flamskyddsmedel), vilket visar att dagvatten är en viktig spridningsväg för många ämnen i miljön. Ytterligare exempel på ämnen med hög detektionsfrekvens i dagvatten är bensendiamin (DPP), bensotiazoler (MBT, TBS, CBS) och dicyclohexylamin (DCHA), av vilka flera används vid tillverkningen av gummi och bildäck.

Kvantifieringarna av vilka markanvändningsklasser som har de största bidragen till dagvattenbelastningen inom tätorter beror som tidigare nämnts på storleken i yta, typhalten och avrinningen. Resultaten visar att för metallerna dominerar bidrag ifrån mark som används till ”industri,

handelsplats, grus- och sandtag, hamn och deponiverksamhet”, vilket framförallt beror på att den markanvändningen både har hög avrinningskoefficient och höga typhalter. Den markanvändningen dominerar eller är betydelsefull även för de organiska ämnen som har kvantifierats i denna rapport (utom för DEHP där bostadsområden med stor eller liten grönyta samt klassen ”urbana grönytor...” är mer betydelsefulla). Industri och handelsplats tillsammans, utgör den största arealen (96%) av klassen ”industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn och deponiverksamhet” och borde troligen prioriteras vid fortsatta undersökningar om eventuella åtgärder.

Att belastningen från dagvatten är betydande behöver dock inte innebära att effekten i miljön är betydande. Bedömningen av hur betydande påverkan från dagvatten är på recipienter, är en bred frågeställning som handlar om hur stor belastning som kommer av olika ämnen från olika källor, den antropogena andelen av källorna, biotillgängligheten av dessa ämnen när de hamnat i recipienterna, samt deras effekter i miljön. Det har dock inte varit möjligt att inom ramen för detta projekt beräkna eller bedöma hela den bilden.

I denna rapport har data för att bedöma storleken på den totala belastningen och uppmätt förekomst av ämnen i dagvatten beräknats och sammanställts. Det finns osäkerheter i beräkningarna av källfördelningen av belastningen som bland annat visats för typhalterna för metaller. Osäkerheten är stor delvis eftersom underlaget av mätdata är så begränsat och de naturliga variationerna är så stora, men kvantifiering av osäkerheter har inte varit möjligt att genomföra inom projektet. Utökad miljöövervakning av metaller och organiska miljöföroreningar skulle ge bättre underlag och slutligen säkrare beräkningar.

Potentiell påverkan från de ämnen som förekommer i dagvatten i form av generell toxicitet och hormonstörande effekter samt hälsoeffekter har beskrivits utifrån ämnenas egenskaper. De 22 ämnen som valdes ut för beräkningarna i denna rapport, har prioriterats dels enligt Vattendirektivet och tillhörande dotterdirektiv (2000/60/EG, 2008/105/EG) samt som särskilda förorenande ämnen (SFÄ, implementerade med prioriterade farliga ämnen i HVMFS 2013:19, ändring HVMFS 2015:4 och HVMFS 2016:31) av Vattenmyndigheterna på grund av att förekomsten av dessa ämnen är känd och orsakar att god kemisk status inte uppnås i alla vattenförekomster inom distrikten. Ämnena har sådana toxiska och hormonstörande effekter i akvatisk miljö att belastningen av samtliga av dessa ämnen bör begränsas eller helt förhindras.

Det finns ingen standardiserad vägledning för provtagning och mätning av toxicitet av dagvatten. Det är därför svårt att helt jämföra olika undersökningar. De flesta undersökningar av toxiciteten är utförda med akuta toxicitetstester. Effekter såsom reproduktionsstörningar, kroniska, genotoxiska eller hormonella effekter upptäckts inte då. Toxiska effekter från dagvatten varierar beroende på avrinningsområde, t.ex. på grund av utspädningseffekter, organiskt material etc. och naturligtvis innehåll av föroreningar. Dagvatten från industriella områden och avfallsupplag kan ge kraftigare toxiska effekter än dagvatten från t.ex. bostadsområden. De toxiska effekterna varierar också med årstiderna, toxiska föroreningar som ackumulerats i snö kan påverka känsliga recipienter vid snösmältningen. Vid häftiga regn kan första avrinningen från vägar, s.k. first flush, ge toxiska effekter.¹⁹⁸ En del undersökningar anser dock att dessa effekter kan vara överskattade.

Resultaten i denna rapport samt tabeller med data för vattenförekomster visar var dagvattenbelastningen av dessa ämnen är störst och utgör ett underlag för vidare undersökningar. I VISS (Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelserna) finns data samlat om status och risk för betydande påverkan i vattenförekomsterna från olika källor, bland annat dagvatten (diffusa källor "Urban markanvändning" och "Transporter och infrastruktur"). Den informationen tillsammans med resultat från denna studie ger ytterligare information om hur stor påverkan dagvatten har på miljön. Jämförelsen visar att dagvatten troligen har så stor belastning av föroreningar att det har orsakat att statusen i vattenförekomsterna har blivit dålig i mellan som mest 521 st områden för kadmium och minst 236 områden för nickel. I områden där dagvatten utgör 100% av belastningen så har ca 70-90% av dessa (beroende på ämne) statusklassning "dålig" med avseende på källa "urban markanvändning", vilket innebär 13 av 17 st områden (bly), 15 av 17 st (kadmium), 2 av 3 (kvicksilver), 10 av 12 (nickel), 13 respektive 15 st av 17 (koppar och zink). För metaller är bestämning av den biotillgängliga andelen viktig för att bedöma påverkan, vilket inte har ingått i detta projekt men skulle förbättra beräkningarna med avseende påverkan.

I dagsläget saknas miljöövervakningsprogram för dagvatten och enbart ett fåtal prover har tagits i samband med nationell och regional screening. Resultaten från screeningdatabasen som redovisas i denna rapport visar att det finns 74 st ämnen som förekommer i alla prover där de har analyserats i

¹⁹⁸ Alexander Westlin R, 2004: Dagvatten från Parkeringsytor. Stockholm Vatten, nr 27-2004

dagvatten och ytterligare 117 st ämnen som förekommer i en del av dagvattenproverna (se appendix 2). Många är ämnen som ännu inte är prioriterade av vattenförvaltningen. Bevakning av trender av halter i miljön, belastning och utredningar om ödet av dessa ämnen i miljön i form av nedbrytning, upptag i biota, fastläggning i sediment och eventuell avgång till luft är viktigt för att kunna prioritera åtgärder uppströms och nedströms (genom t.ex. dagvattenrening) i framtiden. Miljöövervakningsprogram för dagvatten skulle kunna ge djupare kunskap och bättre utvärdering av påverkan och trender i påverkan från dagvatten, för att verifiera och ge underlag till sammanställningar som i denna rapport.

Slutsatser

SMED har tagit fram en sammanställning om belastning av näringsämnen, metaller och vissa organiska ämnen från dagvatten till vattenrecipienter. Potentiell påverkan från de ämnen som förekommer i dagvatten i form av t.ex. toxicitet och hormonstörande effekter har beskrivits utifrån ämnenas egenskaper. Projektet genomfördes för att besvara ett antal frågeställningar och slutsatserna ges i relation till dem;

- Vilka ämnen är föroreningar i dagvatten?
 - 22 st näringsämnen, metaller och organiska miljöföroreningar valdes ut för beräkningarna i denna rapport baserat på att de är kända ämnen i dagvatten och prioriterade ämnen som orsakar att god kemisk eller ekologisk status inte uppnås i alla vattenförekomster enligt Vattenmyndigheterna samt att det var möjligt att göra beräkningar av belastning av dessa.
 - Av totalt ca 300 ämnen förekommer 74 st i samtliga dagvattenprover där de har analyserats enligt data i Naturvårdsverkets Screeningdatabas och ytterligare 117 st ämnen förekommer i en del av proverna. Bland annat förekommer metaller och grundämnen, vissa dioxiner och furaner, alkylfenoler, antioxidanter, bekämpningsmedel, kolväten, LAS (Linear alkyl benzene sulfonate) och flamskyddsmedel.
- Vilka är de huvudsakliga källorna av de utvalda ämnena och hur stor är belastningen av dem från dagvatten och andra diffusa källor samt punktkällor?
 - De primära källorna till de utvalda ämnena har beskrivits översiktligt.
 - Resultaten visar att summerat för hela Sverige så är bidragen från dagvatten till belastningen av kväve och fosfor mindre betydande (1% respektive 4%)
 - Summerat för hela Sverige är belastning från dagvatten en betydande spridningsväg till metallerna kadmium (17%), koppar (17%), zink (15%) och bly (17%).
 - Nickel och kvicksilver har mindre betydande bidrag från dagvatten räknat för hela Sverige (8% respektive 5%).
 - Mycket betydande bidrag (>25%) till belastningen i dagvatten för samtliga metaller, kommer ifrån mark inom tätorter som används till ”industri, handelsplats, grus- och sandtag, hamn och

deponiverksamhet". Industri och handelsplats utgör den största arealen inom den markanvändningsklassen och bör prioriteras i det fortsatta arbetet.

- Industri och handelsplatser har höga typhalter och höga avrinningskoefficienter som orsakar hög belastning.
- Dagvatten utgör troligen även en viktig spridningsväg till PAH16, DEHP, nonylfenol, HCH, TBT, PBDE, PFOS och PCB7 till vattenrecipienter. Eftersom jämförelseunderlaget inte är komplett bör dessa resultat dock ses som indikativa.
- Mark som används till industri och handelsplats står för en betydande del av belastningen i dagvatten även för nonylfenol (58%), PFOS (54%), PAH16 (40%), HCH (23%), PCB7 (23%), PBDE (22%) och oktylfenol (18%).
- Belastningen av ftalaten DEHP inom tätorter till dagvatten kommer från ytor av "enstaka hus, mycket grönyta" (35%), "bostadsområde, mindre grönyta" (29%) samt "urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs" (25%).
- Markanvändningsklassen "enstaka hus, mycket grönyta" utgör den största arealen totalt inom tätorter i Sverige (35% av arean), vilket innebär att den ytan bidrar med generellt stor belastning.
- Hur omfattande är miljöproblemet med dagvatten och vilken påverkan har utvalda ämnen i dagvatten på recipienter?
 - Omfattningen av bidraget från dagvatten på vattenförekomster har bedömts genom att kvantifiera antalet vattenförekomstområden där dagvatten dominerar belastningen (>50%) respektive utgör hela belastningen (100%).
 - Kadmium är den metall där dagvatten dominerar belastningen (utgör >50% av total belastning) i flest områden, 1090 st (av totalt 23413 st.) vattenförekomstområden, följt av bly i 1028 st vattenförekomstområden.
 - För zink och koppar dominerar dagvatten belastningen i 879 st respektive 854 st vattenförekomstområden, medan för nickel och kvicksilver dominerar dagvatten belastningen i 466 st respektive 451 st vattenförekomster.
 - Dagvatten utgör 100% av belastningen i 17 st vattenförekomster för koppar, zink och bly, i 12 st vattenförekomster för kadmium och nickel och i enbart 3 st vattenförekomster för kvicksilver. Ca 70-90% av dessa (beroende på ämne) har statusklassning "dålig" med avseende på källa "urban markanvändning", vilket innebär 13 av 17 st områden (bly), 15 av 17 st (kadmium), 2 av 3

(kvicksilver), 10 av 12 (nickel), 13 respektive 15 st av 17 (koppar och zink).

- Potentiell hälsofarlig, toxisk och hormonstörande effekt har beskrivits för utvalda ämnen.
- De 22 utvalda ämnena är reglerade som prioriterade farliga och/eller särskilda förorenande ämnen eftersom de har sådana ekologiska, toxiska och hormonstörande effekter i akvatisk miljö att belastningen av samtliga av dessa ämnen bör begränsas eller helt förhindras.
- Det finns idag ingen standardiserad vägledning för provtagning och mätning av toxicitet av dagvatten, vilket gör det svårt att helt jämföra olika undersökningar. Variationerna i de tillgängliga studierna är stort.
- Den stora förekomsten av andra ämnen i dagvatten som visats i denna rapport indikerar att miljöproblemen med dagvatten kan vara omfattande.
- Det finns stora osäkerheter i resultaten beroende bland annat på brist på mätningar av ämnen i dagvatten. Framförallt för organiska ämnen är dataunderlaget litet, vilket gör dessa uppskattningar mer osäkra.
- Ett sätt att förbättra dataunderlaget för typhalter är kontinuerlig miljöövervakning i matrisen dagvatten, så att flera av de markanvändningskategorier som användes i beräkningarna baserades på verkliga mätdata.
- Utökad miljöövervakning av metaller och organiska ämnen behövs för att kunna följa trender och sätta in rätt åtgärder uppströms vid källorna och nedströms genom rening av dagvatten.
- Påverkan av beräknad belastning i form av koncentration och eventuella överskridanden av miljö kvalitetsnormer i recipienterna har inte kunna beräknas inom ramen för detta projekt.

Förslag till utveckling

Det finns en mängd indata och underlag som skulle kunna utvecklas för att förbättra kunskapen om dagvattenbelastning. Nedan ger vi kortfattade förslag på ett antal aktiviteter till utveckling på kort och lång sikt.

Kort sikt:

- Räkna med senaste Svensk MarktäckeData inom tätorter. En ny marktäckedata karta är under utveckling.
- Räkna med senaste Stormtac typhalter. Dessa har uppdaterats i augusti 2018 och innehåller säkrare typhalter enligt databas ansvariga.
- Räkna med modeller för transport, upptag, nedbrytning och fastläggning i recipienter. Detta ger en möjlighet att beskriva belastning nedströms områden och beräkna påverkan i form av koncentrationer i vattenförekomster.

Lång sikt:

- Inrätta Miljöövervakningsprogram dagvatten. D.v.s. börja mäta i dagvatten, reningsanläggningar, riksvägar och mottagande recipienter för att kunna följa trender av olika föroreningar i miljön och ge bättre underlag till sammanställningar av belastning och påverkan från dagvatten.
- Ändra villkor i verksamheters tillstånd så att alla relevanta A- och B-verksamheter rapporterar prioriterade ämnen i miljörapporterna i SMP kontinuerligt. Det ger ett bättre underlag för att sammanställa total belastning av metaller och organiska miljöföroreningar, för uppföljning av miljömålet Giftfri miljö och för internationell rapportering och för att kunna arbeta aktivt med åtgärder för att minska belastningen till miljön.
- Göra en inventering av C- och U-verksamheter, samt utveckla metoder att kvantifiera utsläpp från dem. I dagsläget saknas dessa källor delvis eller helt för alla ämnen (näringssämnen, metaller och organiska miljöföroreningar) och innebär att den totala belastningen på vattenförekomster underskattas.

Appendix 1 Stormtac klasser, klasser i Svensk Marktäckedata 2000 samt förkortningar i denna rapport

Tabell 12. Koppling mellan Stormtac klasser, till klasser i Svensk Marktäckedata 2000 samt de förkortningar som används i denna rapport. Stormtac version av typhalter som använts inom tätorter beskrivs i Ejhed m.fl. 2010¹⁹⁹.

Stormtac klasser enligt Ejhed m.fl. 2011	Sammanlagda Svensk Marktäckedata (år 2000) klasser namn	Förkortning denna rapport
Industry	Industri, handelsenheter, offentlig service, mm; hamnområden; grus- och sandtag; deponier; byggplatser; andra mineralextraktionsplatser	Industri, handelsplats; hamn; grus- och sandtag; deponi
Apartments	Tät stadstruktur	Tät stadstruktur
Row houses	Orter >200 invånare och mindre omr av grönt	Bostadsområde, mindre grönyta
Houses	Enstaka hus och gårdsplaner; orter < 200 invånare; orter >200 invånare och med större områden med grönt	Enstaka hus, mycket grönyta

¹⁹⁹ Ejhed Liljeberg M., Olshammar, M., Wallin, M., Rönnback, P., Stenström, A. (2010) Bruttobelastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor – slutrapport. SMED Rapport Nr 41 2010

Leisure houses	Campingplats och fritidsbebyggelse	Campingplats och fritidsbebyggelse
Golf courses	Golfbana	Golfbana
Pasture	Betesmark; naturlig gräsmark; busksnår; örtäng	Betesmark, naturlig gräsmark
Roads (5 000 ADT)	Väg och järnvägsnät med kringområden	Väg
Park	Urbana grönområden; Idrottsanläggning, skjutbana, mm; Flygfält (gräs); Skidpist (endast i svensk produkt under 142)	Urbant grönområde, idrottsanläggning, flygfält gräs
Cutting area	Hygge	Hyggesmark
Forests	Barrskog , blandskog, lövskog många SMD klasser	Skogsmark
Wetland	Myr, våtmark, torvtäkt många SMD klasser	Våtmark, myrmark
Airports	Flygplats	Flygplats
Farmland	Åkermark; frukt och bärödling	Åkermark
Water	Sjöar och dammar, igenväxande yta; Sjöar och dammar, öppen yta; Vattendrag; (kustytör)	Sjö och vattendrag (luftdeposition)

Appendix 2 Uppmätta halter i dagvatten från Naturvårdsverkets screeningdatabas

Sammanställning av data från Naturvårdsverkets databas för screening av miljögifter (datauttag juli 2018). Medel-, max- och minvärden är beräknade endast på värden över rapporteringsgränsen för analyserna. Tabellen är sorterad så att substanser med högst detektionsfrekvens och flest antal prover per ämne visas högst i tabellen. Ämnesgruppsindelningen är grov och gjord efter informationen i de ursprungliga rapporterna, observera att vissa av ämnen kan utifrån sina användningsområden tillhöra flera grupper.

Parameter	CAS	Ämnesgrupp	Enhet	Antal	Det frekvens, %	Medel- värde	Min-värde	Max- värde
aluminium	7429-90-5	Grundämnen	µg/l	10	100%	503	34	2200
barium	7440-39-3	Grundämnen	µg/l	10	100%	36	15	84
cadmium	7440-43-9	Grundämnen	µg/l	10	100%	0.041	0.005	0.088
calcium	7440-70-2	Grundämnen	mg/l	10	100%	30	13	100
chromium	7440-47-3	Grundämnen	µg/l	10	100%	2.5	0.31	9.7
cobalt	7440-48-4	Grundämnen	µg/l	10	100%	1.6	0.11	6.1
copper	7440-50-8	Grundämnen	µg/l	10	100%	8.7	1.7	23
iron	7439-89-6	Grundämnen	mg/l	10	100%	1.1	0.055	6.5
lead	7439-92-1	Grundämnen	µg/l	10	100%	4.5	0.29	26
magnesium	7439-95-4	Grundämnen	mg/l	10	100%	3.5	0.54	13
manganese	7439-96-5	Grundämnen	µg/l	10	100%	109	3.9	300
molybdenum	7439-98-7	Grundämnen	µg/l	10	100%	1.6	0.21	4.6
nickel	7440-02-0	Grundämnen	µg/l	10	100%	3.7	0.69	15
phosphorus	7723-14-0	Grundämnen	µg/l	10	100%	59	9.5	310
potassium	7440-09-7	Grundämnen	mg/l	10	100%	3.5	0.92	11

silicon	7440-21-3	Grundämnen	mg/l	10	100%	3.7	0.92	8.9
sodium	7440-23-5	Grundämnen	mg/l	10	100%	238	8.6	930
strontium	7440-24-6	Grundämnen	µg/l	10	100%	117	27	540
sulfur	7704-34-9	Grundämnen	mg/l	10	100%	12	0.93	60
zinc	7440-66-6	Grundämnen	µg/l	10	100%	47	5.7	80
silver	7440-22-4	Grundämnen	ng/l	7	100%	392	18	1900
Diethyltriaminepentaacetic acid	67-43-6	Doftämnen/komplexbildare	µg/l	7	100%	0.54	0.2	1
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C10	saknas	LAS	µg/l	7	100%	0.16	0.037	0.34
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C10-14	saknas	LAS	µg/l	7	100%	2.1	0.16	6.2
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C11	saknas	LAS	µg/l	7	100%	0.51	0.11	1.3
N-(2-Carboxyethyl)iminodiacetic acid	6245-75-6	Doftämnen/komplexbildare	µg/l	7	100%	0.27	0.1	0.5
Nitrilotriacetic acid	139-13-9	Doftämnen/komplexbildare	µg/l	7	100%	2.2	0.2	4.5
Propylenediamine-tetraacetic acid	1939-36-2	Doftämnen/komplexbildare	µg/l	7	100%	0.27	0.1	0.5
4-Cumylphenol	599-64-5	Fenolära ämnen	ng/l	6	100%	46	2.5	150
Aliphatic hydrocarbons >C16-C35	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	6	100%	0.41	0.048	1.2
Bisphenol A	80-05-7	Fenolära ämnen	ng/l	6	100%	1078	14	2400
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyne-4,7-diol	126-86-3	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	5	100%	42	5	150
Triphenylphosphine oxide	791-28-6	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	5	100%	8	5	10
Tris(2-chloroethyl) phosphate	115-96-8	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	5	100%	12	5	31
1,2,5,6,9,10-hexabromocyclododecane	3194-55-6	Flamskyddsmedel	ng/l	4	100%	2.0	0.54	4.2
2-(benzotriazol-2-yl)-4-methylphenol	2440-22-4	Bensotiasoler etc	ng/l	4	100%	6.5	1.1	10
Di(benzothiazol-2-yl) disulphide	120-78-5	Bensotiasoler etc	ng/l	4	100%	3	3	3
N,N-dicyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamid	4979-32-2	Bensotiasoler etc	ng/l	4	100%	1	1	1
Decabromodiphenylethane	84852-53-9	Flamskyddsmedel	ng/l	3	100%	1017	250	1500
Ethyl tert-butyl ether (ETBE)	637-92-3	Kolväten/lösningsmedel	ng/l	3	100%	19	19	20
Hexabromobenzene	87-82-1	Flamskyddsmedel	ng/l	3	100%	13	2.2	22
m- & p-xylene	saknas	Kolväten/lösningsmedel	ng/l	3	100%	84	62	96

Methyl tert-butyl ether (MTBE)	1634-04-4	Kolväten/lösningsmedel	ng/l	3	100%	72	69	77
o-xylene	95-47-6	Kolväten/lösningsmedel	ng/l	3	100%	66	54	73
Particle content	saknas	Pigment	g/l	3	100%	4.6	0.84	9.7
1,2,3,4,6,7,8,9-octachlorodibenzo-p-dioxin	3268-87-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	1605	410	2800
1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzofuran	67562-39-4	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	335	200	470
1,2,3,4,6,7,8-heptachlorodibenzo-p-dioxin	35822-46-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	350	210	490
1,2,3,4,7,8,9-heptachlorodibenzofuran	55673-89-7	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	106	22	190
1,2,3,4,7,8-hexachloro-dibenzofuran	70648-26-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	115	39	190
1,2,3,4,7,8-hexachlorodibenzo-p-dioxin	39227-28-6	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	142	83	200
1,2,3,6,7,8-hexachlorodibenzofuran	57117-44-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	138	55	220
1,2,3,6,7,8-hexachlorodibenzo-p-dioxin	57653-85-7	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	104	28	180
1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzofuran	72918-21-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	92	13	170
1,2,3,7,8,9-hexachlorodibenzo-p-dioxin	19408-74-3	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	106	32	180
1,2,3,7,8-pentachlorodibenzofuran	57117-41-6	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	107	13	200
1,2,3,7,8-pentachlorodibenzo-p-dioxin	40321-76-4	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	140	89	190
2,3,4,6,7,8-hexachlorodibenzofuran	60851-34-5	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	112	44	180
2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran	57117-31-4	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	124	37	210
2,3,7,8-tetrachloro-dibenzo[b,e][1,4]dioxin	1746-01-6	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	20	1.7	38
2,3,7,8-tetrachloro-dibenzofuran	51207-31-9	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	38	36	40
DP anti / DP tot	saknas	Flamskyddsmedel	ng/l	2	100%	0.67	0.59	0.74
Ethinylestradiol	57-63-6	Läkemedel	µg/l	2	100%	0.002	0.001	0.003
Norethindrone	68-22-4	Läkemedel	µg/l	2	100%	0.003	0.002	0.003
octachloro-dibenzofuran	saknas	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	380	340	420
Progesterone	57-83-0	Läkemedel	µg/l	2	100%	0.002	0.001	0.003
sum WHO-PCDD/F-TEQ lowerbound	saknas	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	295	150	440
sum WHO-PCDD/F-TEQ upperbound	saknas	Dioxiner/furaner	pg/l	2	100%	295	150	440
2,2',3,4,4',5',6-heptabromodiphenyl ether (BDE183)	207122-16-5	Flamskyddsmedel	ng/l	1	100%	15	15	15

2,2',4,4',5,5'-hexabromodiphenyl ether (BDE153)	68631-49-2	Flamskyddsmedel	ng/l	1	100%	15	15	15
2,2',4,4',5,6'-hexabromodiphenyl ether (BDE154)	207122-15-4	Flamskyddsmedel	ng/l	1	100%	3.9	3.9	3.9
2,4,4'-tribromodiphenyl ether (BDE28)	41318-75-6	Flamskyddsmedel	ng/l	1	100%	0.7	0.7	0.7
Di-(2-Ethylhexyl)-phthalate	117-81-7	Ftalater	µg/l	1	100%	0.1	0.1	0.1
Hydrated, methylated isopropyl phenanthrene	saknas	PAH	µg/l	1	100%	5	5	5
4-nonylphenol, branched	84852-15-3	Fenolära ämnen	µg/l	11	91%	0.18	0.042	0.36
4-t-Butyl-phenol	98-54-4	Fenolära ämnen/Antioxidanter	µg/l	10	90%	0.024	0.002	0.062
Dicyclohexylamine	101-83-7	Aminer	ng/l	24	88%	293	6.4	990
2,4-Di-t-butyl-phenol	96-76-4	Fenolära ämnen/Antioxidanter	µg/l	8	88%	0.064	0.015	0.12
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C12	saknas	LAS	µg/l	7	86%	0.74	0.16	2
Octylphenol monoethoxylates	saknas	Fenolära ämnen	ng/l	6	83%	11	1	31
arsenic	7440-38-2	Grundämnen	µg/l	10	80%	1.0	0.33	2.1
2,4,6-Tri-t-butyl-phenol	732-26-3	Fenolära ämnen	µg/l	8	75%	0.0002995	0.00005	0.001
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-ditertpentyphenol	25973-55-1	Bensotiasoler etc	ng/l	4	75%	0.62	0.19	1.3
2,4-di-tert-butyl-6-(5-chlorobenzotriazol-2-yl)phenol	3864-99-1	Bensotiasoler etc	ng/l	4	75%	0.15	0.13	0.17
Octadecyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate	2082-79-3	Antioxidanter	µg/l	4	75%	0.051	0.005	0.11
2,6-Di-t-butyl-phenol	128-39-2	Fenolära ämnen/Antioxidanter	µg/l	14	71%	0.002	0.0002	0.008
2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl ether (BDE99)	60348-60-9	Flamskyddsmedel	ng/l	7	71%	54	0.34	230
2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl ether (BDE47)	5436-43-1	Flamskyddsmedel	ng/l	7	71%	24	0.36	100
Ethylendiamine-tetraacetic acid	60-00-4	Doftämnen/komplexbildare	µg/l	7	71%	63	0.3	310
chrysene	218-01-9	PAH	µg/l	6	67%	0.29	0.1	0.84
Summa PAH canc.	saknas	PAH	µg/l	6	67%	0.80	0.1	2.7
Pentabromoethylbenzene	85-22-3	Flamskyddsmedel	ng/l	3	67%	49	7.7	91
4-t-Octylphenol	140-66-9	Fenolära ämnen	µg/l	16	63%	0.11	0.003	0.38
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4,6-bis(1-methyl-1-phenylethyl)phenol	103597-45-1/70321-86-7	Bensotiasoler etc	ng/l	8	63%	0.20	0.06	0.31
2,6-Di-t-butyl-4-ethyl-phenol	4130-42-1	Fenolära ämnen	µg/l	8	63%	0.0002	0.0001	0.0004
t-Butyl-hydroxyquinone	1948-33-0	Fenolära ämnen/Antioxidanter	µg/l	8	63%	0.003	0.001	0.006

4-nonylphenol-diethoxylate	9016-45-9	Fenolära ämnen	µg/l	10	60%	0.094	0.063	0.1
2,2',4,4',6-pentabromodiphenyl ether (BDE100)	189084-64-8	Flamskyddsmedel	ng/l	7	57%	11	0.1	33
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C13	saknas	LAS	µg/l	7	57%	1.3	0.31	2.5
AMPA	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	39	56%	0.13	0.01	0.81
DMST	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	52%	0.067	0.01	0.18
4-n-nonylphenol	104-40-5	Fenolära ämnen	µg/l	16	50%	0.030	0.001	0.18
benzo[a]anthracene	56-55-3	PAH	µg/l	6	50%	0.18	0.1	0.32
Nonylphenol monoethoxylates	saknas	Fenolära ämnen	ng/l	6	50%	35	2.1	100
2-Mercaptobenzothiazole	149-30-4	Bensotiasoler etc	ng/l	4	50%	121	41	200
Dechlorane plus	13560-89-9	Flamskyddsmedel	ng/l	4	50%	0.73	0.26	1.2
Dechlorane plus, anti	135821-74-8	Flamskyddsmedel	ng/l	4	50%	0.47	0.19	0.74
Dechlorane plus, syn	135821-03-3	Flamskyddsmedel	ng/l	4	50%	0.060	0.051	0.068
Aceton	67-64-1	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	2	50%	14	14	14
Butyl benzyl phthalate	85-68-7	Ftalater	µg/l	2	50%	3	3	3
Chlorotetracycline	57-62-5	Läkemedel	µg/l	2	50%	0.001	0.001	0.001
Diclofenac	15307-86-5	Läkemedel	µg/l	2	50%	0.25	0.25	0.25
Ibuprofen	15687-27-1	Läkemedel	µg/l	2	50%	28	28	28
Ketoprofen	22071-15-4	Läkemedel	µg/l	2	50%	0.66	0.66	0.66
Naproxen	22204-53-1	Läkemedel	µg/l	2	50%	12	12	12
Oxytetracycline	79-57-2	Läkemedel	µg/l	2	50%	0.01	0.01	0.01
Tetracycline	64-75-5	Läkemedel	µg/l	2	50%	0.002	0.002	0.002
2,6-Dichlorobenzamide	2008-58-4	Bekämpningsmedel	µg/l	31	45%	0.068	0.01	0.23
Pigment orange 5, CI 12075	3468-63-1	Pigment	ng/l	9	44%	62	59	65
Pigment red 170, CI 12475	2786-76-7	Pigment	ng/l	9	44%	1595	390	2800
Pigment red 53:1, CI 15585:1	5160-02-01	Pigment	ng/l	9	44%	290	210	370
decabromodiphenyl ether (BDE209)	1163-19-5	Flamskyddsmedel	ng/l	7	43%	10520	270	31000
Linear alkyl benzene sulfonate (LAS), C14	saknas	LAS	µg/l	7	43%	0.095	0.024	0.13

4-Nitrofenol	100-02-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	42%	0.04	0.01	0.09
Glyphosate	1071-83-6	Bekämpningsmedel	µg/l	39	41%	0.23	0.01	1.6
4-t-Octylphenol-diethoxylate	9063-89-2	Fenolära ämnen	µg/l	10	40%	0.003	0.001	0.006
4-t-Octylphenol-mono-ethoxylate	9063-89-2	Fenolära ämnen	µg/l	10	40%	0.007	0.002	0.015
mercury	7439-97-6	Grundämnen	µg/l	10	40%	0.35	0.003	1.4
6-t-Butyl-2,4-xilenol	1879-09-0	Fenolära ämnen	µg/l	8	38%	0.003	0.001	0.005
4-Dodecylphenol	27193-86-8	Fenolära ämnen	µg/l	11	36%	1.7	0.55	4.3
4-nonylphenol-mono-ethoxylate	9016-45-9	Fenolära ämnen	µg/l	9	33%	0.10	0.022	0.19
benzo[a]pyrene	50-32-8	PAH	µg/l	6	33%	0.21	0.15	0.27
pyrene	129-00-0	PAH	µg/l	6	33%	0.53	0.14	0.92
Sum PAH 16	saknas	PAH	µg/l	6	33%	2.8	0.26	5.3
tetrabromobiphenol-A	79-94-7	Fenolära ämnen	ng/l	6	33%	16	16	16
Pentabromotoluene	87-83-2	Flamskyddsmedel	ng/l	3	33%	2.2	2.2	2.2
Terbutylazin-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	32%	0.11	0.01	0.39
4-n-Octylphenol	1806-26-4	Fenolära ämnen	µg/l	10	30%	0.001	0.001	0.0019
Phenol, 2-methyl-4,6-dinitro-	534-52-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	29%	0.18	0.01	0.71
N-Cyclohexyl-2-benzothiazolamine	28291-75-0	Aminer	ng/l	20	25%	18	4.8	29
2,6-Diiso-propyl-phenol (propofol)	2078-54-8	Fenolära ämnen	µg/l	8	25%	0.001	0.0001	0.002
2-t-Butyl-phenol	88-18-6	Fenolära ämnen	µg/l	8	25%	0.0005	0.0002	0.001
2-(benzotriazol-2-yl)-4,6-di-tert-butylphenol	3846-71-7	Bensotiasoler etc	ng/l	4	25%	0.73	0.73	0.73
Formaldehyde	50-00-0	Bekämpningsmedel	µg/l	4	25%	9.2	9.2	9.2
N-1,3-dimethylbutyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	793-24-8	Bensotiasoler etc	ng/l	4	25%	210	210	210
benzene	71-43-2	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	13	23%	2.8	0.077	8.1
ethylbenzene	100-41-4	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	13	23%	0.11	0.018	0.2
toluene	108-88-3	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	13	23%	0.70	0.39	1
Pigment yellow 1, CI 11680, Hansa Yellow G	2512-29-0	Pigment	ng/l	9	22%	750	750	750
Diuron	330-54-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	19%	0.22	0.01	1.2

Aliphatic hydrocarbons >C10-C12	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	6	17%	0.012	0.012	0.012
Aliphatic hydrocarbons >C12-C16	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	6	17%	0.15	0.15	0.15
benzo[b]fluoranthene	205-99-2	PAH	µg/l	6	17%	0.8	0.8	0.8
benzo[ghi]perylene	191-24-2	PAH	µg/l	6	17%	0.29	0.29	0.29
benzo[k]fluoranthene	207-08-9	PAH	µg/l	6	17%	0.17	0.17	0.17
fluoranthene	206-44-0	PAH	µg/l	6	17%	1	1	1
indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	PAH	µg/l	6	17%	0.26	0.26	0.26
phenanthrene	85-01-8	PAH	µg/l	6	17%	0.42	0.42	0.42
galaxolide lactone	saknas	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	7	14%	140	140	140
Acetic acid, (4-chloro-2-methylphenoxy)-	94-74-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	13%	0.03	0.01	0.07
2,6-Di-iso-butyl-phenol	52348-51-3	Fenolära ämnen	µg/l	8	13%	0.003	0.003	0.003
Iso-eugenol	97-54-1	Fenolära ämnen	µg/l	8	13%	0.0004	0.0004	0.0004
t-Butyl-4-hydroxy-anisole	25013-16-5	Fenolära ämnen	µg/l	8	13%	0.0002	0.0002	0.0002
chloroform	67-66-3	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	9	11%	6.6	6.6	6.6
3,6,9,12-Tetraazatetradecane-1,14-diamine								
Pentaetylenehexamine	4067-16-7	Aminer	ng/l	20	10%	125	110	140
1,2-dichloroethane	107-06-2	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	10%	36	36	36
Cis-1,2-dichloroethene	156-59-2	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	10%	110	110	110
tetrachloroethylene	127-18-4	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	10%	58	58	58
Trans-1,2-dichloroethene	156-60-5	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	10%	17	17	17
trichloroethylene	79-01-6	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	10%	71	71	71
1-(3,4-Diklorfenyl)-3-metylurea	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	6%	0.06	0.02	0.1
1-(3,4-Diklorfenyl)urea	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	6%	0.025	0.01	0.04
Atrazin-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	6%	0.04	0.02	0.06
Imazapyr	81510-83-0	Bekämpningsmedel	µg/l	31	6%	0.01	0.01	0.01
Kvinmerac	90717-03-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	6%	0.03	0.01	0.05
N-Phenyl-benzeneamine Diphenylamine,	122-39-4	Aminer	ng/l	20	5%	17	17	17
Atrazin-DEDIP-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.24	0.24	0.24

bitertanol	55179-31-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.01	0.01	0.01
deethyl atrazine	6190-65-4	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.02	0.02	0.02
deisopropylatrazine	1007-28-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.02	0.02	0.02
etofumesat	26225-79-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.07	0.07	0.07
Fluazinam	79622-59-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.01	0.01	0.01
iprodion	36734-19-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.02	0.02	0.02
Klopyralid	1702-17-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.17	0.17	0.17
lenacil	2164-08-01	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.07	0.07	0.07
Mekoprop	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.08	0.08	0.08
Metazachlor	67129-08-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.01	0.01	0.01
Metoxuron	19937-59-8	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.09	0.09	0.09
Metribuzin-diketo	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.07	0.07	0.07
Propiconazole	60207-90-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.02	0.02	0.02
Simazin-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	3%	0.02	0.02	0.02
Glufosinat-ammonium	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	39	0%			
(2,4,5-Trichlorophenoxy)acetic acid	93-76-5	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
2(4-Klorfenoxyl)propionsyra	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
2,4,5-TP	93-72-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
2,4-Diklorfenoxiättiksyra	94-75-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
2,4-Diklorprop	113963-87-4	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Atrazin-DE-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Atrazin-desetyl-desisopropyl	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Atrazin-DIP-2-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
atrazine	1912-24-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Azadiraktin	11141-17-6	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Azoxystrobin	131860-33-8	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			
Bentazon	50723-80-3	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%			

Bromoxynil	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
cyanazin	21725-46-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Cypermethrin	52315-07-8	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Dikamba	1918-00-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
dimethoate	60-51-5	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Dinoseb	88-85-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Fenoxaprop	95617-09-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
fenpropimorf	67564-91-4	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Fluroxipyr	154486-27-8	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Hexazinone	51235-04-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
loxinil	3861-47-0	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Karbendazim	10605-21-7	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
karbofuran	1563-66-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Karbofuran-3-hydroxy	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
kloridazon	1698-60-8	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Klorsulfuron	64902-72-3	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Linuron	330-55-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
malathion	121-75-5	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Metabentiazuron	18691-97-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
metalaxyl	57837-19-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Metamitron	41394-05-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
metribuzin	21087-64-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Metribuzin-desamino-diketo	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Metsulfuron-metyl	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Monuron	150-68-5	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
pendimetalin	40487-42-1	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
pirimikarb	23103-98-2	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%

prokloraz	67747-09-5	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
simazine	122-34-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Terbutylazin-desetyl	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
terbutylazine	5915-41-3	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Tiaklopid	111988-49-9	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
Tifensulfuron-metyl	saknas	Bekämpningsmedel	µg/l	31	0%
deltametrin	52918-63-5	Bekämpningsmedel	µg/l	30	0%
Imidaklopid	138261-41-3	Bekämpningsmedel	µg/l	30	0%
N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine 4-(Isopropylamino)-diphenylamine,	101-72-4	Aminer	ng/l	20	0%
galaxolide	1222-05-5	Muskämnen	ng/l	11	0%
musk ketone	81-14-1	Muskämnen	ng/l	11	0%
musk xylene	81-15-2	Muskämnen	ng/l	11	0%
tonalide	21145-77-7	Muskämnen	ng/l	11	0%
1,1,1-trichloroethane	71-55-6	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
1,1,2,2-Tetrachlorethane	79-34-5	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
1,1,2-Trichloroethane	79-00-5	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
1,2-dichloropropane	78-87-5	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
Aliphatic hydrocarbons >C5-C8	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	10	0%
Aliphatic hydrocarbons >C8-C10	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	10	0%
Aromatic hydrocarbons >C8-C10	saknas	Kolväten/lösningsmedel	mg/l	10	0%
Dichlorobenzenes	saknas	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
Indane	496-11-7	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
Monochlorobenzene	108-90-7	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
xylene	1330-20-7	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	10	0%
Sum Chlorobenzenes	saknas	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	9	0%
1,1-dichloroethane	75-34-3	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	9	0%
carbon tetrachloride	56-23-5	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	9	0%

Dichloromethane	75-09-2	Kolväten/lösningsmedel	µg/l	9	0%
Butylhydroxytoluene	128-37-0	Fenolära ämnen/Antioxidanter	µg/l	8	0%
Diphenyl ether	101-84-8	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	7	0%
Isocyclemone E	54464-57-2	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	7	0%
Methyl cedryl ketone	32388-55-9	Doftämnen/komplexbildare	ng/l	7	0%
sum of CBs.-Define in Plain Language Comment Record	saknas	PCB	µg/l	7	0%
2,2-dibromo-2-cyanoacetamide	10222-01-2	Bekämpningsmedel	ng/l	6	0%
3-Iodo-2-propynyl butyl carbamate	55406-53-6	Bekämpningsmedel	ng/l	6	0%
acenaphthene	83-32-9	PAH	µg/l	6	0%
acenaphthylene	208-96-8	PAH	µg/l	6	0%
anthracene	120-12-7	PAH	µg/l	6	0%
dibenz[a,h]anthracene	53-70-3	PAH	µg/l	6	0%
dimethyl TBBP-A, dimethyl tetrabromobisphenol-A (DMTBBPA)	saknas	Fenolära ämnen	ng/l	6	0%
fluorene	86-73-7	PAH	µg/l	6	0%
naphthalene	91-20-3	PAH	µg/l	6	0%
4-nonylphenol-triethoxylate	saknas	Fenolära ämnen	ng/l	5	0%
4-t-Octylphenol-triethoxylate	saknas	Fenolära ämnen	µg/l	5	0%
Brodifacoum	56073-10-0	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Bromadiolone	28772-56-7	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Chlorophacione	3691-35-8	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Coumatetralyl	5836-29-3	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Difenacoum	56073-07-5	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Diphenadione	82-66-6	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
Flocoumafen	90035-08-8	Bekämpningsmedel	ng/l	5	0%
2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol	3147-75-9	Bensotiasoler etc	ng/l	4	0%
Acetaldehyde	75-07-0	Bekämpningsmedel	µg/l	4	0%
Cashmeran	33704-61-9	Muskämnen	ng/l	4	0%

celestolide	13171-00-1	Muskämnen	ng/l	4	0%
Glutaraldehyde	111-30-8	Bekämpningsmedel	µg/l	4	0%
Musk ambrette	83-66-9	Muskämnen	ng/l	4	0%
Musk moskene	116-66-5	Muskämnen	ng/l	4	0%
Musk tibetene	145-39-1	Muskämnen	ng/l	4	0%
N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamid	95-33-0	Bensotiasoler etc	ng/l	4	0%
phantolide	saknas	Muskämnen	ng/l	4	0%
traseolide	saknas	Muskämnen	ng/l	4	0%
1,2-Dibromo-4-(1,2-dibromoethyl)cyclohexane	3322-93-8	Flamskyddsmedel	ng/l	3	0%
4-tert-Butyltoluene	98-51-1	Fenolära ämnen	µg/l	3	0%
Demeclocycline	127-33-3	Läkemedel	µg/l	2	0%
Doxycycline	564-25-0	Läkemedel	µg/l	2	0%
Estradiol	50-28-2	Läkemedel	µg/l	2	0%
Estriol	50-27-1	Läkemedel	µg/l	2	0%
Di(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1	Adiapater	µg/l	1	0%
Dibutyladipate	105-99-7	Adiapater	µg/l	1	0%
Didecyladipate	105-97-5	Adiapater	µg/l	1	0%
Diethyladipate	141-28-6	Adiapater	µg/l	1	0%
Di-iso-butyladipate	141-04-8	Adiapater	µg/l	1	0%
Di-iso-decyladipate	27178-16-1	Adiapater	µg/l	1	0%
Di-iso-octyladipate	1330-86-5	Adiapater	µg/l	1	0%
Diocyladipate	123-79-5	Adiapater	µg/l	1	0%
Isoproturon	34123-59-6	Bekämpningsmedel	µg/l	1	0%

Appendix 4. Jämförelser av typhalter av metaller från skogsmark och övrig mark med nya mätdata

SMED rapporten ”Bruttolastning på vatten av metaller från punktkällor och diffusa källor” från 2010 beskriver framtagningen av de typhalter för kvicksilver (Hg), kadmium (Cd), koppar (Cu), zink (Zn), bly (Pb) och nickel (Ni) i avrinning från skogsmark, fjäll, våtmark och övrig mark som används för belastningsberäkningarna inom SMED (se tabeller 13, 14 och 15, SMED rapport Nr 41, 2010).

Typhalter för metallerna togs fram för sju limniska ekoregioner i Sverige (Figur X) och beräknades som medianvärdet av medianhalten för alla mätstationer (i detta fall vattendrag) inom samma ekoregion.



Fig. X. Indelning av ekoregioner (från SMED rapport Nr 41, 2010)

En jämförelse har gjorts av typhalter framtagna för skogsmark respektive övrig mark i förhållande till data från slumpvist utvalda vattendrag insamlade inom 2 år (antingen 2010-2011 eller 2009 och 2011 eller 2016-2017). Samma metoder för analys av metallproverna har använts och samma indelning i ekoregioner har gjorts. Kriteriet för skogsmark är: < 5 % åker, < 5

% tätort, < 20 % våtmark och \geq 70 % skog och kriteriet för övrig mark är: < 5 % åker, < 5 % tätort och < 70 % skogsmark.

Resultaten av jämförelsen finns redovisade i Tabell Y1 och Y2.

För alla metaller utom Ni och Hg finns data representerade för alla vattendrag. För Ekoregion 6 har Ni 6 vattendrag för Skog och 2 för övrig mark. För Ekoregion 7 Skog har Ni 15 vattendrag och Hg (uppmätt) har 28.

SKOG	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Hg beräknat	Hg uppmätt	Antal vattendrag
Ekoregion 2								58
5-perc	0.007	0.059	0.167	0.109	1.013	1.944	2.340	
95-perc	0.037	1.246	1.115	0.588	7.963	10.132	10.150	
median	0.014	0.288	0.410	0.235	2.700	4.805	5.650	
typhalt	0.007	0.210	0.210	0.260	2.050	2.370	2.370	
avvikelse* (%)	-96	-37	-95	10	-32	-103	-138	
Ekoregion 3								10
5-perc	0.007	0.146	0.431	0.271	2.570	3.892	5.235	
95-perc	0.048	0.475	1.475	1.228	8.325	9.467	13.650	
median	0.020	0.313	0.695	0.550	4.750	6.466	7.500	
typhalt	0.010	0.250	0.280	0.470	2.840	3.750	3.750	
avvikelse* (%)	-103	-25	-148	-17	-67	-72	-100	
Ekoregion 4								81
5-perc	0.007	0.059	0.213	0.276	1.810	2.939		
95-perc	0.111	1.420	2.735	3.820	15.000	17.335		
median	0.044	0.594	0.557	0.766	5.910	7.702		
typhalt	0.029	0.590	0.720	0.710	5.980	5.670		

avvikelse* (%)	-51	-1	23	-8	1	-36
-------------------	-----	----	----	----	---	-----

Ekoregion 5

6

5-perc	0.018	0.041	0.404	0.576	2.561	3.038
95-perc	0.071	0.973	1.001	1.849	8.938	11.657
median	0.043	0.222	0.561	0.979	5.493	4.605
typhalt	0.072	0.520	0.570	0.550	8.350	2.800
avvikelse* (%)	41	57	2	-78	34	-64

Ekoregion 6

43

5-perc	0.036	0.700	0.768	0.321	4.890	4.815	4.520
95-perc	0.079	1.990	2.200	0.828	9.285	12.890	9.880
median	0.052	1.135	1.500	0.535	7.200	8.412	6.400
typhalt	0.025	0.460	0.560	1.430	5.850	3.160	3.160
avvikelse* (%)	-108	-147	-168	63	-23	-166	-103

Ekoregion 7

44

5-perc	0.019	0.208	0.261	0.226	2.713	3.785	3.035
95-perc	0.078	1.951	0.808	0.986	7.810	12.143	10.490
median	0.040	0.905	0.460	0.541	5.600	7.851	6.300
typhalt	0.053	0.470	0.400	0.440	3.480	3.290	3.290
avvikelse* (%)	25	-93	-15	-23	-61	-139	-91

SKOG: <5% åker, <5% tätort, <20% våtmark, >=70% skogsmark

100((typhalt-median)/typhalt)

grönt = avvikelser typhalt-uppmätt/typhalt är positiv (typhalten högre än uppmätt), ju mörkare nyans desto större avvikelse

lila = avvikelser typhalt-uppmätt/typhalt är negativ (typhalten lägre än uppmätt), ju mörkare nyans desto större avvikelse

ÖVRIG MARK	Cd	Pb	Ni	Cu	Zn	Hg beräkn at	Hg uppmätt	Antal vatten drag
Ekoregion 2								13
5-perc	0.005	0.020	0.226	0.074	0.890	2.604	2.580	
95-perc	0.020	0.836	0.806	0.369	4.880	8.031	8.100	
median	0.011	0.335	0.370	0.125	2.650	5.060	4.600	
typhalt	0.005	0.050	0.200	0.310	1.040	1.200	1.060	
avvikelse* (%)	-110	-570	-85	60	-155	-322	-334	
	-110	-570	-85	60	-155	-322	-334	
Ekoregion 3								0
5-perc								
95-perc								
median								
typhalt								
avvikelse* (%)								
Ekoregion 4								3
5-perc	0.032	0.958	0.392	0.317	8.451	11.095		
95-perc	0.050	1.673	0.762	1.011	21.159	12.545		
median	0.041	1.250	0.402	0.389	9.990	11.784		
typhalt	0.015	0.480	1.200	1.780	4.160	4.140		
avvikelse* (%)	-175	-160	67	78	-140	-185		
Ekoregion 5								0
5-perc								
95-perc								
median								
typhalt								
avvikelse* (%)								
Ekoregion 6								8
5-perc	0.038	0.829	0.648	0.339	6.678	4.885	2.795	

95-perc	0.059	3.288	0.792	0.922	10.273	12.629	11.880
median	0.048	1.575	0.720	0.493	7.875	8.291	6.200
typhalt	0.011	0.430	0.580	1.150	3.930	2.700	2.580
avvikelse* (%)	-332	-266	-24	57	-100	-207	-140

Ekoregion 7

0

5-perc

95-perc

median

typhalt

avvikelse*

(%)

ÖVRIG MARK: <5% åker, <5% tätort, <70% skogsmark

100((typhalt-
median)/typhalt)

grönt = avvikelser typhalt-uppmätt/typhalt är positiv (typhalten högre än uppmätt), ju mörkare nyans desto större avvikelse

lila = avvikelser typhalt-uppmätt/typhalt är negativ (typhalten lägre än uppmätt), ju mörkare nyans desto större avvikelse

För Ekoregion 1 fanns det inte något underlag för att ta fram typhalter och därför används typhalterna framtagna för region 2 även för denna (SMED rapport Nr 41, 2010). Inga data i det nya materialet fanns tillgängliga för att göra jämförelser för Ekoregion 1. För övrig mark fanns inte heller data för att göra jämförelser för Ekoregion 3, 5 och 7.

Antalet nya vattendrag för Skog är i många fall betydligt fler än det ursprungliga urvalet för framtagningen av typhalterna, men det är också viktigt att komma ihåg att vid framtagningen av typhalterna gjordes ett mycket noggrant urval med fokus på långa mätserier. För övrig mark är antalet vattendrag något lägre än tidigare material.

För flera av Ekoregionerna kan man se en tydlig skillnad mellan typhalten och uppmätta värdet för flera av metallerna. Oftast ligger typhalten under medianvärdet för de nyare data. Eftersom analysmetoden ska vara

densamma så är det inte en möjlig förklaring. En anledning kan dock vara att de slumpvist utvalda vattendragen är små vattendrag och om typhalterna är baserade på större vattendrag kan både skillnader i retention samt skillnader i surhet och humushalt påverka resultatet.

Små vattendrag kan vara surare och innehålla högre humushalt och då innehålla högre metallhalter. De har också troligtvis en lägre retentionstid som också påverkar metallhalten åt samma håll. För framtida jämförelser skulle tidsserier av mätvärden för ett slumpvist urval av vattendrag kunna ge en mer tillförlitlig bild av metalläckaget från skog respektive öppen mark.