

PM - Föroreningar i dagvatten från parkeringsplatser

Stockholm Vatten & Stockholms stad



RAPPORT nr 2015-0752-B

Författare: Preetam Choudhary, Jonas Andersson och
Daniel Stråe, WRS AB och Gilbert Svensson, SP Urban Water

2015-09-10

WRS i samarbete med



Innehåll

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Föroreningar i dagvatten från parkeringsplatser | 3 |
| 2 | Källor..... | 3 |
| 2.1 | Tungmetaller..... | 3 |
| 2.2 | Fosfor och kväve | 4 |
| 2.3 | Olja och andra organiska föreningar..... | 4 |
| 2.4 | Suspenderade partiklar | 5 |
| 2.5 | Salt..... | 5 |
| 3 | Halter och förekomstformer av tungmetaller..... | 5 |
| 4 | Olja i olika former | 5 |
| 5 | Processer och tekniker för effektiv rening av parkeringsdagvatten..... | 7 |
| 6 | Grund för dimensioneringsprincipen 20 mm magasinsvolym | 8 |
| 7 | Referenser | 9 |

1 Föroreningar i dagvatten från parkeringsplatser

Parkeringsplatser liksom andra trafikerade ytor bidrar med en relativt stor mängd föroreningar per ytenhet till stadens vatten. Stora parkeringsytor kan alltså generera stora flöden av förorenat dagvatten.

Ju högre trafikintensiteten (antalet parkeringsrörelser) är, desto större kan föroreningstransporten förväntas vara (Yang m.fl. 2015, Brunekreef m.fl. 2009). Dagvatten från parkeringsplatser vid till exempel ett köpcentrum förväntas innehålla högre halter av föroreningar än dagvatten från en boendeparkering. Även storleken på parkeringsplatsen är av betydelse; en stor parkeringsplats kommer jämfört med en mindre att belasta en nedström liggande sjö, vattendrag eller kustvatten med en större mängd föroreningar.

Regn och smältvatten för med sig förorenande ämnen från parkeringsytan. Dagvatten från parkeringsplatser innehåller i regel tungmetaller, olja och PAH:er (polycykliska aromatiska kolväten) (Greenstein m.fl. 2004). Den största källan är bilarna som trafikerar parkeringen. Nederbörden tar även med sig föroreningar från luften. En mindre del kommer från markbeläggningen.

De vanligaste tungmetallerna i parkeringsdagvatten är bly, koppar, kadmium, nickel och zink (Geronimo m.fl. 2014). Särskilt koppar och zink har identifierats som problemämnena i Stockholms sjöar, vattendrag och kustvatten. Dagvatten från parkeringsplatser för också med sig suspenderat material (slam) och näringsämnen, främst fosfor.

2 Källor

2.1 Tungmetaller

Tungmetaller återfinns i en rad oljebaserade produkter och material som påverkar dagvattnet, se tabell 1.

Tabell 1 Källor till tungmetaller i dagvatten

| Källor | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Ni | Pb | Zn |
|----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Bensin | x | | | x | | | | x | x |
| Avgaser | | | | | | | x | x | |
| Motorolja | | x | | | X | | x | x | x |
| Kylarvätska | | | | | X | | | | x |
| Underreddsbehandling | | | | | | | | x | x |
| Bromsbelägg | | | | x | X | | x | x | x |
| Däck | x | | x | x | | | | x | x |
| Asfalt | | | | x | | | x | | x |
| Betong | | | | x | | | x | | x |
| Dieselolja | x | | | | | | | | |
| Motorslitage | | | | | x | x | x | x | x |

Referenser: Yang m.fl. 2015, Geronimo m.fl. 2014, Jin-li Li m.fl. 2011, Clark m.fl. 2004)

2.2 Fosfor och kväve

Det första dagvattnet som avrinner från parkeringsplatser vid nederbörd (den så kallade smutspulsen, *eng. first flush*) innehåller i regel mycket höga totalfosfor- och totalkvävehalter (1-3 mg P/L respektive 6-19 mg N/L) (Wei m.fl. 2010). En stor andel (cirka 60 %) av kvävet är löst. Undersökningar har visat att fosforinnehållet ökar med antalet trafikrörelser och att merparten av fosfor är partikulär. I tabell 2 nedan redovisas källor till fosfor och kväve i dagvatten från parkeringsplatser.

Tabell 2 Källor till näringsämnen

| Källor | Fosfor | Kväve |
|--|---------|-------|
| Avgaser (lokalt) | 70 % | 20 % |
| Smörjmedel/motorolja | 5-10 % | |
| Atmosfäriskt nedfall (långväg transport) | 2-3 % | 80 %* |
| Fågelspilling och Hund/katt | 15-20 % | 10 % |

*Inklusive avgaser.

Referenser: Malmqvist 1994, Waschbusch 1999.

2.3 Olja och andra organiska föreningar

Dagvatten från parkeringsplatser innehåller olja och andra organiska kolväten, bland annat PAH. Viktiga källor till PAH är däckslitage och avgaser. Asfalt består till 5 % av bindemedlet bitumen, som innehåller små mängder organiska miljögifter (PAH:er). Oljespill från fordon är ytterligare en källa.

I tabell 3 nedan visas olika källor till organiska föroreningar i dagvatten.

Tabell 3 Källor till organiska föroreningar i dagvatten

| Källor | PAH:er | Opolär olja, kolväten | Fenoler | Polär olja, tensider, fetter |
|---|--------|-----------------------|---------|------------------------------|
| Bensin spill | x | x | | |
| Ofullständig förbränning/avgaser | x | x | | x |
| Motorolja | x | x | | x |
| Bromsolja | | x | | x |
| Däck | x | x | x | |
| Asfalt | x | x | | |
| Rost-, frostskydds- och rengöringsmedel | | | | x |
| Växter/ naturlig | | x | x | x |

Referenser: Björklund, 2011, Byeong-Kyu 2010, Barbara 2005, Fromme 1998, Petterson 1983, Bjelkås & Lindmark, 1994.

2.4 Suspenderade partiklar

Suspenderade partiklar är små partiklar av organiskt eller oorganiskt material som svävar omkring i vattnet. Till dem binds många andra föroreningar som finns i dagvatten.

Källor till suspenderade partiklar: Slitage av bromsar och däck, avgaser, atmosfäriskt nedfall, erosion från mark, sandningssand och saltblandad sand.

2.5 Salt

Koksalt sprids ut för att förhindra isbildning på trafikerade ytor. Nederbörd innehåller salt från havet. Regnvatten och snösmältning för med kloridjoner till ytvatten och grundvatten.

Källor till salt: Saltblandad sandningssand och salt från halkbekämpning, dammbindning och nederbörd.

3 Halter och förekomstformer av tungmetaller

Tungmetaller i dagvatten från parkeringsplatser återfinns i löst eller partikelbunden form. Även om fria joner förekommer är lösliga komplex vanligast, till exempel i form av löst organiskt material (DOC) (Naturvårdsverket, 2006). Generellt sett är det metalljonerna som är biotillgängliga och primärt toxiska för vattenlevande organismer (Blecken, 2010). Eftersom partikulärt bundna metaller dock kan frigöras vid ändrade förhållanden, till exempel pH eller syretillgång, så är även dessa viktiga att avskilja.

Fördelning mellan partikulär och löst form av vanliga föroreningar i dagvatten från parkeringar anges i tabell 5.

4 Olja i olika former

I dagvatten från parkeringsplatser återfinns olja av olika former och specifika droppstorlekar.

- Fri olja: Dagvatten innehåller oftast olja i denna form. Vid avspolning av golv med oljespill utan högtryck, eller nederbörd på mark med oljespill, uppkommer vanligen fri olja. Olja i fri form är möjlig att avskilja genom flotation och sedimentation i t ex oljeavskiljare.
- Dispergerad olja: Dispergerad olja bildas under tillförande av energi t.ex. pumpning, blandning och tryck eller kraftig omrörning. Dispergerad olja kan bestå av så små oljedroppar att det krävs lång uppehållstid innan en gravimetrisk separation hinner ske. Ett alternativ

till att förstora avskiljaren är att utöka dess effektiva yta genom att införa ett coalescensfilter, som kan bestå av lameller, rörfilter eller porösa filtermattor som utgör ytor där sammanslagningen av de små oljedropparna äger rum.

- Emulgerad olja: Emulgerad olja uppkommer vid förekomst av ytaktiva ämnen som bildar stabila emulsioner, exempelvis avfettningemedel och rengöringsmedel. Avskiljning av emulgerad olja kräver mycket lång uppehållstid i oljeavskiljare för att avskiljas. Membranprocesser, såsom ultrafiltrering och omvänd osmos, kan avlägsna emulgerad olja ur vatten.
- Löst olja: Löst olja är en form av emulgerad olja med droppstorlek <5 mikrometer. Löst olja kan normalt inte avskiljas i en oljeavskiljare.

Tabell 4 Oljeformer och droppstorlekar, samt dess förekomst i dagvatten

| Oljeform | Droppstorlek (µm) | Höga | Måttliga | Låga |
|-------------------|-------------------|------|----------|------|
| Fri olja (90-95%) | >150 | x | | |
| Dispergerad olja | 20-150 | | | X |
| Emulgerad olja | 5-20 | | | X |
| Löst olja | <5 | | | X |

Tabell 5 Fördelning mellan partikelbunden och löst form av föroreningar och näringsämnen.

| Föroreningar | Partikelbunden form (%)* | Löst form (%)* | Höga halter | Måttliga halter | Låga halter |
|------------------------|--------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
| Bly | 80-95 | 5-20 | x | | |
| Koppar | 60-80 | 20-40 | x | | |
| Zink | 50-70 | 30-50 | x | | |
| Kadmium | 40 | 60 | | x | x |
| Krom | 71 | 29 | | x | |
| Nickel | 60 | 40 | | | x |
| Kvicksilver | 80 | 20 | | | x |
| PAH:er | 90-95 | 5-10 (fri) | | x | x |
| Fosfor | 60-70 | 30-40 | | x | |
| Kväve | 10 | 90 | | x | |
| Suspenderade partiklar | - | - | x | | |
| Salt/klorid (vinter) | | 100 | x | | |

*Värdena är osäkra (95 % konfidensintervall). De baseras på mätningar, överslagsberäkningar och uppskattningar från olika parkeringsplatser i Sverige och utomlands.

Referenser: Horner m.fl. 1994, Revitt m.fl. 2014, Wen Li m.fl. 2012, Stockholm stad 2001a.

5 Processer och tekniker för effektiv rening av parkeringsdagvatten

Avskiljning av föroreningar i dagvatten kan huvudsakligen ske genom:

- Sedimentation (av partikelbundna ämnen, t.ex. tungmetaller och fosfor)
- Filtrering (av partikelbundna ämnen)
- Biologiska och kemiska processer (både partikelbundna och lösta ämnen)
- Infiltration (möjliggör ovanstående processer för både partikelbundna och lösta ämnen)

Sedimentation av partiklar sker när dagvatten sprids ut över en större yta eller volym och flödes hastigheten avtar. Det kan ske t.ex. ske när vatten får rinna ut över en gräsyta eller när vatten samlas i ett magasin i marken. I de flesta typer av dagvattenreningsanläggningar fungerar denna process effektivt, förutsatt att anläggningen är rätt dimensionerad.

För att fånga lösta föroreningar, t.ex. den lösta fraktionen av tungmetaller eller fosfor, krävs att kemiska och/eller biologiska processer är verksamma. Exempel på sådana processer är adsorption där lösta ämnen binds till ytan av ett annat ämne eller att bakterier omvandlar nitratkväve till luftkväve. Biologisk nedbrytning är också viktigt för att förhindra ackumulering av t.ex. petroleumkolväten i mark.

Dagvattensystem som innebär att vatten infiltrerar genom en jord med stor andel organsikt material har visat sig ha god förmåga att avskilja lösta föroreningar (Ademola m.fl., 2013, Tangahu m.fl., 2011, Blecken, 2010). Att kombinera sedimentationsmagasin med t.ex. filter som är utformade för att fånga lösta föroreningar är ett annat sätt att nå långtgående av såväl partikelbundna som lösta föroreningar.

I tabell 6 nedan redovisas reningseffekter i olika typer av system för rening av dagvatten.

Tabell 6 Förväntad avskiljning av partikelbundna respektive lösta föroreningar för olika anläggningstyper vid dimensionering för 20 mm magasinsvolym. Teckenförklaring: + innebär att kompletterande rening kan behövas, ++ innebär att åtgärden ger fullgod rening.

| Anläggningstyp | Avskiljning | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-----|------|
| | Susp. | Fosfor | | Koppar | | Zink | | PAH | Olja |
| | | Tot-P | Löst P | Tot-Cu | Löst Cu | Tot-Zn | Löst Zn | | |
| Genomsläpplig beläggning | ++ | +++** | +++** | ++ | +++** | ++ | +++** | ++ | ++ |
| Infiltration i grönyta | ++ | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | ++ |
| Infiltrationsstråk | ++ | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | ++ |
| Makadamdike | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ |
| Nedsänkt växtbädd | ++ | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | +++* | ++ | ++ |
| Skelettjord | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ |
| Magasin under mark | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ |
| Damm | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ |
| Brunnsfilter | + | + | + | + | + | + | + | ++ | ++ |
| Oljeavskiljare | + | + | + | + | + | + | + | + | ++ |

Referenser: U.S. EPA 1993, Rushton & Hastings 2001, Larm et al. 1999, Larm 1994, Marsalek & Torno 1993, Niemczynowicz 1999, International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database 2011.

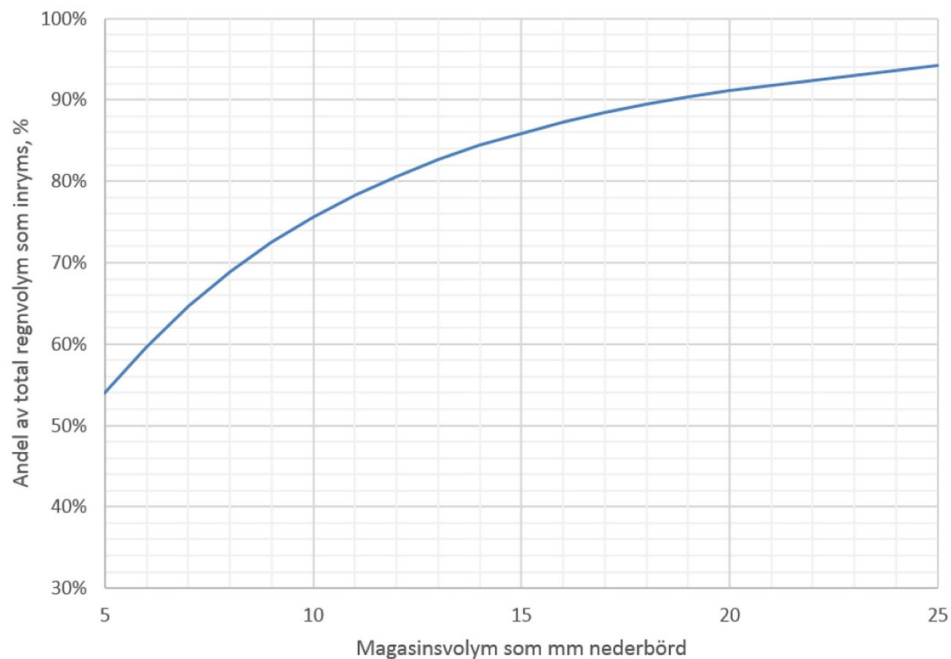
*) Växtbäddens uppbyggnad och materialval viktigt; den ska vara designad för att fånga såväl löst fosfor som lösta metaller och undvika utläckage av fångade föroreningar. T.ex. gynnas fastläggning av lösta metaller i humusrika jordar och för att undvika näringsläckage bör inte jorden innehålla en stor andel lättlöslig växtnäring.

***) Uppföljning av genomsläppliga beläggningar visar på god avskiljning av partikelbundna föroreningar, men data saknas för lösta föroreningar. Här har antagande gjorts att även avskiljningen av dessa är effektiv.

6 Grund för dimensioneringsprincipen 20 mm magasinsvolym

Den övervägande merparten av årsnederbörden i Stockholm faller i form av små regn eller snöfall. Regn och snöfall mindre än 20 mm utgör mer än 90 % av årsnederbörden, se Figur 1. Samtidigt visar beräkningar att behoven av minskad tillförsel av fosfor och tungmetaller till Stockholms sjöar, vattendrag och kustvatten är mycket stora för att de ska kunna nå god status enligt miljö kvalitetsnormerna för vatten.

För att betingen ska nås måste reningen vara höggradig och omfatta så mycket dagvatten som möjligt. Samtidigt bedöms ett krav på 20 mm magasinsvolym, vilket motsvarar 2 m³ per 100 m² hårdgjord/bebyggd yta, vara tekniskt genomförbart och ekonomiskt rimligt.



Figur 1. Andel av total regnvolym som inryms i magasinsvolym med angivet värde på x-axeln. Regndata från Stockholm 1984-2014. Regndefinition: uppehållstid 12 h. Källa: PM-Kompletterande regnstatistik för Stockholm. Underlag för dimensionering av avsättningsmagasin. DHI Sverige AB, 2015-03-02.

7 Referenser

- Ademola O. Olaniran, Adhika Balgobind, and Balakrishna Pillay (2013) *Bioavailability of Heavy Metals in Soil: Impact on Microbial Biodegradation of Organic Compounds and Possible Improvement Strategies*. Int J Mol Sci.; 14(5): 10197–10228
- Barbara J. Mahler, Peter C. Van Metre, Thomas J. Bashara, Jennifer T. Wilson, and David A. Johns (2005). *Parking Lot Sealcoat: An Unrecognized Source of Urban Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Environ. Sci. Technol., 39, 5560-5566.
- Bjelkås, J., Lindmark, P. (1994). *Förorening av mark och vägdagvatten på grund av trafik*. Statens Geotekniska Institut (SGI) - Linköping. Varia 420.
- Björklund, K. (2011). *Sources and Fluxes of Organic Contaminants in Urban Runoff*. Chalmers University of Technol., Department of Civil and Environmental Engineering, Water Environment Technol., Gothenburg 2011, No. 3161. ISBN: 978-91-7385-480-1.
- Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri, Mushrifah Idris, Nurina Anuar, and Muhammad Mukhlisin (2011). *A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation*. International Journal of Chemical Engineering Volume 2011 Article ID 939161, 31 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2011/939161>

- Blecken, G.T. (2010). *Biofiltration Technologies for Stormwater Quality Treatment*. Luleå University of Technol. Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå 2010. No. ISBN 978-91-7439-132-9.
- Brunekreef B, Beelen R, Hoek G, Schouten L, Bausch-Goldbohm S, Fischer P, Armstrong B, Hughes E, Jerrett M, van den Brandt P. *Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study*. Res Rep Health Eff Inst. 2009 Mar;(139):5-71; discussion 73-89.
- Byeong-Kyu Lee (2010). *Sources, Distribution and Toxicity of Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs) in Particulate Matter*. Air Pollution, Vanda Villanyi (Ed.), ISBN: 978-953-307-143-5, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/air-pollution/sources-distribution-and-toxicity-of-polyaromatic-hydrocarbons-pahs-in-particulate-matter>
- Clark S. E., Johnson P. D., Gill S and Pratap M. (2004). *Recent measurements of heavy metal removals using stormwater filters*. Watershed 2004. Water Environmental Federation.
- Fromme H, Oddoy A, Piloty M, Krause M, Lahrz T. (1998). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and diesel engine emission (elemental carbon) inside a car and a subway train*. Sci Total Environ. 217(1-2):165-73.
- Greenstein D, Tiedenthaler L, Bay S. *Toxicity of parking lot runoff after application of simulated rainfall*. Environmental Contamination and Toxicology. 09/2004; 47(2):199-206. DOI: 10.1007/s00244-004-3018-0
- Geronimo FK, Maniquiz-Redillas MC, Tobio JA, Kim LH. *Treatment of suspended solids and heavy metals from urban stormwater runoff by a tree box filter*. Water Sci Technol. 2014;69(12):2460-7. doi: 10.2166/wst.2014.150.
- Horner, Richard R., Ph. D., Joseph J. Skupien, Eric H. Livingston, and H. Earl Shaver, *Fundamentals of Urban Runoff Management: Technical and Institutional Issues*, Terrene Institute, 1994.
- International Stormwater Best Management Practices (BMP) Database. Pollutant Category Summary: Metals*. Prepared by Wright Water Engineers, Inc. Geosyntec Consultants, Inc. Under Support From Water Environment Research Foundation Federal Highway Administration Environment and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers August 2011.
- Jin-li Li and Wu Che, Lab. of Urban Stormwater Syst. & Water Environ., Beijing Univ. of Civil Eng. & Archit., Beijing, China ; *Nonpoint source pollution and stormwater management practices of parking lot*. Conference: Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2011 International Conference on 24-26 June 2011. 10.1109/RSETE.2011.5964323.
- Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*. VA-Forsk, rapport nr 1994:06.

- Larm, T., Holmgren, A., Börjesson, E. (1999). *Platsbesparande befintliga reningssystem för dagvatten. Förstudie i projekt tekniktävling för rening av dagvatten*. Stockholm stads LIP-kansli, VBB Viak.
- Malmqvist, P-A., Svensson, G., Fjellström, C. (1994). Dagvattnets sammansättning. VA-Forsk, rapport nr 1994:11.
- Marsalek, J. (2003). *Road salts in urban stormwater: An emerging issue in stormwater management in cold climate*. 1st international conference on Urban Drainage and Highway runoff in Cold Climate. Riksgränsen, mars 2003.
- Naturvårdsverket. (2006). *Metallers mobilitet i mark*. Rapport 5536
- Niemczynowicz, J. (1999). *Internationell sammanställning av erfarenheter med ekologisk dagvattenhantering*. VAForsk, rapport nr 1999:1.
- Petterson, M. (2001). *Lokalt omhändertagande av dagvatten i Stockholm*. Examensarbete, Miljö- och hälsoskyddsprogrammet. Umeå univ. MH 2001:17.
- Revitt DM, Lundy L, Coulon F, Fairley M. (2014). *The sources, impact and management of car park runoff pollution: a review*. J Environ Manage. ;146:552-67. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.05.041. Epub 2014 Sep 10.
- Rushton, B., Hastings, R. (2001). *Florida Aquarium parking lot: A treatment train approach to stormwater management*. Southwest Florida Water Management District. Brooksville - Florida, WM 662.
- Stockholm stad (2001a). *Klassificering av dagvatten och recipienter samt riktlinjer för reningskrav, del 2 Dagvattenklassificering*. Gatu- och fastighetskontoret, Miljöförvaltningen, Stadsbyggnadskontoret, Stadsdelsförvaltningarna och Stockholm Vatten AB.
- U.S. EPA, 1993, *Handbook Urban Runoff and Pollution Prevention Planning*, EPA-625-R-93-004, taken from Purdue University Engineering Department's Long-Term Hydrologic Impact Assessment (L-THIA): http://cobweb.ecn.purdue.edu/~sprawl/LTHIA7/lthia/lthia_index.htm.
- Waschbusch R.J., W.R. Selbig, and R.T. Bannerman (1999). *Sources of Phosphorus in Stormwater and Street Dirt from Two Urban Residential Basins in Madison, Wisconsin, 1994-95*. Water-Resources Investigations Report 99-4021
- Wei Q, Zhu G, Wu P, Cui L, Zhang K, Zhou J, Zhang W. *Distributions of typical contaminant species in urban short-term storm runoff and their fates during rain events: a case of Xiamen City*. J Environ Sci (China). 2010;22(4):533-9.
- Wen Li, Zhenyao Shen , Tian Tian, Ruimin Liu, Jiali Qiu (2012). *Temporal variation of heavy metal pollution in urban stormwater runoff*. Frontiers of Environmental Science & Engineering, Volume 6, Issue 5, pp 692-700
- Yang J, Zhang C, Tang Y. *Metal distribution in soils of an in-service urban parking lot*. Environ Monit Assess. 2015 Jul;187(7):478. doi: 10.1007/s10661-015-4699-8. Epub 2015 Jul 1.