



Verksamhetsberättelse 2023



Luleå, maj 2023

www.ltu.se/dag-nat

Innehåll

1 Om Dag&Nät.....	4
1.1 Dag&Näts verksamhetsidé.....	4
1.2 Dag&Näts partners.....	4
1.3 Dag&Näts vision 2030.....	4
1.4 Dag&Näts strategi.....	4
1.5 Dag&Näts organisation.....	5
1.5.1 Styrgruppen	5
1.5.2 Ledningsgruppen	5
1.5.3 Temareferensgrupper	5
1.5.4 Dag&Näts personalstyrka.....	6
1.6 Dag&Näts ekonomi	8
2 Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete	9
2.1 Tema DAGVATTEN från regn till recipient.....	11
2.1.1 Fokusområde Dagvattenkvalitet	13
2.1.2 Fokusområde Dagvattenrening.....	16
2.1.3 Fokusområde Fördröjning och klimatanpassning.....	26
2.1.4 Fokusområde Snöhantering	27
2.1.5 Fokusområde Provtagningsmetodik och övervakning	28
2.1.6 Fokusområde Multifunktionell dagvatteninfrastruktur	29
2.1.7 Fokusområde Modellering.....	31
2.2 Tema Funktion och förnyelse av LEDNINGSNÄT	38
2.2.1 Analysdrivna metoder för att stödja tillgångsförvaltning av avloppsledningsnät	39
2.2.2 Utvärdering av schaktningsstrategier.....	40
2.2.3 Implementering av källsorterande avloppssystem.....	41
2.3 Tema Resurseffektiva små AVLOPSSYSTEM.....	42
2.3.1 Återanvändning av BDT-vatten.....	43
2.3.2 Decentraliserad BDT-vattenbehandling	44
2.3.3 Analys av mikroföroreningar i BDT-vatten	46
2.3.4 Naturbaserad avloppsvattenrening – mikroföroreningar och kallt klimat....	47
2.3.5 Resursåtervinning från klosettwater	48
2.3.6 Återvinning av näringsämnen genom integrerade membranlösningar.....	49
2.3.7 Övriga aktiviteter – Återanvändning av BDT-vatten	50
2.3.8 Övriga aktiviteter – Källsorterande avloppssystem i ny stadsbyggnad.....	50
2.4 Projekt- och programportfölj	51
2.4.1 Nya projekt	51
2.4.2 Stora program och kompetenscentrum	55
2.5 Samarbetsparter.....	56
2.6 Medverkan i referens- och expertgrupper	57
2.7 Samverkan med övriga VA-kluster	58
2.7.1 Samarbete kring ämnesgrupper	58
3 Kompetensförsörjning.....	59
3.1 Studentorienterad branschdag	59

3.2	Grundutbildning inom VA-området vid LTU.....	59
3.2.1	Examensarbeten.....	59
3.2.2	Projektkurser.....	60
3.3	Vattenforskarskolan	60
3.4	MOOC kurs.....	60
3.5	Licentiat och disputationer.....	61
3.6	Uppdrag i betygskommittéer.....	61
3.7	Utbildning och föredrag för yrkesverksamma & allmänhet	62
3.8	Kunskapsutbyte.....	62
4	Kommunikation	63
4.1	Hemsida	63
4.2	Nyhetsbrev	63
4.3	Sociala medier.....	63
4.4	Artikelserie Ny Forskning och Teknik	63
4.5	Europeisk vattenplattform.....	63
4.6	Arrangerande av seminarier, workshops, föreläsningar	63
4.7	Deltagande på konferenser, etc	64
4.8	Publikationer	65
4.8.1	Artiklar i vetenskapliga tidskrifter.....	66
4.8.2	Konferensbidrag	67
4.8.3	Rapporter	68
4.8.4	Datasets (SND).....	69
4.8.5	Doktorsavhandlingar	69
4.8.6	Licentiatuppsatser.....	69
4.8.7	Examensarbeten.....	69
4.8.8	Dag&Nät artikelserie ”Ny Forskning och Teknik”	69
4.9	I media – ett axplock.....	70

1 Om Dag&Nät

Ett väl fungerande vattenförsörjnings- och avloppssystem (VA-system) är en förutsättning för långsiktigt hållbar samhällsutveckling. I detta ingår dagvattensystemens och stadsdräneringens funktion som väsentlig med avseende på samhällsekonomi, miljö samt medborgarnas säkerhet och hälsa.

Forskningsgruppen VA-teknik vid Luleå tekniska universitet har i mer än 25 år framgångsrikt verkat inom VA-systembaserad forskning med utgångspunkt i hållbarhet och klokt resursutnyttjande och i nära samverkan med branschens aktörer.

Sedan starten av Dag&Nät 2010 har förutsättningarna förändrats både för samhällsbyggnadssektorn i stort och inte minst för VA-verksamheten. Många av dessa utmaningar såsom att anpassa våra städer till ett förändrat klimat, hantera dagvattnets föroreningar, maximera resursåterförandet och stadens förmåga att leverera ekosystemtjänster kräver ny kunskap, ny infrastruktur och nya tekniska lösningar, nya samarbetsmodeller, samt ett mer övergripande systemperspektiv och samarbete över branschgränser. Detta bidrar Dag&Nät till genom behovsdriven forskning i framkant och i symbios med samhället.

1.1 Dag&Näts verksamhetsidé

Dag&Nät utvecklar och förmedlar forskningsbaserad kunskap samt bygger nätverk inom dagvatten, ledningsnät och resurseffektiva små avloppssystem med utgångspunkt i samhällets behov, hållbarhet och klokt resursutnyttjande samt i nära samverkan med privata och offentliga aktörer.

1.2 Dag&Näts partners

Dag&Nät består av forskningsgruppen VA-teknik vid Luleå tekniska universitet, VA-

teknik vid Norges teknisk-naturvetenskapliga universitet (NTNU), RISE Vatten och klimatanpassning och Cirkulära Avloppssystem, Luleå miljöresurs (Luleå kommun), Skellefteå kommun (Samhällsbyggnadskontoret), Vakin AB (som är huvudman för Umeå, Vindeln och Nordmalings kommuner), MittSverige Vatten & Avfall AB (som är huvudman för Sundsvall, Nordanstig och Timrå kommuner), Östersunds kommun (Teknisk förvaltning), Bodens kommun, VA SYD (huvudman för Lund, Malmö, Burlöv, Eslöv och Lomma kommuner), Nodra, Tekniska verken i Linköping, samt Svenskt Vatten.

1.3 Dag&Näts vision 2030

År 2030 är vi ett ledande internationellt forsknings- och kompetenscentrum inom dagvatten, avloppsledningsnät och resurseffektiva små avloppssystem.

Vi bidrar till ett hållbart samhälle genom att utveckla framtidens vattensystem för nationell och global nytta.

Dag&Näts övergripande mål för 2030 är att genom utmaningsdriven forskning, utbildning och kompetensförsörjning av högsta kvalitet bidra till:

- hållbar och innovativ samhällsutveckling,
- klimatneutralt VA-samhälle,
- resilient infrastruktur,
- resurseffektivt samhälle där vatten, energi och näringsämnen tas till vara,
- effektivt underhåll och hållbar förnyelseplanering, samt
- livslångt lärande

1.4 Dag&Näts strategi

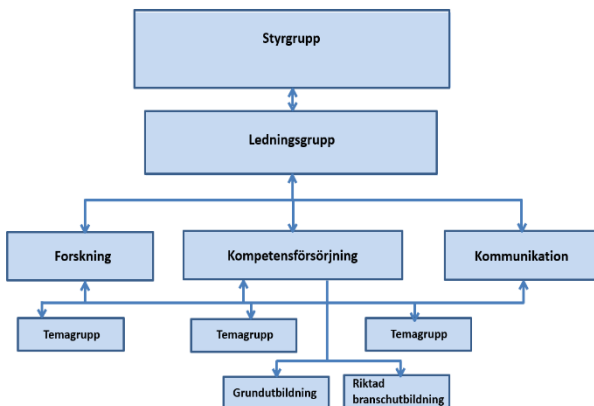
I arbetet med att realisera visionen och de övergripande målen fokuserar Dag&Nät under de kommande åren på sex huvudstrategier.



Figur 1: Dag&Näts huvudstrategier för att nå visionen 2030

1.5 Dag&Näts organisation

Övergripande organisationsstruktur för Dag&Nät omfattar en styrgrupp, ledningsgrupp samt temareferensgrupper (se fig 2). Klusterledare är Maria Viklander, klusterkoordinator är Sylvia Kowar.



Figur 2: Dag&Näts organisation

1.5.1 Styrgruppen

Under 2023 har styrgruppen bestått av:



Kristina Kenning, Östersunds kommun (ordförande)

Petra Viklund, Lumire (vice-ordförande)

Stefan Johansson, Skellefteå kommun

Mikael Lundin, Vakin

Tomas Larsson, MittSverige Vatten & Avfall

Jan Lundberg (fram till sommar 2023) och

Carl Bernin-Ortved (från okt 2023), Bodens kommun

Bodil Widell, Nodra

Karin Fernström, VA SYD

Peter Wimble, Tekniska verken i Linköping

Ulrika Larsson, Svenskt Vatten RÖK kommitté, samt Lumire

David Malm, Svenskt Vatten VAK kommitté, samt NSVA

Adjungerade till styrgruppen är:

Maria Viklander, LTU (klusterledare)

Sylvia Kowar, LTU (klusterkoordinator)

Petra Wallberg (fram till sommar 2023) och

Alexander Keucken (fr.o.m. oktober 2023), Svenskt Vatten Utveckling

Styrgruppen har fyra ordinarie möten per år samt strategidagar efter sommaren då även ledningsgruppen och temareferensgrupperna deltar.

1.5.2 Ledningsgruppen

Ledningsgruppen driver verksamheten i sin helhet och har ordinarie möten varannan vecka. Under 2023 har ledningsgruppen bestått av Maria Viklander, Sylvia Kowar, Annelie Hedström, Godecke Blecken, Heléne Österlund och Inga Herrmann, samtliga VA-teknik vid LTU, samt Erik Kärrman, RISE och Tone Muthanna, VA-teknik vid NTNU.

1.5.3 Temareferensgrupper

Temareferensgruppernas uppgift är att stötta respektive inriktnings utveckling via återkoppling baserat på gruppens samlade kommunala erfarenhetsbas. Grupperna är kopplade till Dag&Näts forskningsteman och hade följande representanter under 2023:

Tema

DAGVATTEN från regn till recipient:

Helena Löfgren, André Hellner (Vakin)
Ingela Caswell, Gabriella Nygren, Jens Berg,
Stina Jonsson (Skellefteå kommun)
Jenny Bergman, Ylva Hagnelöv, Ann-Sofie
Wikström (Luleå miljöresurs)
Marcus Lantz, Tore Johansson, Sol Kluge,
Jenny Rydén, Sofia Olsson (Östersunds
kommun)
Anna-Maria Kullberg, Erik Norin (MSVA)
Helena Marttala, Patrik Fahlén (Bodens kom-
mun)
Ebba Waernbaum, Eleonora Krizanac (VA
SYD)
Anna Bellner (Nodra)
Magnus Hammar (Tekniska verken)
Heléne Sörelius (RISE)

Tema

Funktion och förnyelse av LEDNINGSNÄT:

Petter Walan (Vakin)
David Verner (Skellefteå)
Ulrika Larsson (Luleå miljöresurs)
Lars Svensson, Nicklas Hällgren (Öster-
sunds kommun)
Kent Johansson, Anna Olofsson (MSVA)
Erik Tornberg (Bodens kommun)
David Osmanoff (Nodra)
Mattias Ahlbert (Tekniska verken)
Solveig Johannesdottir (RISE)

Tema

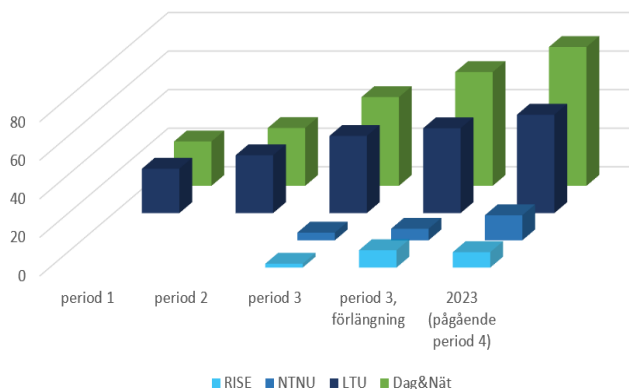
Resurseffektiva små AVLOPPSSYSTEM:

Ulf Åström (Skellefteå)
Erika Broström (Luleå miljöresurs)
Claes Jakobsson (Östersunds kommun)
Erik Norin (MSVA)
Bodil Widell (Nodra)
Magnus Hammar (Tekniska verken)
Maria Hübinette, Anna Norström (RISE)

1.5.4 Dag&Näts personalstyrka

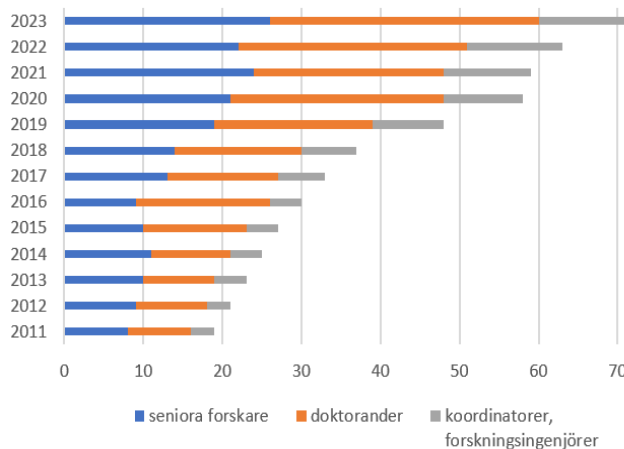
Dag&Näts forskargrupp består av seniora forskare, doktorander, projektledare, koordinatorer och forskningsingenjörer från både

VA-teknik vid Luleå tekniska universitet (LTU), VA-teknik vid Norges teknisk-naturvetenskapliga universitet (NTNU) och RISE enheterna Vatten och klimatanpassning samt Cirkulära Avloppssystem. När NTNU och RISE förstärkte Dag&Näts forskargrupp under tredje perioden (2017 – 2020) ökade personalstyrkan direkt med 50 procent. Idag ingår 72 personer i gruppen och är därmed mer än tredubbel så stor som vid starten av Dag&Nät 2010 (se fig. 3).



Figur 3: Personalutvecklingen inom Dag&Nät, redovisade vid utgången av verksamhetsperioder.

Under 2023 bestod Dag&Näts forskningsgrupp av totalt 34 doktorander, 26 seniora forskare samt 12 projektledare, koordinatorer och forskningsingenjörer. Se fig. 4 för utvecklingen genom åren.



Figur 4: Andel forskare, doktorander och koordinatorer/projektledare/forskningsingenjörer i forskningsgruppen genom åren (2011 – 2023).

Under 2023 ingick i Dag&Näts forskningsgrupp:

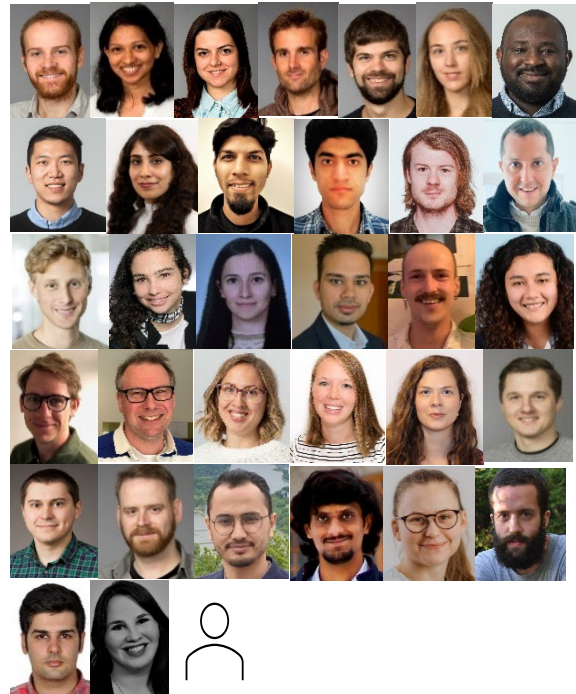
Seniora forskare:

Maria Viklander, Annelie Hedström, Go-decke Blecken, Tone Muthanna, Jiri Marsa-
lek, Lian Lundy, Elisabeth Kvarnström, Ri-
chard Ashley, Inga Herrmann, Heléne Öster-
lund, Marius Møller Rokstad, Franz Tscheik-
ner-Gratl, Thomas Meyn, Kelsey Flanagan,
Ico Broekhuizen, Alexandra Müller,
Mehwish Taneez, Katharina Lange, Brenda
Vidal, Vincent Pons, Bardia Roghani, Erik
Kärrman, Anna Norström, Anna Pettersson
Skog



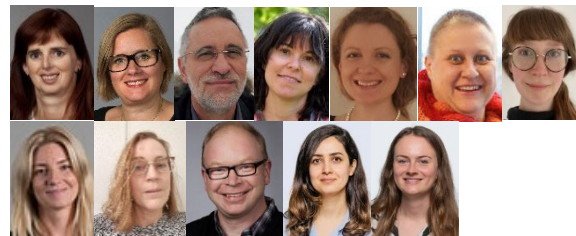
Doktorander:

Youen Pericault, Arya Vijayan, Snežana
Gavrić, Joel Lönnqvist, Ivan Milovanovic,
Sarah Lindfors, Emmanuel Okwori, Haoyu
Wei, Saida Kaykhaili, Mashreki Sami, Ali
Beryani, Nikita Razguliaev, Iván Mantilla,
Rasmus Klapp, Stephanie Rusch Fehrmann,
Suna Ekin Kali, Utsav Adhikari, Levien
Melse, Letty Mora, Pär Öhrn Sagrelus, Ro-
bert Furén, Emelie Hedlund Nilsson, Lisa
Öborn, Hannah Johansson, Hendrik Rujner,
Oleksandr Panasiuk, Fredrik Nyström,
Shamsuddin Dulat, Prasanna Moss, Merethe
Strømberg, Spyridon Pritsis, Mahdi Bahrami,
Thea Ingeborg Skrede, Werner Svelling



Projektkoordinatorer, projektledare och
forskningsingenjörer:

Sylvia Kowar, Lena Goldkuhl, Stefan Mark-
lund, Helene Sörelus, Solveig Johannesdot-
tir, Maria Hübinette, Beatrice Nordlöf, Hanna
Matschke Ekholm, Maria Gelfgren, Peter Ro-
sander, Shadi Kohzadi, Lina Otte



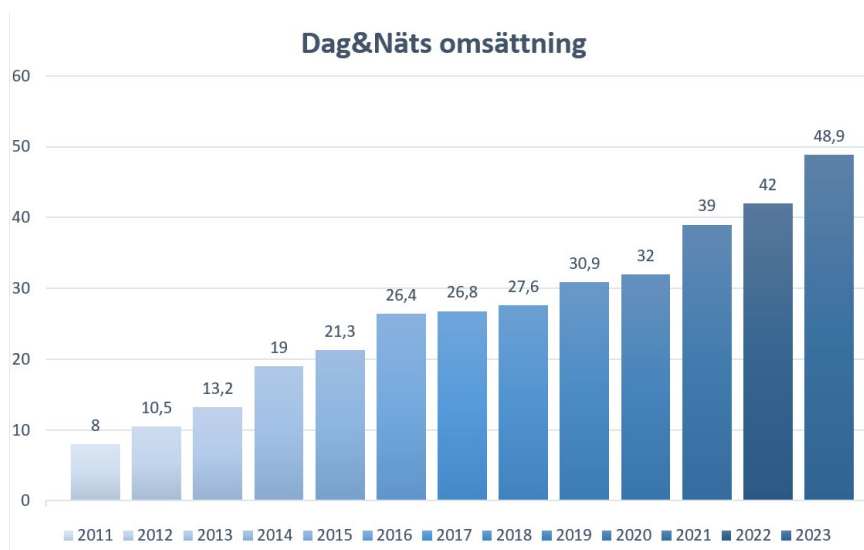
1.6 Dag&Näts ekonomi

Verksamhetsåret 2023 omsatte Dag&Nät nästan 49 miljoner kronor i sina forsknings- och utvecklingsprojekt. Här har Svenskt Vatten Utveckling direkt bidragit med 2,5 miljoner och partnerkommunerna sammantaget ytterligare drygt 2 miljoner kronor (utan in-kind). Viktigaste finansiärer av projekt som ingår i Dag&Näts paraply var bl.a. Formas, Vinnova och Naturvårdsverket. Dag&Nät har sålunda kunnat fortsätta utöka sin verksamhet, växla upp SVU forskningsstödet 20 gånger i rena forskningsmedel och öka omsättningen med 16 procent jämfört med året innan.

Dag&Nät har under året fortsatt att söka forskningsmedel hos externa finansiärer och inlämnat nya ansökningar för projekt baserade på medlemmarnas behov. Utfallet från ansökningarna har varit mycket gott och resulterat i beviljandet av medel för 19 nya projekt från främst Formas och Naturvårdsverket (för detaljer se pkt 2.4.1).

Utöver rena forskningsmedel tillfördes cirka 2,4 mkr till verksamheten för utbildning inom VA-området, i form av VA-kurser och branschriktade examensarbeten.

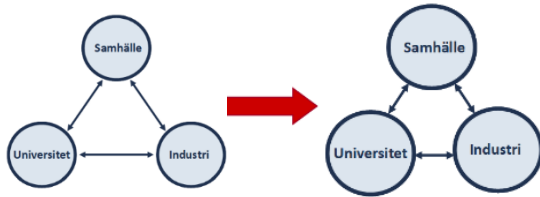
Vidare hade Dag&Nät tillgång till resurser motsvarande 3,2 miljoner kronor i form av fem externt finansierade industri- och kommundoktorander.



Figur 5: Dag&Näts omsättning (i miljoner kronor) 2011-2023

2 Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete

Dag&Nät arbetar efter Triple helix-konceptet som bygger på nära samverkan mellan samhälle, näringsliv och universitet. Konceptet bidrar till en mer livfull, innovativ och vetenskaplig process, se figur 6.



Figur 6: Dag&Näts samverkansarbete

Dag&Nät bygger på och är beroende av ett stort engagemang hos medverkande aktörer. Allt syftande till långsiktigt samarbete, för att tillsammans möta och bemästra framtida utmaningar inom VA-området.

“Genom samverkan och utveckling initierad av Dag&Nät medverkar vi på sikt till en **intressantare och attraktivare bransch** - därmed också lättare att rekrytera framtida kollegor till.”

Våra vägledande principer är:

- Relevans – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska ligga i linje med Svenskt Vattens prioriteringar och substantiellt bidra till utvecklingen av ett uthålligt dagvatten- och ledningssystem
- Originalitet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska medföra tydliga framsteg genom att fylla identifierade teoretiska eller praktiska kunskapsluckor
- Kvalitet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska vara av hög internationell standard
- Delaktighet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska aktivt uppmuntra växelverkan och utbytet mellan olika aktörer

och discipliner, mellan forskning och tillämpning samt överbrygga geografiska skillnader

- Öppenhet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska föras framåt i en anda av öppenhet, för att överskrida traditionella gränslinjer och bidra till en kultur som möjliggör effektivt samarbete.

Nära samverkan med behovsägare

FoU-arbetet inom Dag&Nät har sin utgångspunkt i de behov som VA-branschen uttrycker. Detta klarläggs genom möten med behovsägare/kommuner samt i det som framkommer i/ genom fältorienterade samverkansprojekt.

Möten med medlemskommuner

Dag&Nät håller regelbundna träffar med sina medlemsorganisationer. Målet är att träffa varje organisation vartannat år för att diskutera aktuellt i kommunen pågående projekt och läge för gemensamma forskningsprojekt, resultat från projekten samt aktuella utmaningar för kommunen som inspel till fortsatt utveckling. Upplägget kan dock variera beroende på respektive kommuns behov.

2023 anordnades medlemsmöten med Boden, Lumire, Vakin och Skellefteå, samt ett uppstartsmöte med nya medlemmen Tekniska verken i Linköping.

Projektmöten

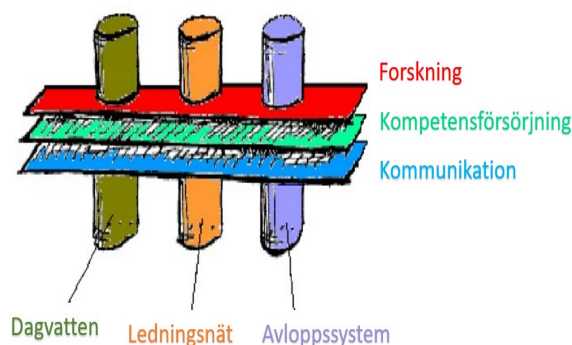
Utöver möten med medlemskommunerna har separata projektmöten avhållits, både gällande pågående FoU-projekt samt som uppstartsmöten inför projektstart och operativa val.

Möten med intressentkommuner

Dag&Nät är öppen för nya medlemmar och ser positivt på vidare utveckling av medlemsantalet och verksamheten. Flera VA-organisationer har under 2023 visat intresse och ett flertal informationsmöten har hållits. Dialoger om medlemskap pågår.

Dag&Näts verksamhetsstruktur

För att säkerställa målsättningarna, öka utbytet av erfarenhet, kompetens och kunskap samt förbättra samspelet mellan praktisknära frågeställningar, utveckling, forskning och utbildning är Dag&Näts verksamhet sedan start strukturerad i tre ansvarsområden; forskning, kompetensförsörjning och kommunikation. Dessa tre områden illustreras som horisontella plan i figur 7.



Figur 7. Dag&Näts verksamhetsstruktur – med tre horisontella ansvarsområdena korsande tre teman

Verksamheten bedrivs med utgångspunkten att Dag&Näts olika aktiviteter ska integreras så långt det är möjligt, dvs. att forskning, kompetensförsörjning och kunskapsförmedling är starkt sammanflätade.

Uthållig hantering av dagvatten, ledningsnät och små avloppssystem innefattar allt från vattnets kvantitet och kvalitet, transport/behandling, klimatanpassning och cirkularitet ända fram till vem som i varje del har ansvaret för vattenhanteringen. För att säkerställa helhetssyn i frågan samt för att garantera integrationen av de olika delarna har tre teman identifierats:

- DAGVATTEN från regn till recipient
- Funktion och förnyelse av LEDNINGSNÄT
- Resurseffektiva små AVLOPPSSYSTEM

Dessa teman utgör en viktig utgångspunkt för Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete. De kommer även att vara grund för utvecklingen av leveranserna gentemot det övergripande syftet – uthållig hantering av dagvatten, ledningsnät och resurseffektiva små avloppssystem.

Specifika frågeställningar adresseras inom dessa teman. Vissa frågeställningars bäring på fler än ett tema medför att koordinering och kommunikation mellan temagrupperna är mycket viktig.

2.1 Tema DAGVATTEN från regn till recipient



Temat leds gemensamt av Heléne Österlund, biträdande professor, och Godecke Blecken, professor, VA-teknik, LTU.

Dagvattenhantering, dvs. ytlig avrinning från vägar och gator, har länge varit en fråga om att på effektivaste sätt avleda nederbördsvattnen till närmaste recipient (vattendrag), i huvudsak via ledningssystem. Ingen eller endast liten hänsyn har tagits till vattnets kvalitet och recipientpåverkan. Inte heller fördröjning för att minska översvämningsrisker har beaktats tillräckligt. Idag implementeras i stället ofta fördröjning och/eller trög avledning i öppna anläggningar, vid behov i kombination med olika dagvattenreningsanläggningar, samt ytliga skyfallsvägar för Extremsituationer. Dessa system ska klara de utmaningar som finns på grund av ökad urbanisering, ökade miljökrav och klimatförändringar. Dessutom läggs också mer fokus på åtgärder i avrinningsområdet, t.ex. källor till dagvattenföroreningar i samhället.

Om utvecklingen fortsätter i dagens riktning kommer framtidens system bestå av många olika komponenter, såsom ledningar, dammar, diken, infiltrationsytor, biofilter, gröna tak m.m., som tillsammans ska tillhandahålla en hållbar dagvattenhantering både ur kvantitets- och kvalitetsperspektiv samt för både små och stora regn- och snösmältningshändelser.

Dagvattenkvalitet: Inom temat Dagvatten studeras källor till dagvattenföroreningar (t.ex. byggmaterial) i mer detalj, vilket kan kopplas till uppströmsarbete för att erhålla ett renare dagvatten. Under senare år har dagvatten pekats ut som en av de troligen största transportvägarna av mikroplast/-skräp från den urbana miljön vidare ut till den akvatiska miljön. Här pågår arbete inom Dag&Nät med

karaktisering och spårning av mikroplast. Inom detta område genomförs detaljerade studier avseende dagvattnets, samt dess sediments, kvalitet och toxicitet samt hur dagvattenutsläpp påverkar recipienters vattenkvalitet.

Dagvattenrening: Reningspotential och processer undersöks för bl.a. dagvattenbiofilter/växtbäddar, dammar och andra sedimentationsanläggningar, våtmarker, prefabricerade kompakta reningsanläggningar, mm. Arbetet rör både prestanda av anläggningar under olika förutsättningar samt vidareutveckling av anläggningar. Dessutom läggs stort fokus på långtidsfunktion och drift/underhåll av anläggningar.

Fördröjning och klimatanpassning: Funktion av dagvattenanläggningar och -system under olika framtida klimatscenarier undersöks. Även här testas förbättrad dimensionering av olika anläggningar för att möta framtida krav.

Snöhantering: Föroreningstransporten och –spridningen vid olika snöhanteringsstrategier studeras, t.ex. hur blå-grön infrastruktur kan användas för både dagvatten- och snöhantering.

Provtagning/övervakning: Olika metoder för provtagning och övervakning av dagvattenkvalitet och -kvantitet undersöks. I olika forskningsprojekt jämförs olika analys- och provtagningstekniker. Exempel är olika metoder för bedömning av vatten- och sedimentkvalitet samt sensorer för övervakning av dagvattenutsläpp.

Multifunktionell dagvatteninfrastruktur:

Så kallad blå-grön infrastruktur har potential att leverera olika funktioner. Denna multifunktionalitet är dock inget som händer automatiskt, utan för att uppfylla potentialen behövs en noggrann planering och en avvägning mellan olika funktioner. Även intressekonflikter mellan olika funktioner kan uppträda. Inom denna kontext genomförs projekt som ska ge bättre kunskap om hinder och möjligheter på både anläggningsnivå och systemnivå. Från en situation där dagvattensystemet bara hanteras av kommunens VA-avdelning kommer framöver flera kommunala ansvarsområden in, såsom stadsplanering samt gatu- och parkavdelning. Därmed krävs det en tydlig organisation med given ansvars- och kostnadsfördelning.

Modellering: För utvärdering av dessa alltmer komplexa system med olika komponenter och syften kommer modeller att vara ett viktigt verktyg. Därmed är det också viktigt att veta hur modeller bör användas, hur indata påverkar, hur de ska kalibreras, vilka osäkerheter som är förknippade med resultatet samt hur systemen utvärderas på bästa sätt.

Forskningen innebär mycket fält- och laboratoriearbete där dagvattenflöden och -kvalitet mäts och utvärderas. Detta kompletteras med modelleringsstudier där till stor del data från fältarbetet används. Även systemstudier för att t.ex. utvärdera kostnader och nyttor med olika tekniker genomförs. Studierna genomförs på olika nivåer och innebär processtudier i labb, studier på anläggningsnivå i fält och labb samt systemstudier i fält och modeller.

De resultat som framkommer ger nödvändig kunskap för planering och utformning av en hållbar, multifunktionell och kretsloppsanpassad dagvattenhantering, med minskad förorenings-spridning och miljöbelastning samt anpassning till framtida klimatförhållanden. I samarbete med användare/huvudmän kommer projektresultaten att användas för att

utveckla strategier för uthållig hantering av dagvatten.

Under 2023 har forskningen fokuserats på mikroplast i dagvatten och dagvattenssediment, förekomst av föroreningar i urban snö och hur dessa har förändrats över tid samt förekomst av näringsämnen i dagvatten, utvärdering av dagvattenanläggningar såsom biofilter och EcoVault med avseende på tungmetaller och organiska mikroföroreningar, analys och utvärdering av PFAS i olika delar av dagvattensystemet såsom dagvatten, sediment & biofilterssubstrat samt recipientvatten, undersökningar av exteriöra byggnadsmaterial såsom förekomst av biocider och toxicitetstester på avrinningen, ledningsmaterialens påverkan på dagvattenkvaliteten samt utvärdering av olika tillvägagångssätt för förvaring av dagvattenprover. Därtill har påverkan på fördröjning av dagvattenflöden vid implementering av centraliserade vs decentraliserade anläggningar undersökts.

Se pkt 2.4.1, tabell 2 för fullständig lista över projekt.

2.1.1 Fokusområde Dagvattenkvalitet

2.1.1.1 Dagvattnets väg till recipient: förorenings ursprung och koncentration



Suna Ekin Kali, doktorand
Handledare: Godecke Blecken, prof.
Biträdande handledare:
Maria Viklander, prof.

Det är avgörande att veta hur föroreningarna i dagvatten transporteras till mottagande vattendrag eller vattenförekomst; för att implementera nödvändiga mätningar, åstadkomma tillräcklig behandling och uppfylla gällande krav på recipienters miljökvalitet.

Sunas arbete omfattar provtagning av urbana vattenförekomster i tre svenska städer: Uppsala, Norrköping och Söderköping. Hennes forskning syftar till ökad förståelse gällande förekomst av föroreningar i dessa vattendrag, förändrade föroreningshalter längs vattendragen (från landsbygd till tätbefolkade områden) samt att söka belysa möjliga påverkan från dagvattenavrinning på recipienters vattenkvalitet. Analyserna omfattar ett brett spektrum av substanser såsom organiska föreningar, PFAS, PAH, ftalater, tennorganiska föreningar, alkylfenoler, mikroplaster, metaller och näringsämnen, samt grundläggande parametrar som pH, konduktivitet, turbiditet och suspenderade fasta ämnen.

Aktiviteter 2023

- Provtagningsserier slutfördes framgångsrikt i tre städer.
- Totalt 32 provtagningar genomfördes, proven analyserades mellan juni 2022 och oktober 2023, i samarbete med WRS AB (Uppsala) och Tyréns AB (Norrköping).
- Förutom vattenprover insamlades även sedimentprover och analyserades med samma parameteromfång.

- De preliminära resultaten för Uppsala stad presenterades vid Novatech konferensen den 3-7 juli 2023 i Lyon, Frankrike.
- Preliminär dataanalys av PFAS-föroreningar från alla städer har slutförts och lämnats in som ett konferensbidrag till internationella dagvattenkonferensen ICUD 2024.



Bild 1. Användning av Ekmanprovtagare för sedimentinsamling vid provtagning i Fyrisån, Uppsala (september 2023).



Bild 2. Bearbetning av sedimentprover som samlats in från Storån, Söderköping, inför analys (september 2023).

Viktigaste resultat:

Halterna av tungmetaller, näringsämnen, organiska föreningar och mikroplaster ökar i vattendragen under påverkan av utsläpp i vått väder.

Mätta substanser i vattendragen uppvisar större variabilitet under tider med tillflöde av dagvatten.

Uppmätta PFAS-koncentrationer i Norrköping och Uppsala, under både torra och våta väderförhållanden, är speciellt oroande ställt mot gällande miljökvalitetsnormer.

Förekomsten av PFAS i alla vattendrag indikerar ett behov att utveckla robusta strategier för att minimera potentiellt negativ påverkan på vattenkvaliteten.

Gällande vissa ämnen var dagvattnets recipientpåverkan vid vått väder positiv; exempelvis var koncentrationerna av tennorganiska föreningar lägre i prover som insamlats under våta väderhändelser. Detta kan tolkas som en följd av utspädning i recipienten vid tillförsel av dagvatten, dvs. att dagvattnet innehåller lägre koncentrationer än recipienten uppströms.

Föroreningar associerade med mänskliga aktiviteter uppvisar högre variabilitet med höjda medel- och maxvärden i provtagningspunkter nära urbaniserade områden.

Resultaten från sedimentprovtagningen kommer att analyseras i kommande skede.

Publikationer

Kali, S. E., Österlund, H., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2023). *Occurrence and Concentration of Pollutants from Stormwater Runoff in Receiving Water: A Case Study Fyrisån River*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.1.2 Föroreningar i dagvatten – storleksfördelning och kemiska faser



Sarah Lindfors, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Heléne Österlund, bitr. professor
Lian Lundy, gästprofessor

Föroreningar och deras förmåga att transporteras i dagvatten samt toxicitet och biotillgänglighet har ett direkt samband med kemiskt fastillstånd och partikelstorlek.

Sarahs forskning syftar bland annat till att öka kunskapen om metaller i de minsta storleksfraktionerna och förekomsten av olika plastpolymerer och mikroplasts storleksfördelning i dagvatten. Sarah tittar även på förekomsten av näringsämnen i dagvatten från olika urban ytor, såsom parkering och industriområde, för att kartlägga näringsämnen i dagvatten ur ett svenskt perspektiv.

Aktiviteter 2023

- Data om kväve och fosfor i dagvatten från olika urbana ytor runt om i Sverige har börjat samlats in och bearbetas för att undersöka förekomsten av näringsämnen i dagvatten utifrån ett svenskt perspektiv.

2.1.1.3 Källor till och sänkor för mikroplast i dagvatten



Lisa Öborn, kommundoktorand,
Miljöförvaltningen, Stockholms stad
Handledare: Heléne Österlund, bitr.
professor
Biträdande handledare: Maria
Viklander, professor

Mikroplaster är små plastpartiklar (<5 mm) som finns överallt i miljön. De härstammar från nedbrytning av större plastprodukter exempelvis skräp eller kommer från utsläpp av mikroplastprodukter. Dessa partiklar sprids sedan till vatten, mark och luft. Dagvatten har identifierats som en av transportvägarna för mikroplast från städer ut till sjöar och vattendrag.

Det finns ett flertal aspekter att beakta gällande mikroplaster som sprids via dagvatten. Exempelvis kan andra föroreningar adsorberas till mikroplasten och via dagvattnet transporteras till recipienterna. Plasten i sig kan också innehålla oönskade ämnen, samt att de små plastpartiklarna är en förorening i sig.

Aktiviteter 2023

- Utvärdering och sammanställning av data från analyserna av mikroplaster i dagvattenbrunnar och -dammars sediment; resultat kommer att publiceras i två vetenskapliga publikationer.
- Presentation av viktiga resultat från pågående forskningsarbete om mikroplaster i dagvattenbrunnar på DRIZZLEs partstämman i augusti.

Preliminära resultat

Analys av innehåll av mikroplast i sediment från sedimentationsanläggningar i olika storlekar, dagvattenbrunnar med sandfång och dammar, visar att mikroplast samlas i dessa. Detta innebär att de inte sprids vidare nedströms med dagvattnet. Polypropylen (PP)

var den vanligaste polymertyp i sedimenten och samtidigt den typen som är mest benägen att brytas ner på grund av UV-exponering.

Dagvattenbrunnar förekommer i stor utsträckning (ca 40 000 i Stockholm), och stora mängder sediment inklusive mikroplaster ansamlas i dessa. En plan för underhåll av dagvattenanläggningar inklusive dagvattenbrunnar är viktig för att säkerställa en korrekt hantering av sediment och minimera risken för ytterligare mikroplastförorening i miljön.

2.1.2 Fokusområde Dagvattenrening

2.1.2.1 Metaller i urbana dagvattenssediment samt grön infrastrukturens jordskikt



Snežana Gavrić, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor
Jiri Marsalek, prof. em.

Den pågående vitt spridda urbaniseringen medför större områden med hårdgjorda ytor, föroreningskällor och antropogena utsläpp. Dräneringssystem för dagvatten innefattar ofta processkomponenter som reducerar vattenvolym och förbättrar vattnets kvalitet före transport till recipient. Här finns också traditionell teknik i form av ledningar och brunnar. Med tiden ansamlas partiklar med tillhörande föroreningar – regelbundet underhåll krävs för att säkerställa såväl funktionalitet som övergripande skydd av miljö.

Syftet med Snežanas forskning är att öka kunskapen om förekomst av metalliska föroreningar i dagvattendräneringssystemets komponenter. Studerade delar omfattar svackdiken som används för avledning av dagvatten och lagring av röjd snö från intilliggande trafikerade områden vintertid, samt dagvattendammar och rännstensbrunnar. Snežanas arbete omfattar även en kritisk litteraturstudie över kunskapsläget gällande svackdikens inbyggda processer vad gäller dagvattenkvalitet.

Aktiviteter 2023

- Publikation av en studie om metallkoncentrationer i rännstensbrunnar, gällande mängder och speciering.
- Presentation och disputation av doktorsavhandlingen den 14 december.

Viktigaste resultat

De högsta koncentrationerna av Cu och Zn uppmättes i sediment från dammar, med 319 respektive 1380 mg/kg TS. Den högsta koncentrationen av Pb (188 mg/kg TS) uppmättes från ett svackdike, driftsatt i 57 år samt beläget intill en väg med en trafikintensitet på 11 650 fordon / dygn.

Resultaten tyder på att både dagvattenavrinning och snö som lagrats i dikena transporterade metaller från trafik. Andra källor till metaller var naturliga jordar samt sand och grus som används vid vinterväghållning.

Den stora variationen i den ackumulerade torra massan av fasta ämnen i 26 rännstensbrunnar (2–91 kg) ifrågasätter den nuvarande praxisen att tömma alla rännstensbrunnar med samma regelbundna intervall.

Komponenterna i dagvattendräneringssystem är ett länkat system för transport av



Bild 3: (a) Svackdiken som användes för avledning av dagvatten och lagring av snö, (b) svackdike i Luleå, efter snösmältning mid-april, (c) grus i dikets utloppsbrunn.

förorenade sediment – mellan källa och recipient. Som sådana öppnar de för kontroll av vidareföring nedströms.

Publikationer

Gavrić, S. (2023). *Trace metals in swale soils and sediments from gully pots and storm-water management ponds*. Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

Gavrić, S., Flanagan, K., Wei, H., Österlund, H., Lundy, L., & Viklander, M. (2023). *Accumulation and contamination of gully pot sediments from varied land-use types: metal loads, concentrations and speciation*. Environmental Science and Pollution Research, 30, 109825-109840.

Tedoldi, D., Flanagan, K., Gavrić, S., Blecken, G.-T., Couvidat, J., Gautier, M., Österlund, H., Viklander, M. & Chatain, V. (2023). *Geochemical signature of urban stormwater sediments: a France/Sweden comparison*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.2.2 Dagvattenbiofilter: Faktorer som kan påverka funktionalitet



Katharina Lange, postdoktor

Biofilter för dagvattenrening är en teknik som implementeras alltmer i Sverige. Den bärande tanken är att efterlikna reningsprocesser som finns i naturlig jord. Tekniken bedöms i det sammanhanget som ekonomiskt slagkraftiga, utrymmesbesparande och kunna generera estetiskt tilltalande reningsanläggningar för dagvatten. I dagsläget kvarstår dock en hel del oklarheter kring reningsprocesserna i biofilter. Alltför lite dataunderlag finns exempelvis beträffande rening av lösta metaller och mikroplaster.

Aktiviteter 2023

- Publikation av en artikel om mikroplasthalter i filtermaterial från olika dagvattenbiofilter (växtbäddar) i tidskriften *Chemosphere*.
- Publikation av litteraturstudien som sammanfattar kunskapsläget om mikroplast och dagvatten, med ett bidrag av Katharina, i tidskriften *Science of the Total Environment*.

Viktigaste resultat

Data från provtagning av 7 till 12 år gammalt filtermaterial från olika dagvattenbiofilter (växtbäddar) visar att mikroplastkoncentrationerna är som högst i översta filterlagret. De polymerer som hittats oftast var PP, EVA, PS och EPDM gummi. En stor andel av plastpartiklarna var svarta. Detta understryker vikten av att inkludera analys av svarta partiklar vilket inte alltid görs.

Publikationer

Lange, K., Furén, R., Österlund, H., Winston, R., Tirpak, R., Nordqvist, K., et.al. (2023). *Abundance, distribution, and composition of*

microplastics in the filter media of nine aged stormwater bioretention systems. Chemosphere, Vol. 320

Österlund, H., Blecken, G., Lange, K., Marsalek, J., Gopinath, K. & Viklander, M. (2023). *Microplastics in urban catchments: Review of sources, pathways, and entry into stormwater*. Science of the Total Environment, Vol. 858

2.1.2.3 Biofilters långtidsfunktion under kalla förhållanden



Robert Furén, industridoktorand
Handledare: Godecke Blecken, prof.
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor
Marie Kruså, NCC

I våra moderna städer och urbana miljöer samlas och blandas föroreningar med avrinnande nederbörd. Med hårdgjorda ytor och snabb avvattningsleder leder detta till stora utmaningar för lokal vattenmiljö och recipienter, avseende hantering av såväl flöden som dagvattenkvalitet. Biofilter är i detta sammanhang en vanligt förekommande teknik för behandling av dagvatten med ökande popularitet i Sverige liksom internationellt.

Biofilters utformning och val av filtermaterial har stor effekt på biofilters rening och funktion. Studier av filtermaterialets reningsförmåga över tid samt ackumulation av föroreningar i filtermaterial och i försedimentering i kallt klimat är en central del i projektet.

Aktiviteter 2023

- Dagvattenprovtagning av en testanläggning, bestående av fyra biofilter i Stockholm, har pågått kontinuerligt under 2023. Provernas innehåll av metaller och näringsämnen har bestämts via analys.



Bild 4. Provtagning av dagvatten från biofilter.

- Resultat från tidigare provtagning och analys av filtermaterial och sediment från

biofilteranläggningar har publicerats och presenterats vid olika tillfällen.

- Två tillkommande artiklar har omarbetats för publicering 2024. Artiklarna är baserade på tidigare provtagning av sediment och filtermaterial och utvärderar effekter av försedimentering på biofilter samt inverkan av kloridhalt på rening av metaller.
- Studien har presenterats inom DRIZZLE samt för SBUF:s medlemsorganisationer.

Viktigaste resultat

Resultaten från provtagning av filtermaterial och sediment från försedimenteringssteg uppvisar stora variationer i förekomst, halt och fördelning av sex metaller vanligt förekommande i dagvatten (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb och Zn) samt fyra grupper av organiska föroreningar (alkylfenoler, PAH:er, PCB och ftalater). Vidare pekar metallresultaten på risk för läckage från filtermaterial över tid, samt att de organiska föroreningarna förekommer i mycket höga halter i ytlager och försedimenteringssteget. Försedimenteringsenheter i sig tillsammans med kontinuerligt verkandes drift och underhåll av anläggningar kan förbättra biofilters långtidsfunktion.

Sammantaget framkommer här en klarare bild av några av de risker som ”byggs in” i ett reningsfilter över tid inklusive ökad förståelse för hur olika ämnen binds till och förflyttas i olika filtermaterial. Därigenom bidrar resultaten till förbättrad kunskapsbas för design av biofilter samt mer träffsäker bedömning av hur sediment och filtermaterial skall hanteras vid drift och underhåll likaså i samband med framtida utbyte av filtermaterial.

Publikationer

Furén, R., Österlund, H., Winston, R., Tirpak, A., Dorsey, J., Smith, J., Viklander, M. & Blecken, G.-T. (2023). *Concentration, distribution, and fractionation of metals in the filter material of 29 bioretention facilities: a field study*. Environmental Science, Vol. 9, nr 12, s. 3158-3173

2.1.2.4 Biofilters prestanda vid rening, ackumulation och dynamik av organiska mikroföroreningar



Ali Beryani, doktorand

Handledare:

Godecke Blecken, professor

Biträdande handledare:

Maria Viklander, professor

Biofilter är en yteffektiv dagvattenreningsteknik som via infiltration genom sandbaserade filtermaterial förbättrar vattnets kvalitet. Ett flertal labbstudier har påvisat att biofilter effektivt minskar föroreningar i dagvatten. Betydligt färre fullskaliga driftsatta anläggningar har undersökts, speciellt gäller detta i Skandinavien med områdets specifika klimatförhållande och omgivande miljö.

Det övergripande syfte med denna studie är att utvärdera ett antal biofilter med avseende på driftprestanda och behandlingseffektivitet vad gäller reduktion av organiska mikroföroreningar - under olika förhållanden, varierande design och hydraulisk belastning.

Aktiviteter 2023

- Licentiatseminarium den 2 juni där resultat från en omfattande undersökning av ett fullskaligt förbehandlings- och biofiltersteg i Sundsvall presenterades.
- Tre vetenskapliga artiklar samt ett konferensbidrag sammanställdes och publicerades, baserat på resultaten från Sundsvall.
- Fortsättning av två fältbaserade projekt i Växjö samt Ohio, USA. I Ohio studerades för första gången förekomst samt ackumulation av PFAS i 20 biofilter. I Växjö undersöktes övergripande prestanda för en serie biofilter gällande rening av spårmetaller samt organiska mikroföroreningar i urbant dagvatten, under två år.
- Medverkan i författande av en teknisk rapport om svenska biofilteranläggningars behandlingsförmåga, på uppdrag av Svenskt Vatten.



Bild 5. Biofilter för dagvattenbehandling i Sundsvall (övre bild) samt Växjö (nedre bild), efter ett nederbördstillfälle.

Viktigaste resultat

Arbetet visar att ett stort antal farliga organiska mikroföroreningar förekommer i urbant dagvatten: polyaromatiska kolväten (PAH) samt petroleumkolväten, bisfenol A, alkylfenoler, ftalater, PFAS. Många av dessa ämnen kunde borttas samt ackumuleras i en biofilteranläggning (försedimentering och biofilter).

Emellertid styr organiska mikroföroreningars egenskaper och anläggningens utformning i hög grad behandlingseffektivitet. Exempelvis kunde mer hydrofoba föroreningar, såsom PAH, petroleumkolväten och långkedjiga PFAS, i högre grad renas i basala sandbiofilter än mer mobila ämnen såsom bisfenol A, alkylfenoler samt kortkedjiga PFAS. Biofilter med tilläggssteg såsom vegetation, kompostskikt och biokol förbättrade reningen av alla mikroföroreningar som studerades. Här utfört arbete pekar också mot att ett försedimenteringssteg i ett biofilter kan fungera dåligt när det gäller reduktion av organiska mikro-

föroreningar. God reningsfunktion i detta steg synes kräva god design där hänsyn tas till avrinningsområdets yta och/eller regelbundet underhåll.

Publikationer

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Datasets of a stormwater treatment train facility consisting of a gross pollutant trap and biofilters/sand filter in Sundsvall, Sweden*. Svensk nationell data-tjänst (SND)

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Managing environmental risk of organic micropollutants (OMPs) in highway stormwater: Role of gross pollutant trap-biofilter treatment train*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Occurrence and concentrations of organic micropollutants (OMPs) in highway stormwater: a comparative field study in Sweden*. Environmental Science and Pollution Research, s. 77299-77317

Beryani, A. (2023). *Organic micropollutants in highway stormwater and the role of a gross pollutant trap-biofilter stormwater treatment train*. Licentiatuppsats, Luleå tekniska universitet

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Performance of a gross pollutant trap-biofilter and sand filter treatment train for the removal of organic micropollutants from highway stormwater (Field study)*. Science of the Total Environment, Vol. 900

2.1.2.5 *Dagvattenbehandling med membran-teknik: massbalans och vattenåter-vinning*



Saida Kaykhaii, doktorand
Handledare:
Inga Herrmann, bitr. professor
Biträdande handledare:
Annelie Hedström, professor

Dagvattenhantering är en viktig komponent i urban infrastruktur, som syftar till att kontrollera och mildra de negativa miljöeffekterna av stadens avrinnande vatten till omgivande ekosystem. Pågående urbaniseringen har väsentligt förändrat naturliga landskap, vilket lett till en minskning av permeabla ytskikt och förändrad hydrologisk funktion. Föroreningsnivåerna i dagvatten uppvisar stor variabilitet regnhändelser emellan och även under förloppet av en enda regnhändelse. Dagvattenavrinning bär ofta med sig föroreningar som metaller, näringsämnen, patogener, organiska föroreningar samt suspenderade ämnen – med potential att försämra vattenkvaliteten och negativt påverka ekosystem och vattenlevande organismer.

Uppenbarligen finns en stor risk att dessa föroreningar släpps ut i miljön under regnhändelser. Därför är det viktigt att ta itu med de utmaningar som dagvattnets komplexa natur innebär och finna lösningar för att reducera de negativa miljöeffekterna. Dessutom kan höggradigt membranbehandlat dagvatten övergå till att betraktas och nyttjas som en vattenresurs, särskilt i områden med tillfällig eller permanent vattenbrist.

Aktiviteter 2023

- Presentation av licentiatuppsats vid seminarium i februari
- Experiment på laboratorienivå för dagvattenbehandling med membran-teknik, (i) för att bedöma kvaliteten på backspolningsvatten, (ii) för att få en överblick över metoder för hantering av backspolningsvatten

samt (iii) framta en massbalans för transport av dagvattenföroreningar genom membranet (juni-augusti).



Bild 6. Membranenheten som använts för dagvattenförsök i labbskala.

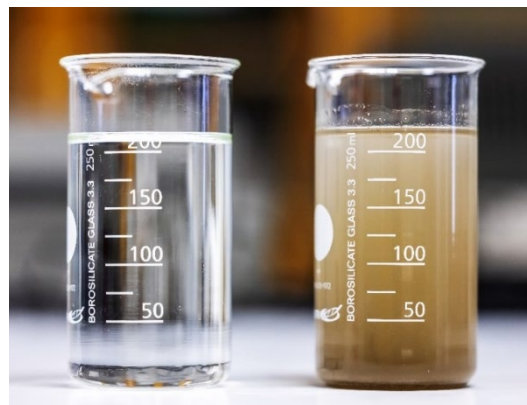


Bild 7. Dagvatten/permeat efter behandling med membran-teknik (t.v.) respektive orenat dagvatten (t.h.)

- Presentation av data från experiment gällande karakterisering av backspolningsvatten, insamlat i samband med regelbunden rengöring av ett membran använt för dagvattenbehandling. Här betonades behovet av backspolningsvattenhantering, om membran ska användas för dagvattenrening. Novatech konferensen, Lyon, Frankrike (3-7 juli).

- Jämförande av kvalitet på membranbehandlat dagvatten med Livsmedelsverkets regelverk (augusti)

Preliminära resultat

Backspolningsvattnets kvalitet vid membranrening är beroende av dagvattenkvaliteten. Ett smutsigare dagvatten resulterar i mer förorenat backspolningsvatten.

Membranbehandlat dagvatten uppnår dricksvattenkvalitet enligt Livsmedelsverkets regelverk för dricksvatten.

Det finns inga tydliga regler som styr vidare hantering av backspolningsvatten.

Publikationer

Kaykhaii, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Heidfors, I., Viklander, M. (2023). *Enhancing stormwater treatment through ultrafiltration: Impact of cleaning chemicals and backwash duration on membrane efficiency*. Water Reuse, 13 (4): 634-646.

Kaykhaii, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., & Viklander, M. (2023). *Stormwater treatment using an ultrafiltration membrane and pulsatile fluid flow*. Urban Water Journal.

Kaykhaii, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., & Viklander, M. (2023). *Stormwater treatment with ultrafiltration: Characterisation of backwash water*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

Kaykhaii, S. (2023). *Urban Stormwater Treatment with Ultrafiltration and Pulsatile Fluid Flow*. Licentiatuppsats. Luleå tekniska universitet.

2.1.2.6 Yteffektiv dagvattenrening



Ivan Milovanovic, doktorand

Handledare:

Annelie Hedström, professor

Biträdande handledare:

Godecke Blecken, professor

Den pågående urbaniseringen leder generellt till minskade naturtytor och ökad andel hårdgjord yta. Resultatet är urban avrinnande dagvatten innehåller varierande typer och halter av föroreningar, beroende på dränförlopp och bebyggelsestyp. Dagvatten kan sålunda både ur kvantitets- och kvalitetssynvinkel utgöra ett potentiellt hot gentemot omgivande recipienter, något som behöver hanteras eller förebyggas.

På grund av den långvariga och pågående samhällsförtätningen samt klimatdrivna nederbördsförändringar ökar behovet av yteffektiva behandlingsanläggningar för dagvatten.

Aktiviteter 2023

- Med fokus på att klarlägga reningsgrad slutfördes provtagning två under markytan förlagda EcoVault anläggningar. Fördelen med denna anläggningstyp är det ringa ytbehovet. Varje reningsenhet kräver endast 25 m² yta. En enhet omfattar två sedimentationskammare samt en filterkasett med zeolit som filtermaterial. Prover togs från inloppsröret, efter sedimentationssteget och i utloppsröret. Här undersöktes reduktion av TSS, metaller, näringsämnen samt organiska föroreningar.
- Preliminära resultat presenterades vid internationella dagvattenkonferensen Novatech i Lyon.

Viktiga resultat

Preliminära resultat indikerar att EcoVault här reducerar TSS-halten i dagvatten mellan -15 och 83%, med ett genomsnitt på 48%.

Totalhalten metaller reducerades mätbart, men på lägre nivå. Totalhalt Cu reducerades med 24%, totalhalt Zn med 16%.

Ingen reduktion av lösta metaller uppmättes, trolig orsak är filtrets igensättning trots föregående sedimenteringssteg.



Bild 8. Utloppssektion av EcoVault anläggningen under ett regn.

Publikationer

Milovanovic, I., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Müller, A. & Viklander, M. (2023). *Synthetic stormwater for laboratory testing of filter materials*. Environmental technology, vol. 44, no 11, s. 1600-1612.

Milovanovic, I., Hedström, A., Viklander, M., Kullberg, A.M. & Blecken, G. (2023). *Re-design of stormwater sewer network by introducing an end-of-pipe underground stormwater treatment system*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.2.7 Sediment i dagvattenbrunnar: transport, egenskaper och framtida hantering



Haoyu Wei, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Lian Lundy, gästprofessor

Dagvattenbrunnar används frekvent i urbana sammanhang, både för att hindra suspenderade sediment att transporteras vidare ut i ledningsnätet och minska påverkan av diffus förorening till recipienter. Därigenom kan de bidra till uppnående av EU:s ramvattendirektiv och hållbarhetsmål.

Det mycket stora antalet dagvattenbrunnar men även andra faktorer bidrar till att underhållsnivån för denna teknikkomponent generellt är otillfredsställande (t.ex. på grund av underbudgetering, delat driftansvar mellan gatuhållare och VA-verksamhet, samt ringa förståelse för potentiella konsekvenser). Detta forskningsområde har som mål att framta faktabaserat underlag för en optimerad underhållsstrategi.

Aktiviteter 2023

- Presentation av resultat från en studie med fokus på att utvärdera påverkan av varierande trafikförhållanden och säsongsaktiviteter på ackumulering av sediment i dagvattenbrunnar på Novatech 2023.
- Publikation av tre artiklar om inverkan av antropogena aktiviteter och faktorer kontra fysikalisk-kemiska egenskaperna och ackumulering av sediment i dagvattenbrunnar utvärderades.
- Arbete med en artikel som undersöker inverkan av trafikförhållanden och säsongsbetonade vägaktiviteter på utfallande föroreningsnivå samt ackumulering av sediment i dagvattenbrunnar; artikeln är planerad att skickas för publikation i Environmental Pollution.

- Bidrag till en artikel om en nyutvecklad metodik för att beräkna sedimentdjup i avloppssystem baserat på analys av det dagliga temperaturmönstret och ett värme-pulssystem; artikeln är framteagen i samarbete med University of A Coruña, Delft University, INSA Lyon och Eawag, och inskickad till Environmental Science: Water Research & Technology.
- Färdigställande av doktorsavhandling för planerad disputation 14 mars 2024.
- Författande av ett konferensbidrag till ICUD 2024 vari beskrivs påverkan från markslag på innehåll i och ackumuleringen av sediment i 80 dagvattenbrunnar belägna i Stockholm respektive Luleå.



Bild 9. Haoyu Wei presenterar sin forskning.

Viktigaste resultat

Betydande variation i fysikalisk-kemiska egenskaper och ackumuleringshastighet för sediment i dagvattenbrunnar ifrågasätter effektiviteten i det idag rådande: allmänt tillämpade underhållsintervall för brunnarna över hela stadens avrinningsområde.

Vinterbundna trafiksäkerhetsåtgärder och trafikaktiviteter påverkar synergistiskt partikelstorleksfördelning och uppbyggnadshastighet för fasta partiklar i dagvattenbrunnar.

Säsongsbetonade aktiviteter och processer i urbana avrinningsområden leder till betydande förändring i grundläggande fysikalisk-kemiska egenskaper hos sediment i dagvattenbrunnar; inklusive pH, elektrisk

konduktivitet och TOC, och därmed potentiellt påverkande miljömässigt.

Dagvatten är en spridningsväg för PFAS på grund av förekomst i sediment från dagvattenbrunnar.

Sediment ackumulerades snabbare i dagvattenbrunnar längs trafikerade vägar jämfört med annan typ av urban markanvändning.

Publikationer

Gavrić, S., Flanagan, K., Wei, H., Österlund, H., Lundy, L., & Viklander, M. (2023). *Accumulation and contamination of gully pot sediments from varied land-use types: metal loads, concentrations and speciation*. Environmental Science and Pollution Research, 30, 109825–109840.

Wei, H., Flanagan, K., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *A study of 101 organic substances in gully pot sediments accumulated over a one-year period in Stockholm, Sweden*. Science of the Total Environment, 894.

Wei, H., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *Influence of seasonal activities and traffic conditions on the accumulation and particle size distribution of gully pot sediments*. Journal of Environmental Management, 348.

Wei, H., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *Evaluating the impacts of seasonal activities and traffic conditions on the accumulation of gully pot sediments*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.2.8 Kemisk fällning av förorenat dagvatten



Fredrik Nyström, forskarstuderande
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Annelie Hedström, prof.
Inga Herrmann, bitr. prof.

Fällningskemikalier såsom metallsalter och polymerer är ofta använda produkter inom vattenbehandling. Däremot är de ej vanlig förekommande inom dagvattensektorn. Detta trots att de huvudsakligen används för att öka sedimentationsförmågan hos partiklar, vilka står för en betydande del av dagvattnets föroreningsinnehåll. Inom detta doktoranduppdrag har ett flertal studier drivits som syftat till att undersöka behandlingseffekten vid användning av fällningskemikalier. Delstudier i projektet har t.ex. fokuserat på partikelavskiljning men även föroreningsavskiljning i olika typer av dagvatten. Vidare även hur varierande utfall påverkas av val av fällningskemikalie och doseringsnivå. En sista delstudie har även tittat på sediment från en dagvattendamm och vilka utfall som fås med användning av polymerer vid avvattning medelst geotextilfiltrering. Här undersöktes i labbskala tre polymerer berett på olika vis, och doseringsmängden, föroreningsmängden i rejektvattnet samt det avvattnade slammet såväl som olika generella mätparametrar för avvattningsbarhet.

Aktiviteter 2023

- Fortsatt artikelskrivning kring utfallet från den sista delstudien om avvattning av sediment från en dagvattendamm.
- Publikation av första artikeln från samma studie som fokuserar på polymerdosering och föroreningarna i rejektvattnet efter geotextilfiltrering.

Viktigaste resultat

Kemisk fällning fungerar prestandamässigt mycket väl som en behandlingsteknik för

förorenat dagvatten. Speciellt gäller detta partikulära föroreningar vilka utan större svårigheter kan avskiljas till mer än 90%, vilket inkluderar många av de typiska föroreningar som ofta påträffas i förorenat dagvatten. Specifikt uppnås en avskiljningseffekt för små partiklar ($<30\ \mu\text{m}$) i betydligt större omfattning än endast sedimentation förmår. Det finns även en i viss mån gynnsam effekt gällande avskiljning av lösta metaller, beroende på val av fällningskemikalie.

Den största effekten av hur polymererna bereds (dammvatten, eller kranvatten, låta polymerblandning mogna eller använda direkt) är att sämre beredningsalternativ erfordrar en betydligt högre dosering, upp till två till tre gånger, för att uppnå samma låga föroreningskoncentrationer hos rejektvattnet.



Bild 10: Avvattning av sediment från dagvattendamm och analys av rejektvattnet. Miljölaboratorium, Luleå tekniska universitet.

Publikationer

Nyström, F., Herrmann, I., Hedström, A. & Viklander, M. (2023). *Polymer-assisted hydraulic dredging for quality control of stormwater pond sediment and reject water – Influence of polymer choice and its preparation*. Journal of Water Process Engineering, vol. 51

Nyström, F., Hedström, A., Herrmann, I., & Viklander, M. (2023). *Kemisk fällning – en möjlig reningsprocess för dagvatten*. SVU-rapport 2023-5. Svenskt Vatten, Stockholm

2.1.3 Fokusområde Fördröjning och klimatanpassning

2.1.3.1 Växternas bidrag till minskat flöde från gröna tak



Joel Lönnqvist, doktorand

Handledare:

Godecke Blecken, professor

Biträdande handledare:

Maria Viklander, professor

De flesta gröna tak-studier som undersökt vegetationens bidrag till minskade dagvattenflöden har ofta fokuserat på unga tak med nyligen etablerad (ofta suckulent), bevattnad och gödslad vegetation. Ett grönt taks vegetation genomgår dock flera olika successionsstadier där både artförekomst och abundans varierar. Därför är det viktigt att uppskatta olika scenarier (välvattnade, torkutsatta, gödslade och icke gödslade) och hur detta kan påverka funktioner relaterade till växternas vattenanvändning över tid. För att utforska detta vidare har forskningsprojektet fokuserat på att utvärdera gröna taks kapacitet att behålla och fördröja dagvatten i både laboratorie- och pilotskalestudier.

Aktiviteter 2023

- Publikation av doktorsavhandlingen och disputation i september 2023
- Publikation av en artikel baserad på det kontrollerade växthusexperimentet med titel *Plant water use related to leaf traits and CSR strategies of 10 green roof species*
- Återbesök av gröna tak i norra Sverige som inventerats 2016 under hösten 2023 för att analysera hur substratets näringsinnehåll samt hur vegetationen utvecklats över tid



Bild 11. Återbesök och provtagning hösten 2023 på gröna tak som inventerats 2016.

Viktigaste resultat

Växter med större biomassa och bladarea har högre transpiration och kan bidra till att torka ut substratet mellan regn, men blir sårbara för torka.

Suckulenta fetbladsväxter tål torka bra men har negligerbar påverkan på volymminskning jämfört med bara substrat.

Under naturliga väderförhållanden är betydelsen av växtval för dagvattenretention och fördröjning mindre viktig än under kontrollerade förhållanden men betydelsen kan öka med ökad regnvolym.

Publikationer

Lönnqvist, J. (2023). *Dagvattenavrinning och växter på gröna tak - påverkan av artsammansättning, växtegenskaper och livsstrategier*. Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

Lönnqvist, J., Farrell, C., Schrieke, D., Viklander, M. & Blecken, G-T. (2023). *Plant water use related to leaf traits and CSR strategies of 10 green roof species*, Science of the Total Environment, 890.

2.1.4 Fokusområde Snöhantering

2.1.4.1 Föroreningar i urban snö: Provtagningsmetodik, påverkan av snöhantering och spridning med smältvatten



Arya Vijayan, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Jiri Marsalek, professor
Heléne Österlund, bitr. professor

Snö och smältvatten är källor till föroreningar av ytvatten som negativt kan påverka ytvattenkvalitet. De stora källorna till föroreningar av snö i stadsmiljö är trafik, atmosfärisk deposition, vägsalt, halkbekämpningsmedel samt urban nedskräpning. Föroreningar av intresse att studera i snö och under snösmältning är tungmetaller, klorider, organiska föroreningar, mikroplaster och näringsämnen.

Aktiviteter 2023

- Färdigställande av litteratursammanställning om föroreningar i snö som kompletterades med nya data på ämnen som studerats mer sällan (volfram, antimon och rodium).
- Sammanställning av analysdata från provtagningskampanjer genomförda 2021 påbörjades. Studien var en historisk uppföljning av föroreningar i snö (ett urval metaller och PAH) från 90-talet och 00-talet och ett konferensbidrag presenterades på konferensen Novatech 2023 samt skickades till vetenskaplig tidskrift.
- Disputation i december 2023

Viktigaste resultat

Litteraturstudien visade att urban snö innehåller föroreningar från många olika källor. Bland dessa föroreningar har fasta ämnen, metaller, klorider och PAH traditionellt fått mest uppmärksamhet i tidigare studier. Under senaste åren har första studier genomförts på mikroplast i urban snö och snösmältning, en

nyligen uppmärksammas förorening i dagvatten. Denna litteraturstudie understryker behovet av att basera den urbana snöhanteringen på en kvantifierad bedömning av föroreningsbelastningen av snö, föroreningarnas källor, utsläpp med smältvatten och övervägande av hanteringsalternativ för skydd av recipienten.

Publikationer

Vijayan, A., Österlund, H. & Marsalek, J. (2023). *Snow pollution over three decades in Luleå, Sweden*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

Vijayan, A. (2023). *Traffic-related pollutants in urban snow: Concentrations, size fractionation, and release with snowmelt*. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet

2.1.5 Fokusområde Provtagningsmetodik och övervakning

2.1.5.1 Källor till och transport av föroreningar i dagvatten



Mehwish Taneez, postdoktor

De material som byggts in i den urbana miljön, exempelvis byggnaders tak och fasader samt andra tekniska komponenter såsom vägräcken, lyktstolpar, bänkar osv. längs gator, kan under sin livscykel frigöra en rad föroreningar – orsakat av exempelvis nötning eller korrosion. Dessa föroreningar kan transporteras vidare av dagvatten. Även dagvattenledningar är tillverkade av ett brett urval material och de avtryck dessa lämnar på dagvattnet de transporterar återstår än idag att fullt ut karaktärisera.

Initialt fokuserar forskningsinsatsen på att utvärdera interaktion mellan ledningsmaterial och dagvatten – med vatten med olika kemisk sammansättning insamlat från typskilda avrinningsområden, samt hur sådan interaktion kan variera kopplat till ledningsålder och -material.

Ett annat forskningsspår är inriktat på provtagningsmetodik och fokuserar hur olika förvaring av dagvattenprover, såsom tid (0-32 dagar) och temperatur (rums-, kyl- och frys-), påverkar fysikalisk-kemiska parametrar.

Aktiviteter 2023

- Insamling av avrinnande ytvatten från tre avrinningsområden i Luleå: (i) smältvatten från snö från en väg i stadscentrum i mars, (ii) regn från ett industriområde i maj samt (iii) från ett bostadsområde i oktober. Provtagna från alla ytor nyttjades för att utvärdera effekt av lagring med olika förfaranden. De parametrar som studerades var

pH, elektrisk konduktivitet (EC), turbiditet, totalhalt suspenderad fast substans (TSS), partikelstorleksfördelning (PSD), kloridhalt, totalt organiskt kol (TOC), löst organiskt kol (DOC) samt metallpartitionering (fördelning mellan total, löst samt sant löst halt).

- Sammanställning av en artikel baserat på påverkan av exponering från alternativa rörledningsmaterial under experimentella förhållanden.
- Presentation av experimentens resultat på Novatech-konferensen i Lyon, Frankrike (3-7 juli 2023) samt på ett DRIZZLE lunchseminarium (18 oktober 2023).
- En översikt av nyligen framtagna faktorer som påverkar dagvattenkvaliteten, rörmaterial samt provlagring presenterades på en poster under Dag&Nät-konferensen ”Cirkulär vattenhantering – ett paradigmskifte”, 28-29 november, Luleå.
- Insändning av ett utökat abstract gällande inverkan av varierande lagringstid samt temperatur på dagvattenprovers olika kvalitetsparametrar till ICUD-konferensen, Delft, Nederländerna (9-14 juni 2024) för muntlig presentation.

Viktigaste resultat

Lagringsförsöken visade att en rad parametrar varierade (ökade och/eller minskade) i olika grad beroende på typ av lagring, temperatur och lagringstid. Exempelvis,

- turbiditet, TOC, DOC, PSD samt fördelning av metall mellan total, löst samt sant löst fraktion varierade kopplat till lagringstid och temperatur medan pH, EC, TSS samt klorid kvarstod relativt opåverkade.
- turbiditet reducerades i frysta prov enligt följande: 50% (smältande snö), 65% (industriell avrinningsyta), 86% (bostadsområde).
- DOC-halterna i frysta prov förändrades <10% upp till 16 dygns lagringstid. Beträffande TOC-halterna i prov från smält snö reducerades halterna efterhand med ökad

lagringstid oavsett temperatur, i motsats till prov från industriellt avrinningsområde och bostadsområde där förändring i TOC-halt var <10% i frysta prov upp till 32 dygn.

- PSD ändrade fysisk form till större partiklar i de frysta proven, medan ingen förändring kunde noteras i prov kylda i kylskåp.
- skillnader i metallers partitionering över tid noterades för prov som förvarades i rumstemperatur. Exempelvis reducerades halten löst Cu med 71% (smält snö från vägområde) samt 24 respektive 7% för bostadsområde samt industriområde. I kontrast kan noteras att löst Zn ökade i halt med 51% i smält snö från vägområdet och upp till 7% i både industri- och bostadsområdets prover.

Publikationer

Taneez, M., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2023). *Impacts of stormwater pipe materials and pipe repairs on stormwater quality: a review*. Environmental Science and Pollution Research, 30, 118065–118077.

Taneez, M., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2023). *An evaluation of the impact of alternative pipe materials on stormwater quality*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.6 Fokusområde Multifunktionell dagvatteninfrastruktur

2.1.6.1 Den multifunktionella ytan i kallt klimat



Emelie Hedlund Nilsson,
kommundoktorand

Handledare: Maria Viklander, prof.

Biträdande handledare:

Tone Muthanna, gästprofessor

Mentor: Ulrika Larsson, Lumire

Hantering och rening av dagvatten är en fråga som får allt större utrymme i den urbana miljön. Det kan handla om allt från skötsel och utbyggnad av befintliga ledningsnät i staden till implementering av gröna lösningar för att fördröja och till viss del rena dagvatten. Ytterligare en aspekt som tillkommer vid dagvattenhantering i städer och samhällen med subarktiskt klimat är att nederbörden under stor del av året faller som snö. I dagsläget transporteras mycket av stadens snö bort från tätbebyggda områden, läggs på tillfälliga deponier och lagras fram till smältperioden.



Bild 12. Snödeponin vid Porsöberget, Luleå. Snöåret 2018/2019 då deponin inte smälte bort på sommaren.

Många utmaningar är kopplade till denna typ av snöhantering. Förutom att transporten är kostsam och orsakar en viss miljöpåverkan, så kräver även lagringen stora utrymmen. Plats är något som kan vara en bristvara i urbana miljöer. Samtidigt behöver ofta smältvatten från urban snö genomgå någon form av rening innan det avrinner till recipient. I sin forskning tittar Emelie därför närmare på ”Den multifunktionella ytan” i städer som en möjlighet att hitta ytor inne i stadsmiljöer som

kan fungera både som mindre deponier för snölagring vintertid, samt smält- och slutligen dagvattenanläggning sommartid.

Luleå är testsite för multifunktionella ytor och vid ett av dagvattenutloppen för Storhedens handelsområde ligger en anläggning konstruerad för att ta emot urban snö. Under 2023 vidareutvecklades anläggningen med ett mindre dämme för att förbättra sedimenteringsfunktionen. Diket användes även som testsite för installation av ett nät på inflödesledningen (se bild till höger) för att samla skräp som förs med i vattnet.



Aktiviteter 2023

- En utvärdering av väderdata från olika platser i Norden gjordes med hänsyn till trender i antalet dagar med snö, snödjup, snösmältning och regn-på-snö. Preliminära resultat från utvärdering presenterades på NORDIWA konferensen i Göteborg i september.

Preliminära resultat

Resultat visar en förflyttning av snösmältningsperioden från maj till april i Tromsö och svenska städer vid Bottenviken, och i Kiruna.

Publikationer

Hedlund Nilsson, E., Muthanna, T. M., Larsson, U., Broekhuizen, I., & Viklander, M. (2023). *Precipitation and Melt Days Analysis at Different Geographic Locations in Northern Europe*. Presenterad vid NORDIWA 2023, Göteborg, 5-7 september 2023.

2.1.6.2 Hållbarhetsutvärdering av blå-grön infrastruktur



Pär Öhrn Sagrelius, industridoktorand

Handledare: Godecke Blecken, prof.

Biträdande handledare:

Maria Viklander, professor

Mentorer:

Richard Ashley, adj. professor

Johan Kjellin, David Hagerberg, Tyréns

Inriktningen för urban dagvattenhantering har gått från att handla om gråa, rörbaserade system till mer blå-gröna, naturbaserade system. För att underlätta strategisk planering för blå-grön infrastruktur i urbana miljöer undersöks miljömässig, ekonomisk och social påverkan från biofilter/växtbäddar med varierande design och konstruktion, ur ett multikriterie- och livscykelerspektiv. Syftet är att uppnå en heltäckande hållbarhetsutvärdering för att fylla den nuvarande kunskapsluckan inom området, vilken identifierats i tidigare forskning. Målet är att öka kunskapen om blå-grön infrastruktur och påverkan som dessa system har på miljömässiga, sociala och ekonomiska aspekter. Forskningen ska också tydliggöra hur utvärdering av dessa system kan, på ett meningsfullt sätt, gå till.

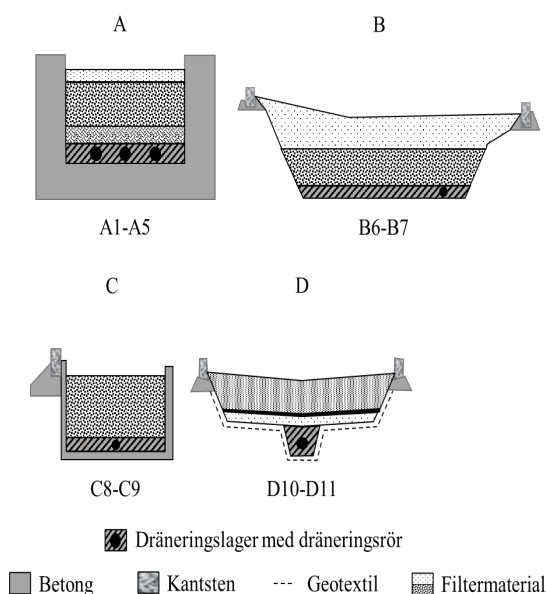
Aktiviteter 2023

- Publikation av en artikel om en multikriterieanalys av biofiltersystem med olika design, varierande konstruktionsmaterial och innehållande olika blandningar av filtermaterial (se figur 8). Studien som artikeln är baserad på hade som syfte att göra en integrerad hållbarhetsutvärdering av systemen, vilket inkluderade tekniska, miljömässiga, ekonomiska och sociala aspekter.

Viktiga resultat

Med en livscykelanalys och en multikriterieanalys har olika utformningar av biofilter

utvärderats. Resultaten visade att även om utformningen hade en stor inverkan på prestandan för biofiltren, fick ingen enskild designkonfiguration högst poäng gällande alla hållbarhetskriterier. Den bästa prestandan i förhållande till sociala kriterier var förknippad med användningen av träd och mindre volymer pimpsten. I de ekonomiska kriterierna ökade kostnaderna vid användning av betongkonstruktioner och en komplex blandning av filtermaterial. Biofiltren med en vattenmättad zon och en mängd olika växtarter överträffade de andra systemen i de tekniskt-miljömässiga kriterierna.



Figur 8. Illustration över systemtyper av analyserade biofilter (A, B, C och D).

Publikationer

Sagrelus, P., Blecken, G., Hedström, A., Ashley, R. & Viklander, M. (2023). *Sustainability performances of bioretention systems with various designs*. Journal of Environmental Management, Vol. 340

2.1.7 Fokusområde Modellering

2.1.7.1 Modellering av dagvattenkvalitet



Nikita Razguliaev, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.

Biträdande handledare:

Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor

Tone Muthanna, gästprofessor

Utsläpp av förorenat dagvatten påverkar recipienten negativt. Syftet med detta doktorandprojekt är att bidra till förbättrad dagvattenkvalitet genom kontinuerlig mätning och datainsamling av dagvatten och användande av dagvattenkvalitetsmodeller för framtagande av samband mellan nederbörd och avrinning kopplat till varierande föroreningar. I detta sammanhang är högupplösta dataunderlag av speciellt intresse. Därför handlar en del av forskningsprojektet om teknologier för kontinuerlig mätning av vattenkvalitet bl a. med hjälp av sensorer.

Ur ett samhällsperspektiv är det även av värde att bredda horisonten för analytiska metoder inom VA-teknik för att förbättra dagvattenkvalitet. Därför syftar projektet också på att främja och utveckla tidsmässigt högupplösta analysmetoder för dagvattenkvalitet och därmed förbättra hydrologiska modeller.

Aktiviteter 2023

- Litteraturstudie och utarbetning av en forskningsrapport angående kontinuerlig fältmätning av dagvatten, som nu är under granskning.
- Fortsatta mätningar i fält på två platser: Luleå centrum samt ett industriområde i Luleå.
- Framtagning av protokoll samt ramverk för bearbetning av fältframtagen sensorbaserad data för datavalidering och kontroll.
- Deltagande i workshops, kurser, nyttjande av MOOCS samt egen inläsning om metoder och gränser för maskininläring för att

kunna applicera kunskapen vid analys av data.



Bild 13. Provtagning av dagvatten på Storhedens industriområde, Luleå

Viktigaste resultat

Efter genomförd litteraturöversikt kan konstateras att endast åtta vattenkvalitetsparametrar kan mätas direkt för kontinuerligt högupplöst bruk. Datakvaliteten är beroende av teknikadaption kopplat till specifik vattenhantering och operativa förhållanden. Dokumentation av driftförhållanden på plats samt de utmaningar som uppkommer efterhand är generellt dåligt redovisat i genomgången litteratur.

Nyttjande av sensorer för vattenkvalitet i dagvattensammanhang kvarstår som relativt omogen till sin karaktär, jämfört med t ex vattenflödesmätning och liknande i vattensektorn. Det finns ett brådskande behov av utveckling och standardisering av ”bäst praktisk tillämpning”, för att föra detta verksamhetsfält framåt.

2.1.7.2 Grön infrastrukturens hydrologi – förbättrad funktion och utformning



Iván Mantilla, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Tone Muthanna, gästprofessor
Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor

Grön infrastruktur (GI) för hantering av dagvatten omfattar en rad alternativ, exempelvis biofilter, gröna tak och beväxta diken. Detta doktorandprojekt fokuserar utvärdera grön infrastrukturens hydrologiska prestanda, samt generera bidrag för bättre förståelse gällande de centrala hydrologiska processerna (säsongsbunden infiltrationsförmåga, frys-tinande mekanismer, nederbördsmonster) i kallt klimat. Samt till detta villkor och orsaks-samband för GI-design.

Ett mål i detta projekt är att utvärdera hur en flödesreglerande fördämning i utloppsdel

av ett svackdike kan förbättra infiltrationsförmågan samt kontrollera utflödet för att minimera översvämningar på grund av klimatförändringar. För att prova och kunna bekräfta utfall genomfördes sammanlagt 43 bevattningsförsök som simulerade regn av hög intensitet på 30 längdmeter av ett befintligt svackdike i Luleå tätort. Försöksserien gav kunskap om effekten av ett kontrollerat utflöde under verkliga fältförhållanden. Experimenten genomfördes under en period med hög halt markfukt, syftande till kontroll av initiala förhållanden samt att möjliggöra repe-terbarhet med identiskt lika nederbörd. Bevattningsförsöken åtföljdes av en utvärdering av svackdikens kapacitet att infiltrera vatten, minska avrinningsvolym och kontrollera utflödet.



Bild 14. a) Konstruktion för utloppskontroll. b) Bevattningssystem runt försöksytan.

Aktiviteter 2023

- Verifiering och analys av data
- Utvärdering av hydrologisk påverkan av utloppskontroll, vad gäller reduktion av avrinnade volym samt försvagning av maxflöde. I denna utvärdering redovisas också källor till osäkerhet, knutna till instrumentering och fältmässig uppbyggnad.
- Presentation av studiens viktigaste resultat på Novatech 2023.

Preliminära resultat

Resultaten uppvisar reducerad volym avrinnande vatten och en 18% försvagad flödestopp (medelvärde på alla återkomsttider). Dessutom resulterade denna typ av utloppskontroll inte bara i ökad retentionsförmåga för låga eller moderata regnfall, utan också i förmåga att kontrollera utflödet för mindre frekventa regn med 20 och 50 års återkomsttid. Påverkan var dock mindre vid högre återkomsttid.

I tillägg uppvisade utflödeshydrografen från svackdiken med utloppskontroll reducerad branthet. Denna trend indikerar en övergång till gradvis frisläppande till dräneringssystem nedströms, något som resulterar i minskad hydraulisk belastning. Implementeringen av en hydraulisk struktur för att kontrollera utflödet demonstrerar potential att mildra negativ påverkan av klimatförändringar på dagvatteninfrastruktur nedströms och effektivt hantera risk för översvämning.

Publikationer 2023

Mantilla, I., Flanagan, K., Muthanna, T., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2023). *Variability of green infrastructure performance due to climatic regimes across Sweden*. Journal of Environmental Management, vol. 326

Mantilla, I., Flanagan, K., Broekhuizen, I., Muthanna, T. & Viklander, M. (2023). *Evaluating the infiltration performance of grassed swales: Comparison between point measurements and a full-scale infiltration method*. Presenterad på 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli 2023.

2.1.7.3 *Modellering av BGI scenarier och deras hydrologiska prestanda*



Utsav Adhikari, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Godecke Blecken, professor
Ico Broekhuizen, bitr. univ. lektor

Införande av blå-grön infrastruktur (BGI) i urban miljö resulterar bland annat i volymretention och minskning av toppflöden under extrem nederbörd. BGI-implementering sker dock ofta på ad-hoc-basis, snarare än på ett strategiskt koordinerat sätt inom ett avrinningsområde. Därför är målet med denna forskningsinsats att utveckla strategier för BGI-implementering i stadens miljö med hänsyn till läge och komplexitet i design, samt kunna förutsäga scenariers hydrologiska prestanda vid skyfall.

Biofilter används idag huvudsakligen i syfte att förbättra vattenkvalitet, men med tanke på framtida klimatförändringar är det intressant att utröna om de även kan bidra till minskad översvämningssrisk. Syftet av forskningen här är att klarlägga hur biofilters designparametrar inverkar på hydrologiska prestanda – närmare bestämt förmågan att reducera och fördröja flöden.

Aktiviteter 2023

- En modell med olika BGI-scenarier för två svenska avrinningsområden (Davidshall och Ångbryggeriet) har utvecklats och evaluerats med avseende på hur BGI-strategier kan kombineras/implementeras.
- Biofilter i pilotskala har kalibrerats och validerats, den kalibrerade modellen har undersökts beträffande hydrologisk prestanda för olika designvarianter.

Preliminära resultat

Att addera komplexa parametrar som jord- och dräneringsegenskaper till BGI-anläggningar vid avrinningsområdesbaserad BGI-

modellering medför reducerad avrinning under regnhändelser jämfört med enkla BGI-anläggningar, men också anläggningar som kan behöva mer underhåll över tid.

Modellering av biofilter i pilotskala visar att biofilteranläggningar har potential för ytterligare funktionalitet - inte endast med avseende på vattenkvalitet utan även kvantitet.

En balans måste eftersträvas mellan ytlig lagring (högre kapacitet under intensiva regn), tjockare filtermaterial (bättre flödesfördröjning för mer frekventa regn) samt tjockare dräneringslager (bättre kapacitet att emotta bräddning/översvämning vid intensiva regn).

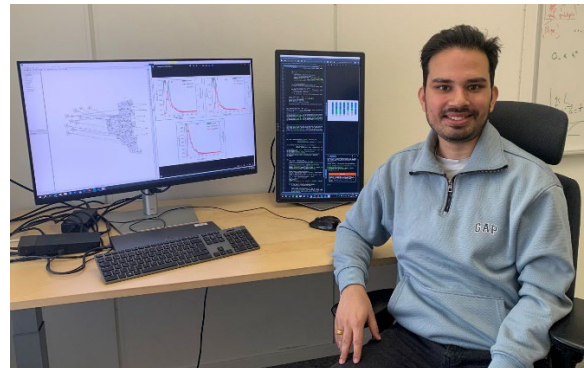


Bild 15. Utsav Adhikari arbetar med modellering av olika BGI scenarier.

2.1.7.4 Övriga aktiviteter – ackumulation av mikroplast längs gator, vägar och motorvägar

Förekomst av mikroplast (främst i form av däckslitagepartiklar) skiljer sig mellan olika vägar t ex. beroende på trafikbelastning och hastighet. I ett projekt som finansierats av Naturvårdsverket har under 2023 ackumulation av mikroplast i diken undersökts.

Aktiviteter 2023

- Jordprover har tagits från diken på två orter längs vägar med olika trafikbelastning (årlig dygnsmedeltrafik från ca 5000 till 100 000 fordon per dygn). På varje plats har prover tagits på tre olika avstånd från vägen (nära vägen, halvvägs ner i diket och i diket botten) och därtill har tre prover tagits i varje position (dvs totalt 9 prover per dike). När så var möjligt har även ett referensprov tagits utanför vägområdet, relativt opåverkat av trafik. Förutom att olika trafikbelastning täckts in i provtagningsplanen så har orterna legat på platser med olika vinterförhållanden (med mycket snö eller lite/ingen snö). Detta har i tidigare studier av andra föroreningar visat sig ha betydelse i hur föroreningarna fördelar sig över diket area. De fem översta centimetrarna har skickats till externt laboratorium för analys av vanligaste polymertyperna för mikroplast (ABS, N-6, N-66, PC, PE, PET, PMMA, PP, PS och PVC), inklusive däckgummi (mätt som SBR och BR). Totalt har prover tagits i sex olika diken vilket därmed resulterar i ca 60 prover.
- Utvärdering av resultat påbörjades 2023 och kommer att slutföras i början av 2024.

2.1.7.5 Övriga aktiviteter – Urlakning av biocider från olika byggnadsmaterial för tak och fasader

Biocider tillsätts exteriöra byggnadsmaterial och ytbehandlingar för att förhindra påväxt av mikroorganismer såsom mossor, svampar, bakterier, alger och lavar som bryter ner materialet, samt för att konservera till exempel tak- och fasadfärg innan applicering. Urlakning av biocider från dessa ytor kan ske vid regn och riskerar att transporteras via dagvatten från den urbana miljön till omkringligande vattenförekomster. I detta projekt som finansierades av naturvårdsverket genomfördes laboratorieförsök för att jämföra biocidurlakning från olika ytbehandlingar och material som används på tak, fasader eller andra ytor i den urbana miljön, samt att uppskatta vilka av de studerade materialen som är troliga källor till biocider i dagvatten. De testade materialen inkluderade bitumenmembran, impregnerade trä och olika typer av färger avsedda för trä-, plåt- och betong-/putsytor.

Aktiviteter 2023

- Laboratoriestudie (lakningar) av 14 byggnadsmaterial för tak och fasader inklusive analys av 398 olika biocider

Viktigaste resultat

Totalt 10 av 398 analyserade biocider detekterades i försöket.

Diuron var den biocid som frigjordes från flest av de testade materialen.

Färger för träfasader och betong urlakade högst koncentrationer av biocider bland de testade materialen.

Bitumenshingel var det enda testade materialet som inte urlakade några biocider.

Impregnerat trä frisatte högst koncentrationer av koppar.

2.1.7.6 Övriga aktiviteter – Toxicitetstester av avrinning från olika byggnadsmaterial

Exteriöra byggnadsmaterial är kända som en av de största bidragarna av föroreningar till dagvatten. Många av de ämnen som är vanligt förekommande i dagvatten har potentiella eller till och med bekräftade negativa effekter på vattenlevande organismer. I detta projekt, som har finansierats av Naturvårdsverket, har vi analyserat toxiciteten mot tre testorganismer (grönalgen *Pseudokirchneriella subcapitata*, kräftdjuret *Daphnia magna*, samt ägg från zebrafisk *Danio rerio*) hos avrinning från sju exteriöra byggnadsmaterial. De material som ingick i studien var sådana som är vanligt förekommande på tak och fasader, eller andra ytor i den urbana miljön och omfattande följande sju material: metallplåtar av koppar, zink, galvaniserad stål samt rostfritt stål; bitumenbaserat takpapp samt takduk av PVC från två olika tillverkare.

Aktiviteter 2023

- Provtagning samt analyser av prover från tre regntillfällen. Provtagningen utfördes vid en befintlig försöksupställning på campus vid Luleå tekniska universitet.
- Efter provtagning frystes proverna och transporterades till Toxicon AB i Härslöv för ekotoxikologiska tester.
- Totalt analyserades 21 prover från de tre regntillfällena.

Viktigaste resultat

Toxiska effekter observerades på samtliga tre testorganismer som ingick i studien. Avrinning från kopparplåt bedömdes ha en stark toxisk effekt på samtliga tre testorganismer. För tillväxten hos grönalg hade även zinkplåt samt galvaniserad stål en starkt toxisk effekt. Hos kräftdjuret *Daphnia magna* samt ägg från zebrafisk var det, utöver kopparplåt, ett av PVC-materialen, zinkplåt och galvaniserat stål som uppvisade högst toxisk effekt.

2.1.7.7 Övriga aktiviteter – Värdering av nyttor med blågrön infrastruktur: fallstudie Davidshall, Malmö

Anläggningar för blågrön infrastruktur (BGI) anses vara en lovande metod för (dag)vattenhantering. BGI kan mildra översvämningar och förbättra vattenkvaliteten i en mottagande vattenförekomst samt ge flera andra nyttor, t.ex. attraktivitet eller ekologiska funktioner. Inom ramen för PRECISE och FORMAS-finansierade projekt har vi genomfört en socioekonomisk bedömning av sju scenarier för BGI-implementering i Davidshall, Malmö, en fallstudie på urban avrinningsområdesskala.

Aktiviteter 2023

- För den socioekonomiska bedömningen valdes verktyget BfST eftersom det utvecklades för bedömning av BGI nyttor och inkluderar naturlig översvämningshantering och andra aspekter av blågrön infrastruktur. Studien genomfördes för stadsområdet Davidshall, Malmö. Som grundscenario har vi en befintlig grå infrastruktur och ett underjordiskt ledningsnät. Studien fokuserade på analys av scenarier på två skalor: komplexitets-/naturlighets-skala (enkel BGI vs. komplex BGI vs. infiltration) och spatial skala (central eller decentral eller end-of-pipe).
- Listan över nyttokategorier sammanställdes, dagens totala värde för sju scenarier, dagens värde för varje nyttokategori och sammanfattning av ekosystemtjänster för de framtagna scenarierna beräknades.

Viktigaste resultat

Den totala nyttan varierar från 185 000 SEK (ComEnd) till 22 632 000 SEK (SimDec/End). De 3 bästa kategorierna för de flesta scenarier är attraktivitet, översvämning (endast för SimDec och SimDec/End) och hälsa. Kulturella ekosystemtjänster tillhandahålls av alla scenarier. Reglerande ekosystemtjänster tillhandahålls i alla enkla scenarier och ComEnd. I fallet med ComEnd dominerar

dessutom reglerande ekosystemtjänster. Provisoriska och stödjande ekosystemtjänster är mycket små och kan försummas.

Forskningsresultaten kan användas för att ta fram rekommendationer till beslutsfattare och för att öka medvetenheten bland lokalbefolkningen och stadsplanerare.

2.2 Tema Funktion och förnyelse av LEDNINGSNÄT



Temat leds av Annelie Hedström, professor, VA-teknik, LTU.

Dagens ledningsnät för dag- och spillvatten är en mycket viktig del för VA-systemets totala funktion och omfattar stora ekonomiska värden. Stora delar av dessa ledningssystem är i behov av förnyelse p.g.a. dålig ledningsstatus och nyexploateringar. I områden med utflyttning finns andra problem med ledningsnät och VA-system i allmänhet, genom ökade driftkostnader per ansluten och minskad självrensförmåga i ledningsnäten.

De processer som sker i ledningsnätet kan påverka ledningarnas funktion men kan även ha stor betydelse utifrån drift- och underhållsspekter. Detta rör t.ex. bildning av svavelväte, fettansamlingar mm. Förutom förekommande processer i ledningarna så sker även ”processer” i form av direkta inläckage i otäta ledningar eller överledning av dricks-, dag-, spill- och dränvatten till annan ledning. Inläckage och överkopplingar skapar olika typer av ovidkommande vatten i ledningarna som har flera negativa konsekvenser. Spillvattnet blir utspätt och mer resurser krävs för transport och rening. Bräddningar från spillvattenledningarna ökar. Alternativt kan dagvatten förorenas av spillvatten. Både detta och bräddningar kan i sin tur påverka dricksvattenförsörjning och recipienter negativt.

Förändrade tekniker för ledningsläggning är också på frammarsch, exempelvis med ökad andel lättryckavlopp och samförläggning med andra ledningsslag såsom fjärrvärme. Nästa generations sorterande spillvattensystem har även börjat att planeras och byggas, för att öka resurseffektiviteten genom att möjliggöra vatten- och värmeåteranvändning samt utvinning av näringsämnen. I det sammanhanget blir det relevant att undersöka i

vilka fall centrala, decentraliserade eller semicentraliserade avlopps(lednings)system kan vara de mest hållbara och vilka ledningsnät som fungerar bäst. Samtidigt sker en snabb utveckling av digitala verktyg och sensorer vilka, om korrekt använda, kan bidra till ett mer resurseffektivt ledningssystem och en effektivare tillgångsförvaltning av dessa.

Utifrån dessa utmaningar och de förändringar som sker i samhället arbetar vi för närvarande med följande områden som rör ledningsnät:

- Datadriven asset management avledningsnätet
- Metoder för bedömning av samordnad förnyelse - ledningsnät och gata
- Metoder och arbetssätt för att utveckla framtidens VA-system och ledningsläggning så att det samlade infrastrukturella försörjningssystemet för samhället blir så effektivt som möjligt - LCA och multikriterieanalyser.
- Sorterande avloppssystem (BDT/klosett-vatten) när överföringsledningar är för kläna?
- Tillskottsvattenproblematik i spillvattenledningar

Se pkt 2.4.1, tabell 2 för fullständig lista över projekt som pågår inom temat.

2.2.1 Analysdrivna metoder för att stödja tillgångsförvaltning av avloppsledningsnät



Emmanuel Okwori, doktorand
Handledare:
Annelie Hedström, professor
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor

Emmanuel Okwori fokuserar i sin forskning på datahantering, förbättring, resursoptimering och underhållsstrategier för VA-ledningsnät.

Driftstörningar och åldrande VA-ledningar länkat med en tilltagande urbanisering är faktorer som pekar mot ett behov av att utveckla arbetssätt för effektivare hantering av de resurser som VA-systemet omfattar. En stödjande drivkraft i detta är pågående teknikutveckling som bl.a. omfattar nya metoder för mer hållbar ledningsläggning och ledningsförnyelse samt utvecklade strategier för att bedöma ledningars kondition. Dessa nya strategier eller arbetssätt, som t.ex. kan baseras på spatial analys, maskininlärning och artificiell intelligens, behöver utvecklas mer för att VA-verksamheterna ska kunna använda dem och på så sätt bidra till att leverera önskad servicenivå till acceptabel kostnad. Vidare finns behov av att utveckla metoder för underlättad användning av existerande data, allt i syfte att ta bättre underhålls- och investeringsbeslut baserade på den data som finns.

Aktiviteter 2023

- Publicering av en studie som undersöker insamlingsmål, användning, utbyte och lagringsmetoder av data samt faktorer som påverkar dataintegration relaterad till underhåll och förvaltning av ledningsnät.
- En studie om bedömning av sårbarheten hos avloppsnät baserad på grafteori har slutförts och skickats till Journal of Hydroinformatics för publicering.
- Deltagande med presentationer på Euro-Sam workshop (15-16 februari), konferensen Rörnät och Klimat i Göteborg, samt Dag&Näts konferens "Cirkulär vattenhantering – ett paradigmskifte" 28-29 november.

Viktigaste resultat

De preliminära resultaten från delstudien som baserades på grafteori visade på hur denna teori kan användas för att identifiera ledningar som är mer centrala för ledningsnätets funktion och om problem uppstår där får problemen större konsekvenser än om liknande problem skulle inträffa någon annanstans. Genom att sedan tex korrelera kluster med avloppsstopp, ledningar med ogynnsamma CCTV-tillståndsgrader, eller låg självrensningskapacitet erhålls ett verktyg som kan till exempel bidra till förbättrad proaktiv underhållsplanering.

Enkätstudien indikerade att datalagrings- och utbyterutiner för att dela data mellan olika system var otillräckliga för att nå de mål som man har för den datainsamling som görs för tillgångsförvaltning av ledningsnät. Detta ger upphov till datasilos och fragmenterade datastrukturer, vilket i sin tur påverkar tillgångsförvaltningen av ledningsnät negativt.

2.2.2 Utvärdering av schaktningsstrategier



Youen Pericault, doktorand

Handledare:

Annelie Hedström, professor

Biträdande handledare:

Maria Viklander, professor

Youens forskning fokuserar på olika strategier som kan användas för att minska schaktningsvolymen vid utbyggnad och förnyelse av VA-ledningsnät. Strategierna som utvärderas är grund samförläggning av VA- och fjärrvärmeledningar, samordnad förnyelse mellan vatten- och avloppsledningar och annan infrastruktur (vägar, fjärrvärme), samt schaktfria metoder. Utvärderingarna görs med hänsyn taget till tekniska såväl som ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter. Syftet med forskningsprojektet är att ta fram kunskap och digitala verktyg som stöder ett informerat och hållbarhetsbaserat beslutsfattande, som underbygger strategier för reducerat behov av schaktning.

Aktiviteter 2023

- En artikel om en ny utvecklat metod för att uppskatta de långsiktiga kostnaderna av olika samordningspolicy för förnyelse av VA-ledningar och vägar har reviderats och publicerats.
- Resultat från projekten om resurseffektivt koordinerat underhåll och förnyelse av gator och VA-ledningar har sammanställts i en artikel "Att samordna förnyelse av infrastruktur från strategisk beslutsnivå" inom Dag&Näts artikelserie Ny Forskning och Teknik.
- Medverkat på EuroSam workshop (15-16 februari).

Viktigaste resultat

I studien som både publicerats i Water Research och i serien Ny forskning och teknik har ett verktyg utvecklats som kan förutse de långsiktiga effekterna av olika

samordningsstrategier för VA- och gata på förnyelsekostnader (ekonomiska, miljömässiga och sociala). Vidare tillämpades verktyget i en fallstudie för att kunna identifiera tidsperioden för samordningsfönster för förnyelseprojekt för Luleås bostadsgator. I Luleås fall blev det optimala samordningsfönstret 20 år om de tre indikatorerna viktades lika (kostnader, CO₂-utsläpp och schaktmängd). Det betyder att om ett infrastrukturslag har akut förnyelsebehov bör övriga infrastrukturägare hänga på, såvida den återstående livslängden för ett infrastrukturslag är mindre än 20 år.

Publikationer

Pericault, Y., Viklander, M. & Hedström, A. (2023). *Modelling the long-term sustainability impacts of coordination policies for urban infrastructure rehabilitation*. Water Research, Vol. 236, 119912

Pericault, Y. (2023). *Att samordna förnyelse av infrastruktur från strategisk beslutsnivå*. Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik", nr 15, februari 2023.

2.2.3 Implementering av källsorterande avloppssystem



Letty Mora, doktorand
Handledare:
Annelie Hedström, professor
Biträdande handledare:
Inga Herrmann, bitr. professor

Som Dag&Näts nya ledningsnätsdoktorand fokuserar Letty Mora på källsorterande avloppssystem och om och hur dessa triplikat-system kan implementeras i både nybebyggelse och existerande urbana/semiurbana miljöer.

Avloppsvatten betraktas i ökande grad som en bärare av näringsämnen och energi. Dock är det så att återvinning av näringsämnen är enklare i system som ej späds ut med BDT-vatten. Ett bärkraftigt alternativ för genomförande som framträder här är då källsorterande avloppsteknik. Då den kommunala vatten-sektorn har en konservativ syn vad gäller ändrad teknik för avloppsledningar, samt att det bara finns begränsad tillgång till anvisningar och vägledning gällande anläggande och drift av sådana sorterande avloppssystem, behövs en analys av vägval och de ekonomiska incitament som främjar en förändring av denna långlivade permanenta urbana struktur.

Eftersom källsorterande avloppssystem som sådana är tydligt sammanhangsberoende valdes här att genomföra forskningsarbetet baserat på fallstudier. Luleå kommuns VA-verksamhet Lumire är en nyckelintressent i detta arbete.

Aktiviteter 2023

- Genomförda seminarier och möten med Lumire har resulterat i att området Sörbyarna har valts som fallstudie.
- Beaktat de slutsatser och kommentarer som framkommit under mötena har Letty

föreslagit fyra tekniska systemalternativ som kommer att analyseras vidare.

- En litteraturstudie om källsorterande system har påbörjats, med speciellt fokus på implementering i existerande urbana/semiurbana bebyggelser.

Preliminära resultat

Fyra tekniska systemalternativ framtogs för denna fallstudie. Nollalternativet innebär konventionell avloppshantering med en ny överföringsledning. Alternativ 1 innefattar lokal hantering av BDT-vatten och klosett-vatten separat. Alternativ 2 innebär att klosettvattnet hanteras lokalt och BDT-vattnet går till ett konventionellt reningsverk via befintliga avloppsledningar. Alternativ 3 innefattar lokal hantering av BDT-vatten och klosettvattnet går i det existerande lednings-nätet till ett konventionellt reningsverk. Alternativ 4 är en variant av alternativ 3 men inkluderar även urinsortering. Dessa alternativ kommer att utvärderas djupare under 2024.

Litteraturstudien visade att flertalet tillgängliga rapporter utvärderade källsorterande system i nybyggda områden. Om sökningen avgränsas till existerande bebyggelse erhöles två rapporter av sådana system i Sverige. Emellertid framkommer här ytterst lite vad gäller de överväganden och utmaningar som uppstår, när existerande avloppsnät saknar hydraulisk kapacitet att ansluta tillkommande hushåll.

2.3 Tema Resurseffektiva små AVLOPPSSYSTEM



Temat leds av Inga Herrmann, bitr. professor, VA-teknik, LTU.

Utmaningarna med dagens avloppssystem är många. Exempelvis återvinns enbart en mindre del av de näringsämnen som finns i avloppsvatten idag. Återvinningsgraden kan ökas tex med källsorterande teknik men processerna som behövs för att behandla olika avloppsströmmar och tillverka gödselmedel behöver utvecklas och optimeras. Vissa processer är energikrävande och det är viktigt att undersöka hur återvinningen kan ske på mest energieffektivt sätt samt hur tex restvärme från industri kan nyttjas för processerna. Här ligger den stora utmaningen i att koppla industri och kommunens avloppsbehandling för att nå dessa synergier.

En annan utmaning är avloppshanteringen på landsbygden där antal anslutna personer är få och anläggningarna små och många. Robust men effektiv reningsteknik behövs för att säkerställa en bra avloppshantering. Recirkulering av näringsämnen är en utmaning även här – men helt andra tekniker kan bli aktuella, som tex skogsbevattning eller växtbäddar. Små avloppssystem kan ha fördelar jämfört med stora komplexa och ofta dyra system och det är därför viktigt att forskningsaktiviteter riktas även mot mindre system.

I ett förändrat klimat får den viktiga resursen vatten allt större uppmärksamhet. Globalt ökar vattenuttagen, bland annat pga. varmare klimat och ökad levnadsstandard. Samtidigt är färskvatten en bristvara på många håll. Även i Sverige finns områden där vattentillgången är mindre än behoven, särskilt sommartid. Bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten) är en möjlig resurs som skulle kunna renas för återanvändning och olika ändamål.

Utifrån dessa utmaningar arbetar vi med frågor gällande mark-/naturbaserad avloppsrening, källsorterande avloppssystem och resursåtervinning från avloppssystem.

Under 2023 har forskningen fokuserats på rening av BDT-vatten i minireningsverk och gröna väggar, återanvändning av BDT-vatten, mikroföroreningar i BDT-vatten, utveckling av processer för behandling av klosett-vatten, samt anpassning av vassbäddsteknik till kallt klimat.

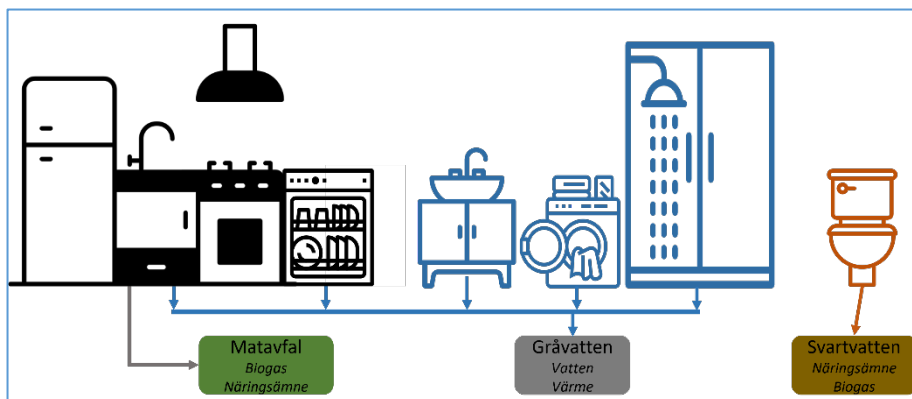
Se pkt 2.4.1, tabell 2 för lista över samtliga projekt som pågår inom temat.

2.3.1 Återanvändning av BDT-vatten



Brenda Vidal, postdoktor

Det finns en växande generell förståelse för vatten som resurs, inräknat behovet att både minska användningen av rent vatten och öka återanvändningen av brukat vatten. Alternativa vattenkällor kan användas som råvatten för dricksvattenproduktion samt för icke-dricksvattenändamål såsom bevattning. Ett exempel på en sådan alternativ vattenkälla är behandlat BDT-vatten, som är tillgänglig kontinuerligt. Dock krävs separat insamling och behandling av BDT-vatten för att nå effekt.



Figur 9. Resursåtervinning från olika källor

Inom projektet GREW - Återanvändning av grävatten: Var, varför och hur?) nyttjar Brenda systemanalys för att jämföra olika vattenproduktionsmetoder, såsom avsaltning och avancerad behandling av grävatten, för att skatta skild typ av påverkan och nå fram till rättvisande jämförelse av alternativen. Resultaten kan användas för att stödja övergripande beslutsprocesser och stadsplaneringsprojekt. Projektet genomförs i samarbete med regionen Gotland där vattenbrist idag är en utmaning samt drivmotorn för sökandet efter nya innovativa kretsloppslösningar.

Aktiviteter 2023

- Kick-off möte på Gotland (maj 2023) där projektet GREW och andra projekt gällande innovativa kretslopp diskuterades, inkl. besök på en pilotanläggning där avloppsvattnet renas till hög kvalitetsnivå.
- Presentation av forskningsområdet Resurseffektiva små avloppssystem inom VA-teknik på Luleå tekniska universitet under en konferens anordnad av Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser, med titeln "*Planning the sanitation of the future - Source separation of wastewater to increase resource recovery and circularity*".
- Ett uppdrag från Havs- och vattenmyndigheten om drift- och underhållsinstruktioner för markbaserade avloppsanläggningar resulterade i en teknisk rapport

publicerad i oktober 2023. I denna föreslås att en generell mall för instruktioner framtas, antingen av branschorganisationerna eller i bredare samverkan.

Publikationer

Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Heiderscheidt, E., Rossi, P. & Herrmann, I. (2023). *Treatment efficiency of package plants for on-site wastewater treatment in cold climates*. Journal of Environmental Management, Vol. 342

Söderholm, K., Vidal, B., Hedström, A. & Herrmann, I. (2023). *Flexible and Resource-Recovery Sanitation Solutions: What Hindered Their Implementation? A 40-Year Swedish Perspective*. Journal of urban technology, Vol. 30, nr. 1, s. 23-45

Herrmann, I., Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Rossi, P., Ronkanen, A., et al. (2023). *Stickprovtagning från små avlopp - Utsläpp, variabilitet och korrelationer av föroreningar*. Teknisk rapport, Luleå tekniska universitet.

Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Heiderscheidt, E. & Herrmann, I. (2023). *Wastewater influent and effluent concentrations from on-site package plants in Northern Sweden and Finland*. Svensk Nationell Data-tjänst (SND)

2.3.2 Decentraliserad BDT-vattenbehandling



Mashreki Sami, doktorand

Handledare:

Inga Herrmann, bitr. professor

Biträdande handledare:

Annelie Hedström, professor

Elisabeth Kvarnström, adj. prof.

Att separera bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten) från hushållens klosett-vatten kan ha flera fördelar. Andelen BDT-vatten i ett hushållspillvatten är ca 70% vilket gör att en separat insamling och lokal behandling av detta flöde kan vara av fördel när det befintliga ledningsnätet saknar kapacitet eller hushållet inte kan anslutas till det kommunala nätet. BDT-vatten innehåller organiskt material (t ex BOD), kväve, fosfor, patogent material (t ex *E. coli*), kemiska föroreningar (t ex ytaktiva ämnen) från hushållsprodukter och mikroplast. Olika filtertekniker är lovande för decentraliserad BDT-vattenrening; tex gröna väggar eller markbaserade system. Gröna väggar har potentiellt ytterligare fördelar som tex förbättrat mikroklimat och luftkvalitet samt estetiska aspekter. Markbaserad rening kan utformas på olika sätt och är en potentiellt robust och passiv reningsmetod.

Samis forskning syftar till att undersöka de förhållanden som påverkar effektiviteten i olika decentraliserade system för BDT-vattenbehandling. Här ingår lokala minireningsverk, två gröna vägg-system i pilotskala samt ett horisontellt våtmarkssystem som undersöktes med avseende på rening av organiskt material, näringsämnen (kväve och fosfor), tensider och mikroplast. Forskningsresultaten kan också vara intressanta med avseende på potentiell återanvändning av det renade BDT-vattnet. Forskningen genomfördes i samverkan med Södertälje kommun, NSVA

och NMBU (Norges miljø- og biovitenskapelige universitet).

Aktiviteter 2023

- Presentation av licentiatuppsats med titeln "Funktion hos enskilda anläggningar och en grön vägg för behandling av bad-, disk- och tvättvatten".
- Ett våtmarkssystem i Oslo (bild 16) undersöktes genom provtagning av in- och utgående vatten.
- En fullskalig grön vägg planterad med olika växtarter implementerades vid RecoLab i Helsingborg (bild 17) och prover togs från väggens olika nivåer.
- Deltagande i samt presentation av resultat vid konferensen Vatten Avlopp Kretslopp konferensen i mars i Helsingborg, på nätverksträff "Källsorterande avloppssystem", samt på ett seminarium om Småskaliga avloppssystem anordnat av Finlands miljöcentral SYKE.



Bild 16. Våtmarkssystem i Klosterenga, Oslo.



Bild 17. Ny experimentell grön vägg installerad i RecoLab, Helsingborg.

Viktigaste resultat

BOD koncentrationer i utgående vatten från våtmarkssystemet i Oslo var genomgående låga vilket tyder på en effektiv funktion av detta filtersystem som installerades redan för ca 20 år sedan. Fosforkoncentrationerna varierade lite mer men var generellt också låga vilket tyder på att fosforfiltret som består av Filtralite® P material fortfarande är aktiv. Den implementerade gröna väggen uppvisade effektiv rening av BOD, även om reningen var sämre vid en provtagning vid kallt temperatur. Fosfor renades enbart i början av försöksperioden då filtermaterialet (pimpsten blandat med biokol) var färskt.

Publikationer

Sami, M., Hedström, A., Kvarnström, E., McCarthy, D. T. & Herrmann, I. (2023). *Greywater treatment in a green wall using different filter materials and hydraulic loading rates*. Journal of Environmental Management, 340, 117998

Sami, M. (2023). *Performance of on-site systems and a green wall for greywater treatment*. Licentiatuppsats. Luleå tekniska universitet.

Sami, M., Hedström, A., Kvarnström, E. & Herrmann, I. (2023). *Quality of greywater from a city district before and after treatment in a green wall*. Svensk nationell datatjänst (SND)

2.3.3 Analys av mikroföroreningar i BDT-vatten



Levien Melse, doktorand
Handledare: Inga Herrmann, bitr. prof.
Biträdande handledare:
Annelie Hedström, professor
Roland Kallenborn, professor, NMBU

Källsortering av avloppsvatten resulterar i en ström av näringsrikt klosettwater och en ström av bad-, disk- och tvättwater (BDT-water) som potentiellt lämpar sig för wateråteranvändning. För att BDT-water ska kunna återanvändas krävs rening, där särskild uppmärksamhet bör ägnas åt mikroföroreningar. Olika källor till mikroföroreningar i BDT-water är kända idag, men information om föroreningskoncentrationer är mycket begränsad. Dessutom är BDT-water heterogent, dvs. det finns exempelvis dygnsvariationer, och även sociokulturella faktorer påverkar förekomst och koncentrationer av mikroföroreningar. Levien fokuserar till en början på att analysera BDT-waterkvaliteten för att senare även kvantifiera mikro-föroreningarna. Olika undersökningar är tänkbara, tex att studera dygnsvariationer i belastningen eller övervaka mikroföroreningskoncentrationer före och efter olika behandlingsmetoder.

Projektet som Levien arbetar i är ett samarbetsprojekt mellan organisk analytisk kemi och VAteknik.

Aktiviteter 2023

- Litteraturstudie om mikroföroreningar i BDT-water, med särskilt fokus på vilka mikroföroreningar som tidigare undersökts och vilka som inte har det.
- Under hösten startades ett screeningexperiment för att kvalitativt analysera BDT-water från två stadsområden i Norge och Sverige. BDT-waterprover togs från två platser: ett 24-timmars samlingsprov från RecoLab i Helsingborg och ett prov från kvarteret Klosterenga i Oslo.



Bild 18. Provtagning vid kvarteret Klosterenga i Oslo.

- Provberedningen för båda BDT-waterproverna gjordes vid NMBU i Ås, Norge. Båda proverna extraherades i tre replikat med hjälp av fastfasextraktion och analyserades med både gaskromatografi och vätskekromatografi. Datautvärderingen för denna studie är planerad till 2024.

Preliminära resultat

Litteraturstudien visade att mycket lite är känt om det exakta innehållet av mikroföroreningar i BDT-water. Ett fåtal non-target studier finns, men de är gjorda på prover från enskilda hushåll, och endast en i samma skala som Klosterenga. RecoLab i Helsingborg identifierades som en lämplig plats på grund av anläggningens storlek: ~1000 personer är anslutna till systemet. Klosterenga i Oslo identifierades som en lämplig plats på grund av det gynnsamma läget för NMBU. Det förväntas att sammansättningen av BDT-water skiljer sig åt mellan Sverige och Norge, eftersom en potentiellt högre variation av mikroföroreningar förväntas förekomma inom EU jämfört med Norge.

2.3.4 Naturbaserad avloppsvattenrening – mikroföroreningar och kallt klimat



Rasmus Klapp, doktorand

Handledare:

Inga Herrmann, bitr. professor

Biträdande handledare:

Annelie Hedström, professor

Naturbaserad avloppsvattenrening innebär att naturliga egenskaper och processer i jord, hos organismer och hos växter används för att rena avloppsvatten i olika konfigurationer. Det finns dock kunskapsluckor om hur väl dessa metoder renar mikroföroreningar, samt hur en specifik sådan metod – ett tvåstegs vassbäddssystem för direkt behandling av orenat avloppsvatten, fungerar i kallt klimat. Beroende på hur väl systemet fungerar och dess reningsprestanda, kan det vara en hållbar lösning då man undviker resurskrävande slamhantering. Rasmus undersöker därför en kommunal infiltrationsanläggning och en vassbäddsanläggning i pilotskala med syfte att öka kunskapen om naturbaserad avloppsvattenrening med avseende på mikroföroreningar och funktion i kallt klimat.

Aktiviteter 2023

- Ett vassbäddssystem i pilotskala undersöktes kontinuerligt med avseende på rening av organiskt material, näringsämnen och indikatorbakterier månadsvis under 2023. Även andra parametrar så som filtermaterialets temperatur och syrehalt övervakades under året.
- Provtagning för analys av läkemedel påbörjades under våren och utfördes månadsvis.
- En utvärdering av vassbäddens funktion under olika säsonger påbörjades.
- Värmekablar placerade på cellerna av vassbäddsanläggningens andra steg tjänar som hjälpmedel vid missgynnande förhållanden såsom kalla temperaturer utan snötäcke. Inför vintern startades

värmekabeln på en av cellerna men inte på den andra för att undersöka nödvändigheten av att tillföra extra energi samt att studera skillnaden mellan cellerna.

- Tidigare inhämtade data om spridning av läkemedel och ftalater från en infiltrationsanläggning analyserades och en artikel författades. Denna datamängd omfattar mikroföroreningshalter i grundvatten, ytvatten och jord intill anläggningen, och projektet syftar till att utreda mikroföroreningsars förekomst och hur jordens egenskaper påverkar spridningen nedströms infiltrationsanläggningen.



Bild 19. Vassbäddssystemets andra steg, vid god funktion i december 2023.

Preliminära resultat

Reningsprestanda gällande näringsämnen, indikatorbakterier och organiskt material i vassbäddssystemet har generellt varit godtagbar under perioden. Vassbäddssystemet har operativt fungerat väl under året med hänsyn till BOD rening. Fosforretentionen minskade under 2023 när fosforkoncentrationen i utgående vattnet ökade. Ammonium nitrifierades i större utsträckning vid varmare temperaturer (sommar) än vid kalla (vinter).

2.3.5 Resursåtervinning från klosett-vatten



Stephanie Rusch Fehrmann, doktorand
Handledare:

Annelie Hedström, professor

Biträdande handledare:

Elisabeth Kvarnström, adj. prof.

Andreas Johansson, professor

I dagsläget sker matproduktionen huvudsakligen i icke-urbana miljöer. Huvuddelen av gödningsmedel som nyttjas är av icke förnybart slag. Merparten av de makro- och mikronäringsämnen som vi intar via maten tillförs sedan avloppssystemen via avsöndring av urin och avföring. En separat insamling av klosett-vatten är fördelaktigt i olika avseenden, tex kan biogasproduktionen öka med 70% och potentialen för återvinning av växt-näring ökar.

Stephanies doktorandprojekt fokuserar på återvinning av makro- och mikronäringsämnen i klosett-vatten som genomgått anaerob behandling. Detta kan göras med olika metoder där Stephanie fokuserar på att tillverka flytande gödsel genom koncentration av klosett-vattnet med hjälp av membrandestillering och en indunstare. Membrandestillation undersöktes i laboratorieskala med varierande pH och temperatur. Indunstningstester genomfördes vid olika pH-nivåer. För båda teknologier kan lågvärdig överskottsvärme från industrier nyttjas.

Aktiviteter 2023

- Försök med membrandestillering slutfördes.
- En modell utvecklades för beräkning av permeatflöde och energiåtgång i membrandestilleringen. Arbetet skickades i form av ett abstrakt till konferensen World Water Congress & Exhibition 2024, Toronto, Kanada.

- Indunstningsförsök planerades och genomfördes i pilotskala vid RecoLab, Helsingborg (bild 20).



Bild 20. Försöksupställning med evaporator i pilotskala, RecoLab.

- Preliminära resultat från indunstningsstudien presenterades på nätverksmötet för källsorterande avloppssystem.
- Klosett-vatten och dess potential för återvinning av växtnäring och energi presenterades på 10th National Congress of Sanitary Engineering / 1st National Congress of Hygiene and Industrial Safety Engineering, Peru.

Viktigaste resultat

55°C samt pH 4 möjliggör att klosett-vatten kan koncentreras 15 gånger, med en viktmässig NPK-balans på 1:3:0,3. En kemisk modell med ursprung i modeller för natriumklorid i lösning samt adapterad till anaerobt behandlat klosett-vatten, visade rimlig överensstämmelse vid två gångers koncentration.

Koncentreringsförsöken med evaporatorteknik resulterade i över 85 gångers volymreduktion.

2.3.6 Återvinning av näringsämnen genom integrerade membranlösningar



Saida Kaykhahi, doktorand
Handledare:
Inga Herrmann, bitr. professor
Biträdande handledare:
Annelie Hedström, professor

De senaste åren har resursåtervinning fått stor uppmärksamhet. Klosettatten som är en kombination av urin, avföring och vatten kan vara en resurs för värdefulla näringsämnen (t.ex. kväve och fosfor). Dessutom, efter att ha separerat näringsämnen, organiska ämnen, föroreningar och sanitet, kan klosettatten vara en vattenresurs. Urin innehåller höga halter av växtnäring men också mikroföroreningar som hormoner och läkemedel. Avföring har en hög organisk belastning som kan användas som energikälla. Därför är det viktigt att ha en korrekt behandlingsmetod för att effektivt återvinna dessa värdefulla ämnen från klosettatten.

Membranteknik, som redan har använts i olika applikationer, kan också vara ett alternativ för rening av olika typer av avloppsvatten. När det gäller rening av klosettatten kan applikationen av membranteknik vara fördelaktig vid avskiljning av tungmetaller, organiska rester och suspenderade fasta ämnen från klosettatten. Separering av föroreningar från klosettatten innan näringsåtervinning kan vara ett sätt att förbättra effektiviteten i dessa processer (struvitfällning, ammoniakavdrivning).

Aktiviteter 2023

- Installation av membranmodul i pilotskala på RecoLab, Helsingborg, för att utföra experiment på klosettattenbehandling i samarbete med NSVA och ScanWater. Uppställningen innefattar mätutrustning för att kontinuerligt mäta transmembrantryck samt nivåmätningar i membrantan-ken.



Bild 21. Försökupställning med membranfilter på RecoLab, Helsingborg.

- Membranmodulen testkördes och de första försökskörningar utfördes.



Bild 22. Kvalitet på klosettatten före och efter membranfiltrering på RecoLab, Helsingborg.

- Försök på struvitfällning av klosettatten i laboratorieskala planerades.
- Förstudier på struvitfällning från membranbehandlat klosettatten utfördes i miljölaboratoriet vid Luleå tekniska universitet.

Preliminära resultat

De första försöken visade att det är möjligt att filtrera rötat klosettatten genom membran, vid ett relativt lågt flöde. Kvaliteten på det rötade klosettattnet som användes för att testa membranmodulen varierade starkt, särskilt med avseende på partikelhalt. Backspolningsintervallet varierade därmed också. I fortsättningen undersöks utvecklingen av transmembrantryck och backspolningsintervall över en längre körtid. En öppen fråga är i vilken mån det kommer att vara möjligt att öka flödet genom modulen.

2.3.7 Övriga aktiviteter – Återanvändning av BDT-vatten

I Sverige finns områden där färskvattentillgången är mindre än behoven, särskilt sommartid. Exempelvis Region Gotland har stora utmaningar vilket beror på geologiska förutsättningar, en årsnederbörd som varierar mycket från år till år samt ett stort besökstryck sommartid, då tillgången till grundvattnen är som lägst. I projektet VÅG₂ genomfördes en litteraturstudie och en förstudie för en pilotanläggning för rening av BDT-vatten i Visborgsområdet. I litteraturstudien samlades information om BDT-vattnets sammansättning samt reningstekniker som kan användas för att rena vatten till olika kvalitet för återanvändning. Lagstiftning och tidigare exempel på återvinning av BDT-vatten belystes också. I förstudien utvecklades processdesign för pilotanläggningen. Dessutom ingick en preliminär systemanalys där BDT-vattenåteranvändning jämfördes med avsaltning av bräckt vatten som alternativ.

Aktiviteter 2023

- Litteraturstudie om BDT-vatten med fokus på reningstekniker, lagstiftning och implementerade exempel
- Förstudie om pilotanläggning för BDT-vattenrening i Visborg

Viktigaste resultat

Rening av BDT-vatten för direkt återanvändning som dricksvatten är ett nytt område där det i princip saknas tidigare erfarenhet. Det finns många exempel globalt där avloppsvatten återanvänds, dock oftast indirekt som dricksvatten dvs. det reade vattnet infiltreras till mark. För rening av BDT-vatten används i stort sett samma metoder som för avloppsvatten med tydligt inslag av membranteknik.

Publikationer

Isaksson, F., Herrmann, I. & Kvarnström, E. (2023). *Greywater reuse for different purposes in Sweden: A literature review*. Teknisk rapport. Luleå tekniska universitet.

2.3.8 Övriga aktiviteter – Källsorterande avloppssystem i ny stadsbyggnad

Inom projektet GREW – Återanvändning av gråvatten: Var, varför och hur? har AP 1 som mål att titta närmare på transitionsprocessen inom stadsbyggnads- och VA-organisationer i de deltagande kommunerna (fyra stycken) rörande kunskap och acceptans kring källsorterande avloppssystem i ny stadsbyggnad. Inom projektet har arbetsgrupper formerats i varje kommun med representation från stadsbyggnads- och VA-organisationerna. En nulägesstudie gjordes i kommunerna innan start (enkät som skickas brett inom deltagande kommuner + några djupintervjuer per kommun samt en enkät som skickats till alla kommuner i Sverige som INTE deltar i projektet), och i varje arbetsgrupp planerades för aktiviteter som ska genomföras kommunvis främst under 2024. Exempel på planerade aktiviteter är kunskapshöjande workshops, studiebesök och inspirationseminarier. Före och efter varje aktivitet fyller deltagarna i en enkät, så att den kortsiktiga effekten av aktiviteter kan mätas. Den långsiktiga effekten mäts i jämförelse av nulägesstudie före (2023) och efter projektiden (2026).

Aktiviteter 2023

- Under 2023 gjordes nulägesstudien och planeringen för 2024 i alla deltagande kommuner.
- I en deltagande kommun gjordes också en kunskapshöjande workshop i slutet av 2023.
- Resultatbearbetningen från den initiala nulägesstudien har påbörjats.

2.4 Projekt- och programportfölj

Dag&Näts projektportfölj omfattar ett flertal stora som små projekt som finansieras av huvudsakligen Formas, Vinnova och Naturvårdsverket. För sammanställning av alla aktuella projekt och program samt finansiär se tabell 1.

Fördelningen av projektens fokusområden på Dag&Näts tre olika temaområden Dagvatten, Ledningsnät och Avloppssystem illustreras i tabell 2.

2.4.1 Nya projekt

Under 2023 har Dag&Nät sökt finansiering för nya projekt inom alla tre teman hos olika finansiärer varvid projekten nedan har beviljats.

Projekt som Dag&Nät är projektägare:

- VA-NET Vibrations-baserad bedömning av kommunala VA-ledningsnät för IoT-aktiverad realtidsövervakning och maskinlärningsstödd underhållsplanering (Formas)
- ISGM (Integrated surface water and groundwater management) (Formas)
- Dags att omvärdera dagvattenmodeller: ökad pålitlighet genom jordfuktighetsmätningar för att möta nya behov (Formas)
- Akustiska metoder för att bedöma avloppsledningars status - Smart Sewers (Formas)
- PFAS (och däckgummi) i dagvatten (Naturvårdsverket)
- PFAS mm i sediment och porvatten i urbana vattendrag (Naturvårdsverket)
- Kan biokol förbättra avskiljning av PFAS och andra organiska ämnen i dagvattenbiofilter/växtbäddar? (Naturvårdsverket)
- Förekomst och spridning av PFAS i dagvattenbiofilter/växtbäddar (Naturvårdsverket)
- Omvandling av föroreningar i dagvattenledningsnät (Naturvårdsverket)

- Näringsämnen P och N i dagvatten (Naturvårdsverket)
- Kan sensorer användas för att utvärdera dagvattenkvalitet? (Naturvårdsverket)
- Toxicitetstester av avrinning från olika byggnadsmaterial (Naturvårdsverket)
- Ackumulation av mikroplast längs gator, vägar och motorvägar (Naturvårdsverket)
- Dagvattenforskning i kallt klimat - en vetenskaplig sammanställning (Naturvårdsverket / Havs- och vattenmyndigheten)
- StormCompetence – Stärka forskares professionella kompetenser inom dagvattenhantering för renovering eller återuppbyggande av urban infrastruktur i Ukraina efter kriget – (Svenska institutet)

Projekt som Dag&Nät deltar som projektpart:

- ISWIM Innovativ hantering av dagvatten för ett hållbart samhälle (projektägare: VA SYD) (Formas)
- GreenStorm (projektägare: École nationale des Ponts et Chaussées, Cerema) (Formas, JPI)

Tabell 1: Projekt och program pågående år 2023 (blå markerad spalt) och framåt, inklusive varaktighet.

	Pågående period			2025	2026	2027	2028	2029
	2022	2023	2024					
SVU, medlemsorganisationer	Dag&Nät 4							
Formas, SVU	Yteffektiv dagvattenrening							
	Vattenforskarsskolan							
Formas	Resurseffektivt och koordinerat underhåll och förnyelse av VA-ledningar och gator							
	Från grått till blå-grönt							
	Övergång till en hållbar multifunktionell dagvattenhantering i befintlig bebyggelse							
	Blågrön infrastruktur för hållbar klimatanpassning av framtidens städer							
	Systemstöd för kydd av grundvattenresurser genom hållbar dagvattenhantering							
	Dagvattenbehandling i tätbebyggda städer							
	VÅG2 - VattenÅteranvändning: Grävatten och Gotland i fokus							
	Multifunktionell blågrön infrastruktur - från potential till ekosystemtjänster							
	GREW - Återanvändning av grävatten							
	Hållbar stadsgödsel - SURFER							
	AquaClim							
	VA-NET							
	ISGM (Integrated surface water and groundwater management)							
	Dags att omvärdera dagvattenmodeller: ökad pålitlighet genom jordfuktighetsmätningar för att möta nya behov							
	Smart Sewers							
	CUREE							
	ISWIM							
Formas, LOVA, Riksstiftelsen	GreenStorm							
Formas, LOVA, Riksstiftelsen	Våtmarkssystem för avloppsbehandling på landsbygden							

Dag&Nät projekt, projektägare: VA-teknik vid LTU
 Dag&Nät projekt, projektägare: RISE
 övriga projekt, med Dag&Nät / VA-teknik vid LTU som projektpartner

se nästa sida för fortsättning av tabellen

Fortsättning tabell 1:

	Pågående period							
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Vinnova	DRIZZLE							
	MACRO							
	SODA - Samverkan för en hållbar hantering av dagvatten på kvartersmark							
	SECURE							
Naturvårdsverket	Biocider i byggmaterial							
	Dagvattenrening med kompakta reningsanläggningar							
	PFAS (och däck-gummi) i dagvatten							
	PFAS i sedemint av urbana vattendrag							
	PFAS rening i biofilter med biokol							
	Förekomst och spridning av PFAS i dagvatten/biofilter/växtbäddar							
	Påverkan av ledningsmaterial på dagvattenkvalitet							
	Näringsämnen i dagvatten							
	Sensorer för att utvärdera dagvattenkvalitet							
	Toxicitetstester av avrinning från byggmaterial							
	Mikroplast i diken							
	Syntesrapport dagvattenhantering							
			Kartläggning och förekomst av PFAS i dagvatten					
			Påverkan av dagvatten på ekologin i urbana vattendrag					
			Effektbaserade analysmetoder: bedöma dagvattnets miljöpåverkan					
SI Sven ska institutet	Rening av dagvatten / snösmältning							
			StormCompetence					
LTU	Creaternity - hållbar material-användning i en cirkulär ekonomi							
	PRECISE - Blue-green infrastructure tailored to support public health							

Dag&Nät projekt, projektägare: VA-teknik vid LTU
Dag&Nät projekt, projektägare: RISE
övriga projekt, med Dag&Nät / VA-teknik vid LTU som projektpartner

Tabell 2: Aktuella projekt 2023 inom de tre temaområdena för Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete.

 DAGVATTEN från regn till recipient	 Funktion och förnyelse av LEDNINGSNÄT	 Resurseffektiva små AVLOPPSSYSTEM
• Dag&Nät • AquaClim - Vattenforskerskolan		
• Yteffektiv dagvattenrening • DRIZZLE • Systemstöd för skydd av grundvattenresurser genom hållbar dagvattenhantering • Biocider i byggmaterial • Dagvattenrening med kompakta reningsanläggningar • Rening av dagvatten / snösmältning • PRECISE – Blue-green infrastructure to support public health • Övergång till hållbar, multifunktionell dagvattenhantering i befintlig bebyggelse • Blågrön infrastruktur för hållbar klimatanpassning • Dagvattenbehandling i tätbebyggda städer • Multifunktionell blågrön infrastruktur – från potential till ekosystemtjänster	• SODA - Samverkan för hållbar hantering av dagvatten på kvartersmark • SECURE • ISGM • ISWIM • GreenStorm • StormCompetence • PFAS (och däckgummi) i dagvatten • PFAS i sediment av urbana vattendrag • PFAS-rening i biofilter med biokol • Förekomst och spridning av PFAS i biofilter • Påverkan av ledningsmaterial på dagvattenkvalitet • Näringsämnen i dagvatten • Sensorer för att utvärdera dagvattenkvalitet • Toxicitetstester av avrinning från byggmaterial • Syntesrapport dagvattenhantering • Mikroplast i diken	• Resurseffektivt och koordinerat underhåll och förnyelse av VA-ledningar och gator • VA-NET • AquaClim - Triplicate
		• Från grått till blå-grönt • VÅG2 – VattenÅteranvändning: Gråvatten och Gotland i fokus • GREW – återanvändning av gråvatten • Hållbar stadsgödsel – SURFER • Våtmarkssystem för avloppsbehandling på landsbygden • MACRO • Creaternity – hållbar materialanvändning i en uppkopplad och cirkulär ekonomi

2.4.2 Stora program och kompetenscentrum

DRIZZLE – Centrum för dagvattenhantering



DRIZZLE etablerades under 2017 och är ett av Vinnovas kompetenscentrum för excellent behovsbaserad forskning. Kompetenscentrumet består av 13 parter, d.v.s. Aarsleff Rörteknik AB, Dag&Nät, Luleå kommun, Luleå tekniska universitet (projektledare), NCC Infrastructure, Rent Dagvatten AB, Stockholms stad, Stockholm Vatten och Avfall, StormTac AB, Tecomatic AB, Tyréns AB, Uponor Infra AB samt Växjö kommun.

Vid hantering av dagvatten har fokus i huvudsak varit att transportera bort vatten från städer så snabbt som möjligt för att undvika skador och översvämning. Dagens dagvattenhantering måste dock även hantera kvalitetsfrågor såsom innehåll och föroreningar, samt även se dagvattnet som en resurs. DRIZZLE utvecklar därför banbrytande, forskningsbaserade dagvattenlösningar, som minskar risken för översvämningar i städer, som minimerar föroreningsbelastningen på sjöar och vattendrag, och som fångar de möjligheter som dagvattenavrinning kan erbjuda.

Aktiviteter 2023

Under året har forskningsresultat från kompetenscentrumets verksamhet presenterats i olika sammanhang, samtidigt som ett flertal nya forskningsprojekt initierats. Vidare arrangerades nio lunchseminarier för

DRIZZLE:s parter. Därtill hölls ytterligare fem seminarier som gemensamma DRIZZLE och Dag&Nät-seminarier. Under seminarierna presenterade både forskare vid Luleå tekniska universitet samt representanter från övriga partsorganisationer resultat från DRIZZLE.

Labbmobilen, dvs forskargruppens fordon vars lastutrymme är specialutrustat med arbetsytor för att möjliggöra laboratoriearbete direkt i fält, har även under detta år varit till stor nytta i forskningsarbetet. Likaså har de industri- och kommundoktorander som ingår i DRIZZLE, som finansieras av Lumire (Luleå kommun), NCC, Stockholms stad, Tyréns och Växjö kommun starkt bidragit till genomförandet av fältarbete runt om i landet, då de kunnat assistera med utgångspunkt från sina baser i Stockholm, Växjö och Luleå. Under året har Uponor rekryterat den industriadoktorand som de finansierar; processen har dock dragit ut på tiden pga lång väntetid på uppehållstillstånd.

DRIZZLE har även detta år deltagit i den europeiska, Brysselbaserade vattenplattformen Water Europes arbete. DRIZZLE har även medverkat i flera nationella och internationella konferenser.

För mer information: www.ltu.se/drizzle.

2.5 Samarbetsparter

Dag&Nät har – utöver med sina medlemmar – ett brett samarbete med olika VA-organisationer, branschföretag, universitet och forskningsinstitut genom projektsamarbeten och doktorandprojekt, både nationellt över hela landet (se figur 10) och internationellt (se figur 11).

Kommunala företrädare

Bodens kommun, Falkenbergs kommun, Gotlands kommun, Götene kommun, Gävle kommun, Luleå kommun, Luleå miljöresurs, Malmö stad, MittSverige Vatten & Avfall AB, Nodra AB, Norrvatten, NSVA AB, Region Gotland, Skellefteå kommun, Skövde kommun, Stockholms stad, Stockholm Vatten och Avfall, Sundsvalls kommun, Söderköpings kommun, Södertälje kommun, Tekniska verken i Linköping, Umeå kommun, Uppsala Vatten & Avfall AB, VA SYD AB, Vakin AB, Varbergs kommun, Vatten & Miljö i Väst (Vivab), Växjö kommun, Örebro kommun, Östersunds kommun.

Privata verksamheter

Aarsleff Rörteknik AB, Edge, Helios Innovations, IVL AB, Kemira Oyj, Landskapslaget AB, Granitor AB, NCC AB, PonoVA, Poseidon, Purac AB, Rent Dagvatten AB, Serneke, SGRI, SISAB, Statens fastighetsverk, StormTac AB, Sweco AB, Sweden Water Research AB, Tecomatic, Trafikverket, Tyréns AB, Uponor Infra, Vattenmyndigheterna, Veg Tech AB

Svenska universitet och forskningsinstitut:
Chalmers tekniska högskola, KTH, Linköpings universitet, Lunds universitet, Malmöuniversitet, RISE, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala universitet



Figur 10: Dag&Näts medlemmar (blå markering) och samarbetsparter (grön markering) i Sverige.



Figur 11: Dag&Näts internationella samarbetspartner

2.6 Medverkan i referens- och expertgrupper

Under 2023 har Heléne Österlund från Dag&Nät medverkat i referensgruppen för projektet om dagvatten i miljöfarlig verksamhet inom Miljösamverkan Sverige www.miljosamverkansverige.se. Godecke Blecken var del av expertgruppen för SOU utredningen om vattenfrågor vid planläggning och byggande.

Dessutom har Maria Viklander och Lian Lundy varit medlem i vetenskapliga kommittén för internationella ICUD konferensen.

Maria Viklander har agerat sakkunnig i bedömningsgrupper för projektansökningar, såsom i FCT (Foundation for Science and Technology, Portugal) bedömningsgrupp för utlysningar inom samhällsbyggnadsområde, samt i Norges forskningsråd.

Inga Herrmann har fortsatt verkat som ordförande för internationella vattenföreningens expertgrupp för små vatten- och avloppssystem (IWA Small Water and Wastewater Systems Specialist Group) medan Elisabeth Kvarnström medverkar som ledamot i IWA Sveriges ledningsgrupp.

Vidare är Annelie Hedström lärarledarmot i Tekniska fakultetsnämnden vid Luleå tekniska universitet.

2.7 Samverkan med övriga VA-kluster

Samverkan med de andra av Svenskt Vatten finansierade VA-kluster har fortsatt under 2023 i gemensamma klusterledarmöten och planeringen av nationella VA-klusterkonferensen "Vatten utan gränser" som ordnades i februari 2024. Dag&Nät har också, tillsammans med övriga VA-klustren, deltagit med monter i Vattenstämman 2023, samt bidragit med presentationer inom sina expertområden om dagvattenhantering, mikroplast i dagvattnet och blå-grön infrastruktur för klimatanpassning av framtidens städer, i den av VA-teknik Södra anordnade workshopen "Vad innebär hållbar dagvattenhantering?". Dessutom fortsätter samarbete inom den klustergemensamma Vattenforskarskolan (se pkt. 3.3.) och AquaClim.

2.7.1 Samarbete kring ämnesgrupper

För att främja kunskapsutbyte och –spridning inom branschen och mellan olika aktörer har ämnesspecifika arbetsgrupper initierats av högskoleklustren. I dessa ämnesgrupper deltar viktiga forsknings- och branschaktörer som är intresserade av samma forskningsfråga för att tillsammans och organisationsöverskridande kunna lösa aktuella utmaningar, genom att fokusera de olika kunskaper och kompetenser.

Dag&Nät är engagerat i ämnesgruppen:

Tillskottsvatten, bräddning, smittspridning

Denna ämnesgrupp samarbetar inom området tillskottsvatten till avloppssystem och omfattar såväl tillskottsvattnets påverkan på avloppsvattenrening, miljö och kostnader som metodik för att värdera, kvantifiera, spåra och reducera tillskottsvattenmängderna.

Under året har ca två teamsmöten hållits och aktuella frågeställningar diskuterats.

Under 2023 anordnade ämnesgruppen även ett seminarium on-line för nätverket "Tillskottsvatten och bräddning". Temat för seminariet var "oönskade ämnen i tillskottsvatten". Drygt 60 deltagare deltog vid seminariet. Nätverket hade vid årsskiftet 2023/2024 116 enskilda medlemmar från 47 kommuner, 16 privata företag och tre universitet.

3 Kompetensförsörjning

Inom Dag&Nät genomförs aktiviteter som bidrar till att trygga den framtida försörjningen av kompetent personal till VA-branschen.

3.1 Studentorienterad branschdag

Den årliga studentorienterade branschdagen vid Luleå tekniska universitet som är obligatorisk för studenter som läser kursen VA-system på civilingenjörsprogrammen Naturresursteknik och Väg- och vattenbyggnad gick den 27 februari. Branschdagen är även öppen för yrkesverksamma och alla intresserade i VA-branschen. Totalt deltog drygt 130 personer, varav ca 100 på plats och ett 30-tal online.

Årets tema var vattenförsörjning. På programmet fanns inslag om arbetet med att skydda vattenresurser och VA i den gröna omställningen i Norrbotten, med fokus på framtida samarbetsmöjligheter mellan Luleå och Bodens kommuner. Olika perspektiv på framtidssäkrad dricksvattenförsörjning från flera delar av landet presenterades likaså som dricksvattenutredningar från råvatten till tappkran och behovet av riskanalyser. Det presenterades också exempel på konsultuppdrag med fokus på det förebyggande arbetet och hantering av oönskade händelser, samt om ”den fjärde tekniken”: tekniskt vatten. Från LTU presenterade Brenda Vidal och Leven Melse om möjligheterna och utmaningarna med återanvändning av BDT-vatten för dricksvattenproduktion.

Utanför föreläsningssalen fanns en liten utställning av företag och kommuner som nyttjade möjligheten att prata och mingla med alla deltagare.

3.2 Grundutbildning inom VA-området vid LTU

Inom grundutbildningen på grundläggande och avancerad nivå för VA-teknik hölls 2023 kurserna listade i tabell 3 som visar vilka kurser som getts, antalet studenter som läst kurserna och i vilka program kurserna gavs.

Tabell 3: LTU-kurser inom VA-teknik

Kurs	Student- antal	Program
Samhällsbyggande	17	Väg och Vatten
Hydraulik och geologi	26	Väg och Vatten
VA-system	44	Väg och Vatten, Naturresursteknik
Hållbart byggande	111	Väg och Vatten, Arkitektur, Brandingenjör
Naturliga vatten-transportprocesser	20	Naturresursteknik
Naturresursteknik	14	Naturresursteknik
Resurseffektiva vatten- och avloppssystem	2	Naturresursteknik
Dagvatten	12	Naturresursteknik, Arkitektur, Samhällsbyggnad
Tillämpad hydraulik	34	Brandingenjör
Samhällets planering för risker och kriser	21	Brandingenjör, Samhällsbyggnad
Dagvatten	28	Fristående kurs, Norrtälje

3.2.1 Examensarbeten

Examensarbeten är en viktig del i utbildningen av blivande VA-ingenjörer och utförs ofta i samarbete med eller på initiativ av medlemskommuner. Genom denna samverkan får VA-organisationer möjlighet att utföra olika mindre projekt tillsammans med intresserade examensarbetare och i ett tidigt skede attrahera kompetent personal till sin verksamhet. Samtidigt får studenterna möjlighet att fördjupa sig i vatten- och avloppsfrågor och bekanta sig med VA-verksamheten och möjliga framtida arbetsgivare.

Sedan 2020 samlar vi förslag på examensarbeten inom ämnesområdet vatten- och avloppsteknik på en särskild websida. Den fungerar som "mötesplattform" för VA-branschen där VA-organisationer kan erbjuda studenter intressanta projektuppslag. Kontinuerligt tillkommer nya examensarbeten på denna sida, och gamla plockas bort. Från och med hösten 2021 läggs även externa exjobb upp på LTUs samverkansplattform Annonportal.

Under 2023 har två examensarbeten med fokus på VA-teknik publicerats vid LTU (se pkt 4.8.7 för fullständig referens).

3.2.2 Projektkurser

Under 2023 har två studenter individuellt genomfört ett projekt var genom projektkurs i VA-teknik motsvarande 15 hp.

3.3 Vattenforskarsskolan

Forskarsskolan ger doktorander inom VA-sektorn i Sverige en plattform för nätverkande och ett större utbud av kurser. Dessa är även tillgängliga för yrkesverksamma i branschen.

För närvarande finansieras Vattenforskarsskolan genom Formasprojektet AquaClim. Tidigare har Vattenforskarsskolan finansierats av ett 4-årigt Formasprojekt (2016-2021) och av Svenskt Vatten (2021-2023). Därtill stöds Vattenforskarsskolan av de olika forskningsklustren Dag&Nät, VA-kluster Mälardalen, DRICKS och VA-teknik Södra.

Nya deltagare i Vattenforskarsskolan tillkommer kontinuerligt samtidigt som allt fler blir alumner genom att de disputerar. December 2023 var 78 doktorander inskrivna som tog del av forskarsskolans kursutbud, seminarier, mentorsprogram och sociala aktiviteter. Sedan start har 42 av Vattenforskarsskolans doktorander disputerat, fyra har avslutat sina

forskarstudier i samband med licentiat och fyra hoppat av sina studier.

Det årliga seminariet genomfördes 13-14 juni i Göteborg med DRICKS som värd. Det var mycket givande dagar med presentationer, workshopar och videopresentationer samt dag 2 en trevlig båttur i Göteborgs skärgård.

Under 2023 har fyra doktorandkurser givits inom ramen för Vattenforskarsskolan (tabell 3). Dag&Nät var involverad i två av kurserna.

Tabell 4: Doktorandkurser 2023 inom Vattenforskarsskolan

<i>Kurs</i>	<i>Antal deltagare från LTU</i>	<i>Ansvarig</i>	<i>Totalt antal deltagare (*)</i>
Tillämpning av maskininlärning i vattensammanhang	3	VA-teknik Södra	17 (3)
Analys av mikroplast i vatten-, avlopps- och slammatriser	4	Kluster Mälardalen/ Dag&Nät	12 (1)
Dataanalys med python och R	6	Dag&Nät	12 (1)
Dricksvatten	2	Dricks	--

*antalet i parentes motsvarar de yrkesverksamma som läst kursen

-- innebär att vi inte har kännedom om totala deltagarantalet

Annelie Hedström, Dag&Nät är ansvarig för mentorsprogrammet. Under 2023 påbörjade en av Vattenforskarsskolans doktorander mentorsprogrammet, ingen tillhörande Dag&Nät.

3.4 MOOC kurs

Den tidigare skapade massive open on-line course (MOOC) [Dagvattenhantering i ett](#)

[föränderligt klimat](#) har fortsatt varit kostnadsfritt tillgänglig för alla intresserade under hela 2023. Sedan starten har kursen tagits av cirka tvåhundra personer. Därmed har vi kunnat ytterligare nå ut med vår forskning och kunskap till omgivande samhälle.

3.5 Licentiat och disputationer

Under 2023 har tre disputationer och tre licentiatseminarier ägt rum i VA-teknik vid Luleå tekniska universitet.

Disputation Joel Lönnqvist, 8 september 2023. *Green roof vegetation and stormwater runoff quantity - Effects of plant traits, diversity and life strategies.*

Opponent: Ishi Buffam (SLU)

Betygsnämnd: Manfred Köhler (University of Applied Sciences Neubrandenburg, Tyskland), Wolfgang Rauch (Universität Innsbruck, Österrike), Cintia Bertacchi Uvo (SYKE, Finland)

Disputation Snežana Gavrić, 14 december 2023. *Trace metal in swale soils and sediments from gully pots and stormwater management ponds.*

Opponent: Laura Wendling (Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland)

Betygsnämnd: John S. Gulliver (University of Minnesota, Minneapolis, USA), Sondre Meland (NIVA, Oslo, Norge), Rolf Larsson (LU)

Disputation Arya Vijayan, 15 december 2023. *Traffic-related pollutants in urban snow: Concentrations, size fractionation, and release with snowmelt.*

Betygsnämnd: Caterina Valeo (University of Victoria, Kanada), Helen French (NMBU, Ås, Norge), Per-Arne Malmqvist (Chalmers)

Licentiat Saida Kaykhali, 17 februari 2023. *Urban Stormwater treatment with ultrafiltration and pulsatile fluid flow.*

Diskutant: Ekatarina Sokolova (Uppsala universitet)

Licentiat Mashreki Sami, 28 februari 2023. *Factors influencing treatment efficiency of decentralized greywater treatment systems.*

Diskutant: Sahar Dalameh (Uppsala universitet)

Licentiat Ali Beryani, 2 juni 2023. *Organic micropollutants in highway runoff and role of a gross pollutant trap (GPT) biofilter stormwater treatment train.*

Diskutant: Katharina Tondera (INRAE Research Institute, Villeurbanne, France)

3.6 Uppdrag i betygskommittéer

Seniora forskare Maria Viklander, Annelie Hedström, Heléne Österlund, Inga Herrmann och Lian Lundy, Dag&Nät/LTU har under året bidragit med sin kompetens i betygsnämnd för flera disputationer, licentiat- och mittseminarier, nationellt och internationellt:

Aigars Lavrinovics, “*Microalgal technology for municipal wastewater post-treatment*”, disputation, Riga Technical University, mars 2023

Maja Ekblad, “*Removal of organic micropollutants from wastewater in a Swedish context*”, disputation, Lunds universitet, 24 maj 2023

Qingchuan ZHU, “*Low-cost sensors for monitoring stormwater source control measures*”, disputation, INSA Lyon, Frankrike, 31 maj 2023

Elly Lucia Gaggini, “*Occurrence and transport of microplastics in road runoff*”:

analysis of tyre wear in stormwater, sediments, and soil”, mittseminarium, Chalmers Tekniska Högskola, 22 september 2023

Jessica Fell, “*Evaluating the potential for Blue-Green Infrastructure benefits using the case study of stormwater ponds in Cape Town, South Africa*”, disputation, september 2023

Kelsey Smyth, “*Microplastics Characterization in Stormwater: Pavement Source Evaluation and Treatment Efficiency of a Bioreten-tion Cell*”, disputation, University of To-ronto, 23 november 2023

Emma Fältström, “*Mitigating Microplastics Pollution in Urban Water Systems: Flow, ac-tors, and control measures*”, disputation, Linköping universitet, december 2023

3.7 Utbildning och föredrag för yr-kesverksamma & allmänhet

Under året har både seniora forskare och dok-torander givit kurser och presentationer på nationella konferenser och andra evenemang som i första hand vänder sig till yrkesverk-samma i vattensektorn.

Den fristående kursen om Dagvatten i Norr-tälje som ges av LTU/Dag&Nät vänder sig också till yrkesverksamma inom dagvatten-området. Flesta deltagare vid kurstillfällen 2023 utgjordes av yrkesverksamma. Vatten-forskarskolans kurser är likaså öppna att läsas för yrkesverksamma.

3.8 Kunskapsutbyte

I syfte att vidareförmedla och sprida den kun-skap som samlats in genom forskning och projektarbete inom Dag&Näts temaområden arrangeras regelbundna temamöten, utöver kommun- och projektmöten.

Temamöten är ett forum för referensgrup-perna inom respektive tema att utbyta erfarenheter kommuner emellan på operativ in-genjörsnivå, att diskutera aktuella frågeställ-ningar, ge input till pågående forskningspro-jekt samt att ta del av senaste nytt och resultat från aktuella projekt inom temat.

För att ta hänsyn till de olika organisations-strukturer och kompetensområden hos perso-nalen i medlemskommunerna samt till över-lappen av kunskaper över temagränserna och för att ge möjlighet till så många represen-tanter från medlemsorganisationerna som möj-ligt att delta i temamöten anordnas dessa i form av övergripande temamöten där de olika temana flätas ihop.

Ett sådant övergripande temamöte hölls i samband med branschdagen vid LTU i febru-ari 2023 och ytterligare referensgruppsmöten i samband med Dag&Näts årliga strategida-gar i september.

4 Kommunikation

Inom Dag&Nät läggs stor vikt vid att resultat från forsknings- och utvecklingsarbetet ska komma många aktörer tillhanda. Därför genomfördes ett stort antal kommunikationsaktiviteter under 2023.

4.1 Hemsida

Dag&Nät tillhandahåller en hemsida med omfattande information om sin verksamhet. Hemsidan riktar brett mot alla aktörer inom VA-Sverige och uppdateras kontinuerligt med senaste nytt inom främst projektaktiviteter, publikationer, organisation, och personal.

4.2 Nyhetsbrev

Information om Dag&Näts aktuella projekt och aktiviteter publiceras i ett nyhetsbrev som ges ut fyra gånger per år. Nyhetsbrevet skickas ut via mejl till mer än 550 prenumeranter samt sprids via Dag&Näts sociala mediekkanaler. På hemsidan kan man anmäla sig till det elektroniska utskicket av nyhetsbrevet samt ta del av senaste nummer.

4.3 Sociala medier

I strävan att snabbt och enkelt kommunicera aktuell information om projekt och aktiviteter inom forskningsklustret till yrkesverksamma och VA-intresserade användare inom branschen använder sig Dag&Nät i första hand av LinkedIn gruppen Dag&Nät samt @_DagNat profilen på X (tidigare Twitter).

4.4 Artikelserie Ny Forskning och Teknik

Den populärvetenskapliga artikelserien Ny Forskning och Teknik lyfter och beskriver nyttan av forskningsresultaten framtagna inom Dag&Nät ur ett användarperspektiv och består av utökade sammanfattningar av

forskningsartiklar på svenska. Artiklarna i denna serie skickas ut elektroniskt samt publiceras på Dag&Näts hemsida.

Under 2023 har det publicerats tre nya artiklar om samordnad förnyelse av infrastruktur från strategisk beslutsnivå, flödesstrykning i svackdiken för minskad översvämningssrisk, samt design av biofilter för ökad flödesfördröjning (se pkt. 4.8.8 för fullständig referens).

4.5 Europeisk vattenplattform

Den Brysselbaserade vattenplattformen Water Europe är ett viktigt europeiskt forum för påverkan och samarbete inom vattensektorn. Dag&Nät är sedan flera år medlem i plattformen och medverkar aktivt i flera arbetsgrupper, bl.a. WG Managing Hydroclimatic Extremes och WG Nature-based solutions, samt är biträdande ledare för arbetsgruppen WG Water and Zero Pollution.

Under året har ett flertal möten och workshops ägt rum inom arbetsgrupperna. Samarbetet inom arbetsgruppen för Zero Pollution (nollföroreningar) ledde till inlämning av en projektansökan inom EU Horizon Zero Pollution utlysningen "Holistic approaches for effective monitoring of water quality in urban areas". Dag&Nät kommer att bidra till projektet inom ramen för prioriterade ämnen, med Stockholm Vatten och Avfall som projektpartner och fallexempel på en stad.

4.6 Arrangerande av seminarier, workshops, föreläsningar

DRIZZLE lunchseminarier

Under 2023 fortsatte "DRIZZLE - centrum för dagvattenhantering" sin serie av lunchseminarier online, där resultat från DRIZZLE:s pågående arbete presenterades för intresserade inom partnerskapet. Totalt 15 seminarier gavs via Zoom, för det flesta varannan

onsdag. Seminarierna omfattade kortare presentationer och gav möjlighet till dialog med dem som presenterade.

Dag&Nät seminarieserie

Dag&Näts öppna seminarieserie där resultat från aktuell forskning inom Dagvatten, Ledningsnät och Resurseffektiva Små Avloppssystem presenteras och diskuteras en gång i månaden, fortsatte under 2023. Seminarierna riktar mot alla som är intresserade inom VA-branschen och anordnas som webinarier via Zoom.

Totalt hölls åtta seminarier på temana:

1. Dagvattenbiofilter: Metaller och organiska föroreningar i filtermaterial och försedimentering
2. Provtagning av sediment i dagvattenbrunnar – viktigaste resultat
3. Spridning av mikroföroreningar från en infiltrationsanläggning
4. Hur mycket kan dagvattenbiofilter bidra till rening av potentiell miljöfarliga organiska mikroföroreningar?
5. Sensorer för kontinuerlig mätning av dagvattenkvalitet
6. Småskalig avloppsvattenrening med vassbäddar
7. Modellering av BGI-strategier för dagvattenhantering: kvantitet och kvalitet
8. Potential för svartvatten som gödningsmedel: koncentration med membrandestillation

EuroSam

Den 15-16 februari stod Dag&Nät vid Luleå tekniska universitet som värd för EuroSam 2023 workshopen i Vetenskapens hus i Luleå. Experter inom asset management av avloppssystemet samlades för utbyte av kunskap och idéer. Exempelvis berättade Franz Tscheikner-Gratl från NTNU Trondheim och Youen Pericault, Dag&Nät om den stora potentialen för kostnadsoptimering som finns i integrerad tillgångsförvaltning, vilket

omfattar samordnad förnyelse mellan avlopp, vatten och annan urban infrastruktur.

Cirkulär vattenhantering – ett paradigmskifte

Den 28-29 november samarrangerade VA-teknik vid LTU, Dag&Nät och IWA Sverige VA-konferensen ”Cirkulär vattenhantering – ett paradigmskifte” i Luleå. Konferensen tog upp de olika utmaningar och möjligheter som VA-kollektivet står inför, både nationellt och internationellt. Dessutom fick deltagarna även ta del av tankeväckande perspektiv genom inspirationsföreläsningar av ekologen och naturjournalisten Thomas Öberg om hans funderingar om vattensjukt och vattenfriskt, samt Nicholas Fernholm som inspirerade till att våga fatta de snabba besluten och hänga med i den digitala utvecklingen. Teman som genomsyrade konferensen var, utöver all kunskap som vi kollektivt besitter, bland annat modet att våga och att samverka med varandra.

DRIZZLE partsstämma 2023

Den 29-30 augusti stod den nya DRIZZLE-parten Växjö kommun värd för den årliga DRIZZLE partsstämman, där representanter från partnerorganisationerna får ta del av forskningsresultat, bidra med input till projekt, samt umgås med varandra, vilket inte sällan leder till idéer om nya forskningsprojekt. Fokus denna gång låg på erfarenheter från byggande, drift och underhåll av dagvattenanläggningar, särskilt i Växjö, då det även arrangerades ett lokalt studiebesök av olika anläggningar.

4.7 Deltagande på konferenser, etc

Nedan följer ett axplock av arrangemang, både nationellt och internationellt, som Dag&Nät har deltagit i under 2023:

3 mars arrangerade Bodens kommun en workshop om Bodens dagvattenstrategi där

flera representanter från Dag&Näts dagvattenforskargrupp bidrog till diskussionerna.

9 mars medverkade Alexandra Müller i seminariet "Förorenat dagvatten – krav, utmaningar och naturbaserade reningslösningar" som samordnades av projekten Klima 2050, IPN-Rentvegvann och MultiSource i Oslo, Norge.

15-16 mars presenterade Heléne Österlund, Mashreki Sami och Inga Herrmann pågående forskningsprojekt på konferensen Vatten Avlopp Kretslopp i Helsingborg.

21-22 mars representerades Dag&Nät av Emmanuel Okwori och Annelie Hedström i RÖK konferensen 2023. Dag&Nät deltog även med en monter.

24-25 mars bidrog Alexandra Müller och Kelsey Flanagan, Dag&Nät, med presentationer om källor till föroreningar i dagvatten och DRIZZLE i Dagvattenkonferensen i Stockholm.

30 april – 4 maj deltog Lian Lundy som talare i SETAC 2023 i Dublin, Irland, och presenterade EU-handlingsplanen för nollförorening i det urbana vattenkretsloppet och behovet av datainsamling.

10 maj diskuterade Maria Viklander "Problem i och vid snövatten" i det av nätverket Renare Mark arrangerade digitala seminariet "Problem i vatten?".

11 maj talade Maria Viklander om dagvattenkvalitet i EWA/VLARIO Spring Conference 2023.

9-11 maj deltog Dag&Nät med en monterutställning på Svenskt Vattens Vattenstämman.

2 juni presenterade Kelsey Flanagan önskade ämnen i tillskottsvatten vid digitala

nätverksträffen "Tillskottsvatten och bräddning".

13 juni representerade Ico Broekhuizen Dag&Nät på 2nd Forum on the EU Mission Adaptation to Climate Change.

3-7 juli deltog en delegation på 16 representanter från Dag&Nät i internationella dagvattenkonferensen Novatech i Lyon, Frankrike och presenterade sin pågående forskning.

5-7 september presenterade Mashreki Sami sitt licentiatarbete på digitala seminariet om Småskaliga avloppssystem som arrangerades av finska miljöinstitutet SYKE.

21 september presenterade Annelie Hedström, Alexandra Müller och Emelie Nilsson Hedlund resultat från forskningsprojekt på Nordiwa konferensen i Göteborg.

24 oktober medverkade Heléne Österlund och Godecke Blecken i en KCV workshop för framtagande av forskningsagenda.

25 oktober medverkade Dag&Nät i interna dagvattenutbildningen för Bodens kommun.

17 november presenterade Letty Mora och Stephanie Rusch Fehrmann sina pågående forskningsstudier på 10th National Congress of Sanitary Engineering and 1st National Congress of Hygiene and Industrial Safety Engineering.

21 november presenterade Mashreki Sami och Stephanie Rusch Fehrmann sin forskning på digitala nätverksträffen "Källsorterande avloppssystem".

4.8 Publikationer

Dag&Nät har publicerat forsknings- och utvecklingsresultat i vetenskapliga tidskrifter, vid konferenser, i rapporter m.m., se nedan.

4.8.1 Artiklar i vetenskapliga tidskrifter

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Occurrence and concentrations of organic micropollutants (OMPs) in highway stormwater: a comparative field study in Sweden*. Environmental Science and Pollution Research, s. 77299-77317

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Performance of a gross pollutant trap-biofilter and sand filter treatment train for the removal of organic micropollutants from highway stormwater (Field study)*. Science of the Total Environment, Vol. 900

Furén, R., Österlund, H., Winston, R., Tirpak, A., Dorsey, J., Smith, J., Viklander, M. & Blecken, G.-T. (2023). *Concentration, distribution, and fractionation of metals in the filter material of 29 bioretention facilities: a field study*. Environmental Science, Vol. 9, nr 12, s. 3158-3173

Gavrić, S., Flanagan, K., Wei, H., Österlund, H., Lundy, L., & Viklander, M. (2023). *Accumulation and contamination of gully pot sediments from varied land-use types: metal loads, concentrations and speciation*. Environmental Science and Pollution Research, 30, 109825-109840.

Kaykhaii, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Heidfors, I., Viklander, M. (2023). *Enhancing stormwater treatment through ultrafiltration: Impact of cleaning chemicals and backwash duration on membrane efficiency*. Water Reuse, 13 (4): 634-646.

Kaykhaii, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., & Viklander, M. (2023). *Stormwater treatment using an ultrafiltration membrane and pulsatile fluid flow*. Urban Water Journal.

Lange, K., Furén, R., Österlund, H., Winston, R., Tirpak, R., Nordqvist, K., et.al. (2023). *Abundance, distribution, and composition of microplastics in the filter media of nine aged stormwater bioretention systems*. Chemosphere, Vol. 320

Lönnqvist, J., Farrell, C., Schrieke, D., Viklander, M. & Blecken, G.-T. (2023). *Plant water use related to leaf traits and CSR strategies of 10 green roof species*, Science of the Total Environment, 890.

Mantilla, I., Flanagan, K., Muthanna, T., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2023). *Variability of green infrastructure performance due to climatic regimes across Sweden*. Journal of Environmental Management, vol. 326

Milovanovic, I., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Müller, A. & Viklander, M. (2023). *Synthetic stormwater for laboratory testing of filter materials*. Environmental technology, vol. 44, no 11, s. 1600-1612.

Müller, A., Österlund, H., Nordqvist, K., Marsalek, J. & Viklander, M. (2023). *Releases of micropollutants from building surface materials into rainwater and snowmelt induced runoff*. Chemosphere, vol. 330

Nyström, F., Herrmann, I., Hedström, A. & Viklander, M. (2023). *Polymer-assisted hydraulic dredging for quality control of stormwater pond sediment and reject water – Influence of polymer choice and its preparation*. Journal of Water Process Engineering, vol. 51

Pericault, Y., Viklander, M. & Hedström, A. (2023). *Modelling the long-term sustainability impacts of coordination policies for urban infrastructure rehabilitation*. Water Research, Vol. 236, 119912

Sagrelus, P., Blecken, G., Hedström, A., Ashley, R. & Viklander, M. (2023). *Sustainability performances of bioretention systems with various designs*. Journal of Environmental Management, Vol. 340

Sami, M., Hedström, A., Kvarnström, E., McCarthy, D. T. & Herrmann, I. (2023). *Greywater treatment in a green wall using different filter materials and hydraulic loading rates*. Journal of Environmental Management, 340, 117998

Söderholm, K., Vidal, B., Hedström, A. & Herrmann, I. (2023). *Flexible and Resource-Recovery Sanitation Solutions: What Hindered Their Implementation? A 40-Year Swedish Perspective*. Journal of urban technology, Vol. 30, nr. 1, s. 23-45

Taneez, M., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2023). *Impacts of stormwater pipe materials and pipe repairs on stormwater quality: a review*. Environmental Science and Pollution Research, 30, 118065–118077.

Tixier, G., Rochfort, Q., Grapentine, L., Marsalek, J., Lafont, M. & Vivien, R. (2023). *Toxicity of sediments in eight urban stormwater management ponds: bioassessment by an oligochaete community metrics used in the sediment quality triad*. Water Science and Technology, vol. 87, nr 5, s. 1112-1128

Vezzaro, L., Gilbert, N., Lundy, L., Torres Cajiao, M. N. & Zhang, K. (2023). *Urban stormwater management*. Environmental Science: Water Research & Technology, vol. 9, nr 12, s. 3091-3093

Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Heiderscheidt, E., Rossi, P. & Herrmann, I. (2023). *Treatment efficiency of package plants for on-site wastewater treatment in cold climates*. Journal of Environmental Management, Vol. 342

Wei, H., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *Influence of seasonal activities and traffic conditions on the accumulation and particle size distribution of gully pot sediments*. Journal of Environmental Management, 348.

Wei, H., Flanagan, K., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *A study of 101 organic substances in gully pot sediments accumulated over a one-year period in Stockholm, Sweden*. Science of the Total Environment, 894.

Österlund, H., Blecken, G., Lange, K., Marsalek, J., Gopinath, K. & Viklander, M. (2023). *Microplastics in urban catchments: Review of sources, pathways, and entry into stormwater*. Science of the Total Environment, Vol. 858

4.8.2 Konferensbidrag

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Managing environmental risk of organic micropollutants (OMPs) in highway stormwater: Role of gross pollutant trap-biofilter treatment train*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Flanagan, K., Cartwright, M., Shen, P., McCarthy, D., Blecken, G.-T., Viklander, M. & Gromaire, M.-C. (2023). *Treatment of micropollutants in stormwater biofilters: comparing model results with field and lab data*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Hedlund Nilsson, E., Muthanna, T. M., Larsson, U., Broekhuizen, I., & Viklander, M. (2023). *Precipitation and Melt Days Analysis at Different Geographic Locations in Northern Europe*. NORDIWA 2023, Göteborg, 5-7 september

Kali, S. E., Österlund, H., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2023). *Occurrence and Concentration of Pollutants from Stormwater Runoff in Receiving Water: A Case Study Fyrisån River*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Kaykhani, S., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., & Viklander, M. (2023). *Stormwater treatment with ultrafiltration: Characterisation of backwash water*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Kjellin, J., Ekeröth, S., Erdal, D., Olsson, J. & Broekhuizen, I. (2023) *The coupling between urban floodings and soil moisture in green areas for present and future climate*. Nordic Wastewater Conference, 2023 (NORDIWA 2023), september 5-7

Mantilla, I., Flanagan, K., Broekhuizen, I., Muthanna, T. & Viklander, M. (2023). *Evaluating the infiltration performance of grassed swales: Comparison between point measurements and a full-scale infiltration method*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Milovanovic, I., Hedström, A., Viklander, M., Kullberg, A.M. & Blecken, G. (2023). *Re-design of stormwater sewer network by introducing an end-of-pipe underground stormwater treatment system*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Müller, A., Österlund, H., Nordqvist, K., Lindfors, S. & Viklander, M. (2023). *Organic micropollutants in stormwater runoff from three urban catchments in Sweden*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Taneez, M., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2023). *An evaluation of the impact of alternative pipe materials on*

stormwater quality. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Tedoldi, D., Flanagan, K., Gavrić, S., Blecken, G.-T., Couvidat, J., Gautier, M., Österlund, H., Viklander, M. & Chatain, V. (2023). *Geochemical signature of urban stormwater sediments: a France/Sweden comparison*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Vijayan, A., Österlund, H. & Marsalek, J. (2023). *Snow pollution over three decades in Luleå, Sweden*. 11th Novatech international conference, Lyon, Frankrike, 3-7 juli

Wei, H., Lundy, L., Muthanna, T. M., & Viklander, M. (2023). *Evaluating the impacts of seasonal activities and traffic conditions on the accumulation of gully pot sediments*. 11th Novatech international conference, Lyon, France, 3-7 juli

4.8.3 Rapportör

Dag&Nät Verksamhetsberättelse 2022, (2023). Stockholm: Svenskt Vattens C-rapportserie

Nyström, F., Hedström, A., Herrmann, I., & Viklander, M. (2023). *Kemisk fällning – en möjlig reningsprocess för dagvatten*. SVU-rapport 2023-5. Svenskt Vatten, Stockholm

Herrmann, I., Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Rossi, P., Ronkanen, A., et al. (2023). *Stickprovtagning från små avlopp - Utsläpp, variabilitet och korrelationer av föroreningar*. Teknisk rapport, Luleå tekniska universitet.

Isaksson, F., Herrmann, I. & Kvarnström, E. (2023). *Greywater reuse for different purposes in Sweden: A literature review*. Teknisk rapport. Luleå tekniska universitet.

Marsalek, J., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Dagvatten från järnvägsinfrastruktur: kunskapssammanställning och miljöpåverkan (Drainage of railway transportation infrastructure: Status and environmental concerns)*. Rapport. Luleå tekniska universitet

4.8.4 Datasets (SND)

Beryani, A., Flanagan, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2023). *Datasets of a stormwater treatment train facility consisting of a gross pollutant trap and biofilters/sand filter in Sundsvall, Sweden*. Svensk nationell data-tjänst (SND)

Sami, M., Hedström, A., Kvarnström, E. & Herrmann, I. (2023). *Quality of greywater from a city district before and after treatment in a green wall*. Svensk nationell datatjänst (SND)

Vidal, B., Kinnunen, J., Hedström, A., Heiderscheidt, E. & Herrmann, I. (2023). *Wastewater influent and effluent concentrations from on-site package plants in Northern Sweden and Finland*. Svensk Nationell Data-tjänst (SND)

4.8.5 Doktorsavhandlingar

Gavrić, S. (2023). *Trace metals in swale soils and sediments from gully pots and stormwater management ponds*. Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

Lönnqvist, J. (2023). *Dagvattenavrinning och växter på gröna tak - påverkan av artsammansättning, växtegenskaper och livsstrategier*. Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

Vijayan, A. (2023). *Traffic-related pollutants in urban snow: Concentrations, size fractionation, and release with snowmelt*. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet

4.8.6 Licentiatuppsatser

Beryani, A. (2023). *Organic micropollutants in highway stormwater and the role of a gross pollutant trap-biofilter stormwater treatment train*. Licentiatuppsats, Luleå tekniska universitet

Kaykhahi, S. (2023). *Urban Stormwater Treatment with Ultrafiltration and Pulsatile Fluid Flow*. Licentiatuppsats. Luleå tekniska universitet.

Sami, M. (2023). *Performance of on-site systems and a green wall for greywater treatment*. Licentiatuppsats. Luleå tekniska universitet.

4.8.7 Examensarbeten

Noorhussin Ali, A. (2023). *Lifetime Cost Effectiveness of Constructed Wetland and Rain Garden Facilities in Relation to Expected Treatment Performance*. Civilingenjörsexamen, Naturresursteknik, 2023

Shariatmadari, H. (2023). *Wastewater Treatment at Kraft Pulp Mills: Effect of temporary effluents and mitigation measures*. Civilingenjörsexamen, Naturresursteknik, 2023

4.8.8 Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik"

Hedström, A. & Pericault, Y. (2023). *Att samordna förnyelse av infrastruktur från strategisk beslutsnivå*. Ny Forskning och Teknik, nr 15

Broekhuizen, I. & Mantilla, I. (2023). *Flödesstrykning i svackdiken för minskad översvämningsrisk*. Ny Forskning och Teknik, nr 16

Broekhuizen, I. & Adhikari, U. (2023). *Design av biofilter för ökad flödesfördröjning*. Ny Forskning och Teknik, nr 17

4.9 I media – ett axplock

Dag&Nät har under 2023 medverkat eller uppmärksammat bl.a. i nedan listade mediainslag och populärvetenskapliga artiklar.

Så vill forskarskolor göra skillnad. FORMAS, 7 februari

Samverkansdoktorand ger Lumire direktlänk till forskning. Svenskt Vatten, 12 februari

Kurs från LTU om dagvattenhantering i ett föränderligt klimat. I: va-guiden, 20 mars

Vi behöver ett helt nytt systemtänk kring dagvatten. I: Dagens Industri, 23 maj

Forskare: Vass kan kapa notan för rent vatten. I: Dagens Samhälle, 27 juli

Norrvatten med i nytt forskningsprojekt om hållbar dagvattenhantering. I: va-guiden, 21 november