

MISTRA
inframaint



En resa mot smart underhåll

Slutrapport Fas 1 2018-2023





Innehåll

1. Framtidens hållbara infrastruktur	2
2. I backspegeln	4
3. Rätt tid, rätt plats, rätt åtgärder	6
4. Resan mot smart underhåll	12
5. Kommundoktorander banar väg för ett nytt forskningsfält	14
6. Resan mot hållbar tillgångsförvaltning – görs bäst tillsammans	17
7. Gott resesällskap räcker inte – dags att säkra framtidens kapacitet	18
8. Strategier för infrastrukturuomsorg	21
9. Resan fortsätter – framtiden ställer nya krav på infrastrukturen och dess funktion	24
10. Projekt och publikationer	26

1. Framtidens hållbara infrastruktur

Vid starten av Mistra InfraMaint var det nog inte många som kunde ana att det bristande underhållet av vägar och järnvägar samt det eftersatta VA-systemet skulle pryda tidningarnas löpsedlar. De senaste årens extremväder har dock satt ljuset på det eftersatta underhållet av vår infrastruktur. Det blir därför tydligt att Mistra gjorde en framsynt satsning när de tog initiativet som ledde fram till Mistra InfraMaint.

Resultatet är att vårt forskningsprogram sedan länge arbetar med de frågor som allmänheten nu vaknat upp till, och vi kan presentera flera möjliga vägar framåt. Det är nödvändigt för det behövs en samhällsförändring. Fortsätter vi att försumma de kritiska samhällstjänster som vi i Mistra InfraMaint jobbar med, kan vi i framtiden inte längre räkna med rent dricksvatten, fungerande avloppssystem och säkra vägar.

Vad krävs då för att vi ska kunna avvärja en omfattande kris? Politiker från vänster till höger pratar om satsningar på infrastruktur, men det är inte bara pengar som krävs – ökad kompetens, personalresurser, innovationer, samverkan och starka organisationer är minst lika viktigt. Det vill vi bidra till genom vår forskning.

Mistra InfraMaint är ett tioårigt forskningsprogram om infrastrukturunderhåll och tillgångsförvaltning för väg, järnväg och VA, finansierat av Mistra – Stiftelsen för Miljöstrategisk forskning. Programmet har nu nått ett första etappmål på resan mot robust, resilient och hållbar infrastruktur. Fas 1 är avklarad och vi har nått en bit på väg. Denna forskningsrapport presenterar resultaten så här långt och ger en inblick i riktningen framöver.

Resan påbörjades i underhållsskuld, reaktivt underhåll med alldeles för ofta akuta lagningar. Viss systematik för att förutspå underhållsbehoven fanns på plats men bilden av akuta uttryckningar för läckande rör och slukhål i vägbanor var rådande. Sedan starten av Mistra InfraMaint har vi jobbat för ett smartare underhåll med datadriven, förebyggande prognostisering och tydliga kostnads-nyttoanalyser. Under resans gång har en bild framträtt allt tydligare – enbart pengar kommer inte att räcka för att komma till rätta med problemen utan det behövs kompetensutveckling, kapacitetsökning och digitala verktyg. För att lyckas måste vi samarbeta och samverka. Vi måste lyfta blicken

från reaktivt underhåll av enskilda delar till systematisk infrastrukturuomsorg.

Vi har valt att sammanfatta resultaten från fas 1 med utmaningar som samhället och infrastrukturen står inför och presenterar Mistra InfraMaints och våra projekts kunskapsutveckling samt förslag på lösningar för att hantera dessa utmaningar.

Som tur är behöver ingen organisation göra den här resan ensam. Inom Mistra InfraMaint bygger vi ett nytt forskningsområde med kunskap, forskare, kommundoktorander, experter och aktiva organisationer och kommuner som prövar, utvärderar och går i bräschen för ett nytt sätt att tänka kring hållbar tillgångsförvaltning av infrastruktur. Vi bidrar till hållbara affärsmodeller och organisationer samt kompetensutveckling och kapacitetsbyggande. Här skapas kapacitet för smartare organisationer – som kan förstå möjligheter och implementera nya metoder men samtidigt vara medvetna om risker och fatta kloka beslut genom innovativa teknologier, modeller och strategier för att optimera infrastrukturens funktion. Under fas 2 kommer vi att arbeta vidare för att möjliggöra en infrastruktur som är hållbar idag och användbar även för framtida generationer.

Med oss på resan har vi:

- 5 universitet
- 3 forskningsinstitut
- Fler än 20 kommuner
- 12 doktorander
- 23 forskningsprojekt
- Ett stort antal forskare
- 80 MSEK i budget.

Vår resa

Underhålls-skuld

- Avhjälpande
- Planerat



Fas 1 · 2019–2023

Smart underhåll

- Informationsbaserat
- Proaktivt
- Kostnad- och nyttoanalys



Fas 2 · 2023–2028

Infrastruktur-omsorg

- Möjliggöra infrastruktur som är hållbar för framtida generationer



Årligt investeringsbehov VA



31 mdkr

Årligt investeringsbehov väg



14 mdkr*

Årligt investeringsbehov järnväg



16 mdkr

*Avser endast Trafikverkets investeringsbehov. Investeringsbehovet för privata och kommunala vägar är okänt.

2. I backspegeln



En vattenpump i Eriksbergsområdet.

Foto: Severin Nilsson (1846–1918), Stockholms stadsmuseum, Bildnr SMD005935



För att förstå var vi är idag behöver vi förstå var vi kommer ifrån. Historiken är grundläggande när det gäller att skapa en bild av hur vår kommunala infrastruktur har växt och utvecklats över tid och hur gator, vägar och VA-system har kommit att bli hjärtat av vår kommunala infrastruktur. Detta har Pär Blomkvist, docent och universitetslektor vid Mälardalens universitet, tittat på i sin forskning om kommunal infrastrukturhistoria.

Pär har skapat en sammanhängande berättelse som kopplar samman utvecklingen av vår infrastruktur med medicinsk, social, kulturell, ekonomisk, teknisk och politisk historia. Detta för att ge en bred bild av hur våra infrastrukturnätverk har vuxit fram och vilka faktorer som har påverkat dem. Det är första gången någon har genomfört en sådan omfattande jämförande historisk översikt av dessa system.

Arbetet hjälper oss att förstå det historiska arvet som våra infrastruktursystem bär med sig. Det hjälper oss att förklara varför olika typer av infrastruktursystem har utvecklats på specifika sätt och varför de är organiserade som de är. Till exempel visar rapporten hur vägar alltid har betraktats som en allmän angelägenhet, medan vatten och avlopp historiskt sett har betraktats som mer privata angelägenheter. Dessutom visar den hur utvecklingen av vattenförsörjning och avloppssystem i staden inte alltid var samordnad från början, och det tog tid innan man insåg att båda komponenterna var nödvändiga för ett effektivt system. Pärs forskning finns även att avnjuta i bokform.

Forskningen innefattar:

- Jämförande historik av hur olika infrastruktursystem har växt fram i vårt samhälle.
- Koppling till flertalet olika forskningsfält, bland annat medicinsk, teknisk och politisk historia.
- En förklaring till hur utvecklingen av infrastrukturen kring gator, vatten och sanitet har påverkat hur kommunal infrastruktur hanteras idag.



3. Rätt tid, rätt plats, rätt åtgärder

För att få en hållbar, resilient och resurseffektiv tillgångsförvaltning för vår infrastruktur har Mistra InfraMaint utvecklat metoder och modeller för att hjälpa kommuner och organisationer att åstadkomma rätt åtgärder, vid rätt tid och på rätt plats.

All infrastruktur behöver underhållas för att fortsätta fungera och funktionen upprätthålls med förebyggande och avhjälpande underhållsåtgärder. Både avhjälpande och förebyggande underhållsåtgärder kostar pengar men ett funktionsavbrott, så som en brusten dricksvattenledning eller en avstängd bro, medför även stora extra samhällskostnader som exempelvis trafikstörningar. För ett resurseffektivt underhåll krävs därför att man kan bedöma risken för fel, uppskatta konsekvenserna av fel och att man vet vad olika åtgärder kostar. Svårigheten ligger i att införskaffa den information som behövs för att kunna bedöma vilka åtgärder som ska prioriteras, på vilka anläggningar och vid vilka tidpunkter.

Ny teknik

Ny teknik gör det enklare att få kunskap om anläggningarnas skick. Mistra InfraMaint har till exempel testat drönare för att inspektera vattentorn och broar. Programmet har också utvecklat metoder för att bedöma risken för att slitage leder till fel. Kostnader till följd av funktionsavbrott har beräknats för järnvägstransporter, dricksvattenförsörjning och avloppsanläggningar.

Projekt

- 1.1a Deciding how to decide: a guide for water utilities' maintenance decisions
- 1.2a Biofilmstillväxt och biostabilitet i dricksvattennätet
- 1.3 Stöd för underhåll av betong-konstruktioner
- 1.6b Beslutsstöd tillskottsvatten. Från gömda avloppsnät till full åtkomlighet för smarta beslut
- 1.7 Förbättrat beslutsstöd för befintliga VA-ledningsnät
- 1.8 Maintenance of streets based on objective data
- 1.9 Nedbrytning av cykelvägar: Orsaker, konsekvenser och åtgärder
- 1.10 Tillförlitlig järnväg till lägsta kostnad: Rätt åtgärd vid rätt tid
- 2.2 Upphandlingsarena: Samhällskostnader vid upphandling av vägunderhåll
- 3.3 Kunskapsöverföring: Vad kan vi lära från järnvägs-området



PROJEKTEXEMPEL 1.9

Nedbrytning av cykelvägar

Orsaker, konsekvenser och åtgärder

Martin Larsson, Anna Niska & Sigurdur Erlingsson

Utmaning

Kunskapen om nedbrytning av cykelvägar är bristfällig, vilket gör det svårt att bestämma optimal konstruktion och planera underhåll. Medan bilvägar till stor del bryts ner av upprepade trafikbelastningar, handlar det för cykelvägar istället om extrema laster från tunga fordon. Avgrävningar för underhåll av infrastruktur under cykelvägarna samt rotinträngning är andra frekventa problem.

Nedbrytningen börjar ofta på cykelvägens yta vilket direkt påverkar cyklisternas säkerhet och komfort. I kombination med fler typer av cykelfordon och klimatförändringar ställs det krav på nya effektiva metoder för dimensionering och underhåll.

Lösning

Genom en kartläggning av kommunal cykelinfrastruktur i Sverige har teoretiska antaganden om skador och dess orsaker kunnat analyseras.

I projektet ingår också studier där typiska cykelvägs-konstruktioners bärighet vid olika klimatförhållanden och trafikbelastningar undersöks.

Därutöver har ett nytt verktyg, specifikt framtaget för tillståndsbedömningar på cykelvägar, utvärderats.

Sammantaget bidrar detta till ökad kunskap kring nedbrytningen av cykelvägarna och hur denna nedbrytning påverkar cyklisterna.

Samhällspåverkan

1. Direkt återkoppling till problemägarna om cykelvägnätets status.
2. Bättre möjligheter att mäta och analysera cyklisternas upplevelser av infrastrukturen.
3. Optimerad dimensionering och underhåll av cykelinfrastruktur.

PUBLIKATIONER

Larsson, M, Niska, A & Erlingsson S. (2022). Degradation of Cycle Paths–A survey in Swedish Municipalities. *CivilEng*. 2022; 3(2):184–210. <https://doi.org/10.3390/civileng3020012>

Larsson, M. (2023). Cycle paths' degradation processes and surface condition assessment [Licentiatuppsats]. KTH. Stockholm.

KONTAKT

martin.larsson@vti, anna.niska@vti, sigurdur.erlingsson@vti



PROJEKTEXMEPEL 1.10

Tillförlitlig järnväg till lägsta kostnad

Rätt åtgärd vid rätt tid

Abderrahman Ait-Ali, Saeed Hossein-Nia, Kristofer Odolinski & Peter Torstensson

Utmaning

Säkra och pålitliga järnvägstransporter kräver en välskött järnväg. Skicket upprätthålls med förebyggande och avhjälpande underhållsåtgärder, samt reinvesteringar. Detta innebär stora kostnader för samhället, både för själva arbetet och de störningar och avbrott i trafiken som åtgärderna medför. På motsvarande sätt är det kostsamt när järnvägen inte kan användas på grund av fel. Utmaningen är att bedöma vilken kombination av förebyggande och avhjälpande underhåll som minimerar livscykelkostnaden (LCC), samt att välja rätt åtgärd vid rätt tid.

Lösning

För att finna optimala underhållsstrategier simuleras slitage och livslängden på järnvägsanläggningen. Sambandet mellan trafik och antalet underhållsåtgärder, såväl planeerade som avhjälpande, skattas liksom sambandet mellan förebyggande och avhjälpande underhållsåtgärder. Med detta som underlag kan livscykelkostnaden (LCC) för olika underhållsstrategier beräknas.

I InfraMaint har metoden testats för att ta fram strategier för att slipa räls och korrigera spårvidd i kurvor samt för underhåll av växlar. I båda fallen visar resultaten att det finns potential att minska livscykel-kostnaderna.

Samhällspåverkan

1. Mindre störningar i järnvägstrafiken – bättre fungerande transporter.
2. Lägre samhällsekonomiska kostnader för underhåll av järnvägsinfrastruktur.
3. Ett mer hållbart transportsystem genom ökad konkurrenskraft för spårtrafik.

PUBLIKATIONER

H-Nia, S et al (2022). Simulation-based evaluation of maintenance strategies from a life cycle cost perspective

Ait-Ali, A et al. (2023) Evaluating the mix of maintenance activities on railway crossings with respect to life-cycle costs

KONTAKT Peter Torstensson, peter.torstensson@vti.se



PROJEKTEXEMPEL 1.7

Förbättrat beslutsstöd för befintliga VA-ledningsnät

Viktor Bergion, Andreas Lindhe
& Lars Rosen

Utmaning

Åldrande VA-ledningssystem driver på underhållsbehovet och förnyelse-takten måste öka för att kunna leverera dricksvatten samt transportera bort avlopps- och dagvatten. Detta är en situation som de flesta kommuner känner igen sig i. För att prioritera rätt vid förnyelse av ledningar behöver VA-organisationer använda tillgänglig information på ett effektivt sätt och på så vis byta ut ledningar så att samhällsresurser används effektivt. Allt detta för att kunna leverera förväntad samhällsnytta.

Lösning

För att använda samhällsresurserna mest effektivt kombineras riskbedömning av ledningsnätet med samhällsekonomisk kostnadsnyttoanalys. Sannolikheten för rörbrott och andra händelser, tillsammans med de associerade kostnaderna för olika aktörer i samhället, vägs mot åtgärds-kostnaden. Åtgärden kan exempelvis vara att fortsätta underhålla ledningen eller byta ut den. Det riskbaserade arbetssättet gör det möjligt för VA-organisationerna att implementera egna riskbedömningar i beslutsmodellen.

Samhällspåverkan

1. Stöd till kommuner i deras arbete med lednings-förnyelse.
2. Identifierar dolda samhällskostnader till följd av ledningsbrott.
3. Visar hur kostnads-nyttoanalys kan användas vid prioritering av ledningar.

KONTAKT

viktor.bergion@chalmers.se, andreas.lindhe@chalmers.se, lars.rosen@chalmers.se



PROJEKTEXEMPEL 1.6B

Beslutsstöd tillskottsvatten

Från gömda avloppsnät till full åtkomlighet för smarta beslut

**Anna Ohlin Saletti, Lars Rosén, Andreas Lindhe
& Glen Nivert**

Utmaning

Allt vatten i spillvattenförande ledningar som inte är spillvatten kallas för tillskottsvatten. Detta vatten kan bestå av till exempel dagvatten som är medvetet eller omedvetet påkopplat eller inläckande grundvatten. Tillskottsvatten bidrar till att mer vatten behöver renas men kan också orsaka källaröversvämningar och utsläpp via bräddning av orenat avlopps-vatten i sjöar och vattendrag.

Hur mycket tillskottsvatten kan vi acceptera och hur mycket resurser bör läggas på att bygga om nuvarande system för att hantera negativa konsekvenser?

Lösning

I detta projekt angriper vi utmaningen ur ett samhälls-ekonomiskt perspektiv och skapar en modell som kan ligga till grund vid beslutsfattande. Vi använder oss bland annat av kostnads-nyttoanalys där nyttorna och kostnaderna kopplade till tillskottsvatten och åtgärder för att minska tillskottsvatten uppskattas. Förutom att inkludera de rent ekonomiska aspekterna tar vi även med sociala och miljömässiga aspekter till exempel. olägenhet på grund av källaröversvämning och miljökonsekvenserna vid bräddning till sjöar och vattendrag.

Andra viktiga delar av projektet är att analysera hur olika systemgränser påverkar resultaten och hur och på vilket sätt mätningar i avloppsledningsnätet bör göras för att få störst positiv effekt.

Samhällspåverkan

1. Minskade kostnader för kommuner, samhälle och miljö.
2. Helhetsperspektiv på hantering av tillskottsvatten.
3. Beslutsstödsmetod som kan integreras i svenska kommuners verksamheter.

PUBLIKATIONER

Ohlin Saletti, A. (2021). Infiltration and inflow in wastewater sewer systems - A literature review on risk and decision support Ohlin Saletti, A., et al (2021). Framework for risk-based decision support on infiltration and inflow to wastewater systems, Water, 13(17), 2320 Ohlin Saletti, A. et al (2023). Cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems, Water Research 229

KONTAKT

anna.ohlin.saletti@chalmers.se



4. Resan mot smart underhåll

Inom Mistra InfraMaint har metoder utvecklats för att inkludera digital teknik i tillgångsförvaltning. Vi har också visat att det kan ge en effektivare förvaltning och mer hållbar service till medborgarna.

Det har dock visat sig att den största utmaningen med den tekniska transformationen är att uppnå en organisationsförändring: en digital kultur. Därför måste digitaliseringsresan baseras på verkliga behov i hela organisationen. Syftet måste därmed vara att uppnå bättre och effektivare leverans av tjänster, samtidigt som dessa vägs mot systemets robusthet vid kriser där övergången "från skärm till pärm" måste fungera.

En obekant väg

Resan mot digitalisering innebär förändring - och förändring är jobbigt! För kommunala organisationer är detta en ny och obekant väg. Branschstandarder saknas i hög grad, marknaden är fragmenterad och stora osäkerheter föreligger gällande kvalitén på data och dataskydd. Kommunala organisationer behöver inte bara nya verktyg och teknisk kompetens; det behövs också förändrade arbetssätt och organisationer som är rustade för att ta till sig nya arbetssätt. Samtidigt är infrastrukturen samhällsviktig vilket minskar utrymmet för experiment. Hur ska någon ens våga sig ut på denna väg?

Kloka vägval på digitaliseringsresan

Mistra InfraMaint har utvecklat följande rekommendationer för en lyckad digitalisering och starkare innovationssystem för den kommunala infrastrukturen:

- Starta resan utifrån organisationens behov.
- Identifiera arbetssätt som kan ge tydligt mervärde och prova er fram i det praktiska arbetet utifrån vad ni redan har.
- Förändringsarbetet behöver även vara förankrat i den högsta ledningen för att bygga en innovationsvänlig organisationskultur som stimulerar nytänkande.
- Resan är svår att göra på egen hand och samarbete är nyckeln. Tillsammans kan kommuner, branschorganisationer, akademi och näringsliv skapa gemensamma standarder, anpassade verktyg och rätt kompetens.
- Synliggör för allmänhet och beslutsfattare allt arbete som görs och visa betydelsen av kommunal infrastruktur.
- För att få gehör och genomslag i en kommunal kontext en seriös kalkyl/budget avseende digitalisering som synliggör implikationer för driften och för "investering".

Projekt

- 1.1a Deciding how to decide: A guide for water utilities' main-tenance decisions
- 1.2b Roadmap för digitalisering av VA-organisationer
- 1.8 Maintenance of streets based on objective data
- 1.13 Leakage detection in water distribution networks using machine-learning strategies
- 2.1 Navigating digital waters: En studie om digitalisering inom VA
- 2.3 Finns det kommunal kapacitet för underhåll?
- 3.3 Kunskapsöverföring: Vad kan vi lära från järnvägs-området?



PROJEKTEXEMPEL 1.2

AVSLUTAT

Roadmap för digitalisering av VA-organisationer

Maya Miltell, Ulf Jennehag, Victor Kardeby
& Magnus Arnell

Utmaning

Kraven är stora på det svenska VA-systemet att uppnå leveranssäkerhet och hållbarhet under ekonomisk och resursmässig press. Digitala teknologier erbjuder en möjlighet att komma längre med mindre resurser, att bygga en mer integrerad organisation med optimerad drift och produktion, bättre nyttjande av resurser, bättre förebyggande underhåll och effektivare investeringar.

Så långt är vi alla överens! Men sen då? Hur gör man egentligen? Hur "digitaliserar" man?

Lösning

Det behövs en plan!

För att lyckas med digitalisering bör arbetet baseras på organisationens verkliga behov. Man bör se på resan som strategisk organisationsutveckling snarare än ett digitaliseringsprojekt:

1. Motivera och organisera
2. Kartlägg befintliga system och data
3. Bedöm situationen och skapa en vision
4. Utforma en strategi & en prioriteringslista

Följ upp arbetet!

1. Skapa en dataplattform
2. Använd iterativ testning och implementering av applikationer (så att det byggs en kultur där prototyper och testning uppmuntras och skapar flexibilitet och interoperabilitet)

Samhällspåverkan

1. Stöttning i förändringen för ökad digitalisering
2. Bättre möjligheter till optimerad drift och produktion
3. Mer effektivt nyttjande av resurser

PUBLIKATIONER

Miltell, M., Jennehag, U., Kardeby, V., Arnell, M., 2022. A roadmap for digital transformation of urban water systems. Journal of Hydroinformatics

KONTAKT

magnus.arnell@ri.se, ulf.jennehag@ri.se

5. Kommundoktorander banar väg för ett nytt forskningsfält

Kompetensbyggande, kunskapsöverföring och robusta organisationer

Inom Mistra InfraMaint byggs ett nytt forskningsfält upp, men det är inte det enda målet för programmet. Ett annat mål är att forskningen och dess resultat sprids till och implementeras av kommunerna. En möjliggörare för att lyckas med båda dessa mål är våra kommundoktorander. Genom att de verkar och bedriver sin forskning ute hos kommunerna blir de garantier för att programmets forskning är relevant för kommunerna och att kommunerna använder forskningsresultaten i sin dagliga verksamhet. Kommunerna känner att de inspireras och lär av de unga forskarna samtidigt som doktoranderna får direkt feedback på sitt arbete.

Ett ben i varje värld – vi bygger kompetensbroar



Mikael Lindholm

Avdelningschef Gator och park, samhällsbyggnad, Skellefteå kommun

"Utifrån att vi arbetar med kapitalförvaltning och vill vidta rätt åtgärder vid rätt tidpunkt tror jag att vi kommer att ha stor nytta av Mistra InfraMaint och vår doktorand i framtiden. Vi uppskattar mycket att ha en egen doktorand, det är viktigt för oss att kunna utveckla och höja vår kunskapsnivå och vi har redan sett stor skillnad på det området – Amjad har bidragit till att få oss alla att reflektera över våra arbetssätt. Det skapar en miljö för utveckling inom vår organisation."



Anna Ohlin Saletti

Industridoktorand Göteborgs stad Kretslopp och vatten och Chalmers tekniska högskola

"Jag tror det är väldigt värdefullt att ha tillgång till både akademien och en kommunal organisation. Det ger helt andra synergieffekter som möjlighet till bättre kommunikation då man har en tydlig roll i båda organisationerna och deltar i det dagliga arbetet. Jag kan bidra på ett mer konkret sätt än om jag bara hade varit doktorand på universitetet. Som kommundoktorand får jag lättare tillgång till data och fallstudier men också kännedom om vem man ska fråga om vad. Att arbeta samtidigt i två olika organisationer, med dubbla handledare, kan dock även vara utmanande. Det finns risk för intressekonflikt kring vilket arbete som prioriteras när. Fördelarna överväger nackdelarna dock då det är ett väldigt effektivt sätt att få akademien och kommunerna att arbeta ihop. Forskningen måste utvecklas mot de områden där nyttan är störst och kommunerna behöver förstå att forskning är nödvändig och användbar men kanske inte levererar specifika resultat på kort sikt. Samhället kommer att tjäna mycket på att vi förstår varandras metoder och lär oss att samarbeta!"



PROJEKTEXEMPEL 3.3

AVSLUTAT

Kunskapsöverföring

– vad kan vi lära från järnvägsområdet?

Sebastian Stichel & David Nilsson

Utmaning

Ny digital teknik kan ge bättre underbyggda beslut rörande underhåll av gata och VA. Men måste vi verkligen uppfinna hjulet på nytt? Vi borde kunna dra nytta av framsteg inom digitalisering som gjorts i helt andra samhällsområden. Inom EU har samarbetet på järnvägsområdet resulterat i mängder av forskning och utveckling kring smart underhåll och datadriven förvaltning. I en studie av det EU-stödda omfattande forskningsprogrammet Shift2Rail har vi undersökt vad svenska aktörer inom VA och gata kan lära från den europeiska järnvägssektorn.

Lösning

Det finns gott om exempel på tekniker och tillämpningar inom järnväg som är högst relevanta för kommuner. Vissa är direkt överförbara. Till exempel nya metoder för övervakning och inspektion av broar, tunnlar och andra konstruktioner, och bedömning av anläggningars tillstånd via maskininläring och AI. Andra tillämpningar ger viktig inspiration. Det kan gälla enhetliga kostnadsmodeller, gemensamma definitioner, nya affärsmodeller och Blockchain-teknik, eller sektorsvis analys av kompetensbehov. VA och gata är dock mycket mer fragmenterat, med många små kommuner. För en snabbare digitalisering behövs mer samverkan, såväl mellan kommuner som med akademi och näringsliv.

Samhällspåverkan

1. Snabbare spridning av lösningar mellan olika teknikområden
2. Ökad effektivitet och en bredare kompetensbas inom kommunal sektor
3. Sparar offentliga resurser genom att lära av andras misstag och framgångar

PUBLIKATIONER

Nilsson, D. & S. Stichel (2023). Knowledge transfer from Shift2Rail. Report for Mistra InfraMaint Project 3.3.

KONTAKT

Sebastian Stichel, stichel@kth.se



Navigating digital waters

En studie om digitalisering inom VA

Amelie Bennich, Mats Engwall & David Nilsson

Utmaning

Digitalisering är en av vår tids stora tekniktrender. Utveckling av digitala teknologier har resulterat i både nya möjligheter och utmaningar. Det finns en förväntan att digitalisering kommer påverka oss på individ-, organisations-, system- och samhällsnivå.

Men trots stora förväntningar är de flesta branscher fortfarande i ett tidigt stadiet av digitalisering. Det är enbart inom ett fåtal branscher, till exempel musik- och mediabranschen, som vi redan kan prata om en digital transformation.

Hur kommer digitalisering påverka VA-branschen? Kommer vi kunna prata om en digital transformation av denna bransch och i sådant fall, hur skulle den kunna se ut?

Lösning

Genom att kvalitativt studera VA-systemet som ett sociotekniskt system, bestående av aktörer (exempelvis VA-organisationer, politiker, och användare), teknologier (som infrastruktur) och institutioner (till exempel normer och regler), kan vi undersöka hur digitalisering påverkar och passar in i olika delar av systemet. På så sätt identifieras

vad som driver på, samt håller tillbaka, digitalisering inom denna bransch.

Samhällspåverkan

1. Utvärdering av hur digital transformation av VA-branschen kan se ut
2. Exempel på applikationer av digitala teknologier som kan användas inom VA
3. Visar vägen framåt genom att identifiera drivkrafter och hinder för digitalisering

PUBLIKATIONER

Bennich, A., Engwall, M., Nilsson, D., 2023. Operating in the shadowland: Why water utilities fail to manage decaying infrastructure. Utilities Policy 82, 101557. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101557>

KONTAKT

amelie.bennich@indek.kth.se, mats.engwall@indek.kth.se,
david.nilsson@abe.kth.se



Louise Rosqvist och Mats Jansson, Nacka Vatten och Avfall

6. Resan mot hållbar tillgångsförvaltning

– görs bäst tillsammans

I Mistra InfraMaint omvandlar vi information till kunskap, bland annat med hjälp av mikroläranden och smverkansprojekt.

Mikroläranden är korta och informativa filmer som produceras inom programmet på olika teman för att hjälpa aktörer ta till sig ny information och metoder som kan underlätta underhållsarbetet. Under fas 1 genomfördes även ett samverkansprojekt på temat "smart underhåll inom VA" där fem kommunala VA-verksamheter träffades regelbundet under sex månader både fysiskt och digitalt. På träffarna hölls presentationer från experter, diskussioner och samverkansövningar. Deltagarna hade under hela projektets gång tillgång till en kurssida där de kunde hitta referenslitteratur och ta del av föreläsningar igen.

Vi har pratat med Louise Rosqvist och Mats Jansson, Nacka Vatten och Avfall för att höra hur de ser på sitt medverkande i Mistra InfraMaint, som deltagare i samverkansprojektet och som fallstudieobjekt vid en doktorandträff.

Vad var "första" steget för er organisation på tillgångsförvaltningsresan?

– Nacka Vatten och Avfall kom först i kontakt med tillgångsförvaltning genom deltagande i ett projekt som

genomfördes 2019 av Svenskt Vatten Utveckling (SVU). Under SVU-projektet gjordes en första självskattning och gap-analys om hur vi som bolag stod oss gentemot standarden. Därefter genomfördes en förstudie av hur implementering av tillgångsförvaltning skulle kunna genomföras på bolaget, i samband med detta utbildades arbetsgruppen samt delar av ledningen i grundläggande tillgångsförvaltning. I mars 2022 påbörjades ett implementeringsprojekt och under hösten 2022 gjordes en storsatsning genom att utbilda nyckelpersoner och intressenter från samtliga avdelningar på bolaget.

Vill ni berätta om ert deltagande i programmet och hur det påverkat er tillgångsförvaltningsresa så här långt?

– Deltagandet i Mistra InfraMaint och samverkansprojektet har öppnat upp värdefulla kontaktvägar både mot andra VA-bolag och forskningsvärlden gällande frågor kopplat till tillgångsförvaltning men även under processer såsom underhållsarbete, riskvärdering och kompetensförsörjning. Deltagandet på doktorandträffen gav oss värdefull feedback på arbetet vi utfört och en möjlighet för oss själva att reflektera och utmana vårt synsätt gällande utmaningar och möjliga vägar framåt.

7. Gott resesällskap räcker inte

– dags att säkra framtidens kapacitet

Utöver ett gott resesällskap krävs resurser och kapacitet. Inom Mistra InfraMaint pratar vi om olika kapaciteter: teknisk, finansiell och institutionell.

Det finns omfattande behov av underhåll och investeringar i infrastruktur samtidigt som förändringstrycket på infrastrukturen är stort. Kommuner med knappa resurser behöver möta ökade tekniska och administrativa krav samtidigt som de tvingas hantera klimatförändringar och förväntningar på robusthet och samhällssäkerhet.

För att klara av de stora investeringsbehoven krävs organisationer med kapacitet att hantera utmaningarna. Tillgångsförvaltning blir således en multisport, där alla tre aspekter av organisatorisk kapacitet krävs. Teknisk kapacitet innebär att organisationer har utbildad personal med specialistkunskap. Det är dock viktigt att poängtera att det inte räcker att denna kunskap endast finns inom organisationen. Finansiell kapacitet innebär bland annat storleksordningen på den totala budgeten, men också budgeten för drift, investering och exploatering. Institutionell kapacitet innefattar de institutionella åtgärder som skapas av organisationen, såsom planer, policyer och strategier men också den institutionella miljö som organisationen verkar inom.

Programmet bidrar med

- Metodstöd för effektivt beslutsfattande
- Verktyg och metodik för kompetensutveckling
- Utveckling av digital kapacitet
- Uppbyggnad av ett kunskapsnätverk



Projekt

- 1.6a Tillgångsförvaltning av ledningsnät – Hur ska kommunernas strategiska förmåga öka?
- 1.6b Beslutsstöd tillskottsvatten – Från gömda avloppsnät till full åtkomlighet för smarta beslut
- 1.10 Tillförlitlig järnväg till lägsta kostnad – Rätt åtgärd vid rätt tid
- 2.7 Användning av hållbarhetsindex för utvärdering av kommuners VA-underhåll
- 2.3 Finns det kapacitet för kommunalt underhåll?
- 2.4 Strategier för god tillgångsförvaltning
- 3.2 Samverkansprojekt



PROJEKTEXEMPEL

2.3

AVSLUTAT

Finns det kommunal kapacitet för underhåll?

Jens Alm, Alexander Paulsson & Robert Jonsson

Utmaning

Sverige och många andra välfärdsstater står inför stora utmaningar när det gäller att underhålla samhällskritisk infrastruktur såsom energi, vatten, väg och avlopp. Dessa är oundgängliga för att hålla i gång våra moderna och komplexa samhällen. I vardagen tar vi dessutom många gånger denna typ av infrastruktur för given. Alla infrastrukturnätverk har emellertid en inneboende opålitlighet. Vägar, broar, rör, pumpstationer och andra komponenter slits och vittrar sönder med tiden. Men vilken kapacitet finns i kommunerna för att arbeta med underhåll?

Lösning

För VA finns teknisk, institutionell och ekonomisk kapacitet att arbeta med underhåll genom VA-bolag eller mellan-kommunala förbund. Men risken finns att ett sådant typ av samarbete även kan leda till tungrodd organisation, brist på autonomi samt att den tekniska kapaciteten försvinner till de gemensamma bolagen. Till skillnad från VA så beror bristen på underhåll av kommunala vägar och gator inte på otillräcklig teknisk kapacitet utan snarare bristande ekonomisk och politisk kapacitet. Det finns en dragkamp om de ekonomiska resurserna mellan kommunala förvaltningar och politiska prioriteringar påverkar kommunernas kapacitet att arbeta med underhåll av gator och väg.

Samhällspåverkan

1. Ökad politisk prioritering av underhåll för svenskt infrastruktur
2. Stärkt fokus på organisationNödvändigt att organisationen knyter an till alla former av kapacitet för att strategiskt kunna arbeta med underhåll
3. 3. Förbättrat strategiskt arbete med underhåll genom helhetsgrepp på alla former av kapacitet

PUBLIKATIONER

Alm, J., Paulsson, A. & Jonsson, R. (2022). Capacity in municipalities: Infrastructures, maintenance debts and ways of overcoming a run-to-failure mentality. *Local Economy*, 36(2), 81-97

Alm, J., Paulsson, A., & Jonsson, R. (2022). Läckande organisationer och underhåll av samhällskritisk infrastruktur. *Organisation & Samhälle* 2022/01

KONTAKT

Robert Jonsson, robert.jonsson@liu.se



PROJEKTEXEMPEL 3.2

AVSLUTAT

Samverkansprojektet

Lära tillsammans och av varandra

Louise Andersson & Madelen Malm

Utmaning

VA-branschen står inför stora utmaningar då investeringar i anläggningarna behöver ökas, samtidigt som kompetensförsörjningen behöver säkras.

Optimerat underhåll och effektiv tillgångsförvaltning är oftare lättare sagt än gjort. Ur ett branschperspektiv krävs ökad kunskap och erfarenhetsutbyte för att skapa starkare VA-organisationer.

Hur ska man prioritera? Hur får man med sig hela organisationen? Vilka roller behöver man? Hur bör man göra och följa upp sin självskattning? Hur bör en plan för tillgångsförvaltning utformas? Det och många andra frågor har varit utgångspunkt för samverkansträffarna.

Lösning

Ett samverkansprojekt med fem stycken VA-organisationer med tre till fem deltagare per organisation utformades. Projektet arbetar med gemensamt lärande via digitala föreläsningar, digital kursportal, lärandeträffar och fysiska träffar. Under flera tillfällen över 7 månader erbjuds föreläsningar och lärandeaktiviteter på olika teman kopplat till planerat underhåll och tillgångsförvaltning.

Vid dessa tillfällen får deltagarna möjlighet att lära sig mer om önskade teman, ställa frågor och diskutera med föreläsare från forskningsprogrammet och näringsliv. Deltagarna utbyter kunskap, frågor, lösningar och problem samt utvidgar kontaktnätet för vidare samarbete och utbyte även efter projektets avslut.

Samhällspåverkan

1. Kompetensökning hos deltagarna och deras organisationer
2. Ökade kontakter och nätverkande mellan VA-verksamheter
3. Utbyte av erfarenheter, idéer och lösningar mellan deltagare och experter

”Genom samverkansprojektet är vi del av ett nätverk kopplat till tillgångsförvaltning inom VA”

KONTAKT

Madelen Malm, madelen.malm@ri.se

8. Strategier för infrastruktursorg

Hur kan kommuner lyckas vända ett eftersatt underhåll inom VA samt gata och väg? Den frågan har Robert Jonsson, forskare på Linköpings universitet och medlem i Mistra InfraMaints programledning, ställt sig.

I en artikel vill han tillsammans med Jens Alm från VTI och Alexander Paulsson vid Lunds universitet synliggöra hur det kan göras med hjälp av två strategier: vårdastrategin och samverkansstrategin.

Vårdastrategin handlar om att förvalta anläggnings- tillgångar i enlighet med god ekonomisk hushållning och att utveckla anläggningstillgångar på ett medvetet hushållningssätt.

– Exempel på konkreta strategier inom ramen för vårdastrategin kan vara att arbeta fram planer för underhåll och investeringar, sätta ett värde i att vårda det man har, ha fokus på hög genomförandegrad på underhåll och investeringar, samt att bygga hållbart, säger Robert Jonsson.

Samverkansstrategin handlar om att organisera de samhällsbyggande verksamheterna för att underlätta tvärsankterat arbete och därmed arbetet med att underhålla och utveckla anläggningstillgångar. I Sverige är det få kommuner som lyckas underhålla och planera för sina anläggningstillgångar på ett sätt som är förenligt med god ekonomisk hushållning.

Artikeln erbjuder värdefulla insikter för kommuner som står inför liknande utmaningar. Robert Jonsson understryker att artikeln vänder sig till en bred publik, inklusive politiker, tjänstepersoner i kommuner och regioner, samt riksdagspolitiker och studenter. Att dela kunskap om framgångsrika strategier för infrastruktursorg kan bidra till en mer hållbar och välfungerande kommunal infrastruktur i framtiden. Rätt strategier och en medvetenhet om vikten av långsiktig infrastruktursorg kan vara nyckeln till att hantera utmaningarna med eftersatt underhåll inom VA och gata.



Framgångsfaktorer för infrastruktursorg i Skellefteå kommun

1. Förvalta anläggningstillgångar i enlighet med god ekonomisk hushållning.
2. Utveckla anläggningstillgångar på ett medvetet hushållningssätt.
3. Underlätta tvärsankterat arbete i kommunen.



PROJEKTEXEMPEL 2.4

AVSLUTAT

Strategier för god tillgångsförvaltning

Robert Jonsson, Alexander Paulsson & Jens Alm

Utmaning

I Sverige är underhållet generellt eftersatt vad gäller kommunalt ägd infrastruktur. Framtida reinvesteringar- och investeringsbehov är stora, vilket är välkänt. Trots styrdokument och policyer om God ekonomisk hushållning är långvarigt eftersatt underhåll vanligt hos kommuner av olika storlekar och över hela Sverige vilket inte alls är förenligt med God ekonomisk hushållning då det innebär att man "lånar" av framtida generationer. Tidigare forskning visar att det är ovanligt att kommuner lyckas vända långvarigt eftersatt underhåll. Mot bakgrund av denna problembild fanns det således anledning att studera på vilket sätt kommuner arbetar strategiskt med att vända trenden med eftersatt underhåll.

Lösning

Resultaten visar att genom att arbeta utifrån två övergripande strategier, vårdastrategin och samverkansstrategin kan kommuner lyckas vända eftersatt underhåll inom områden som VA och gata/väg. Medan vårdastrategin

handlar om att förvalta anläggningstillgångar i enlighet med god ekonomisk hushållning och att utveckla anläggnings- tillgångar på ett medvetet hushållningssätt handlar samverkansstrategin om att organisera berörda verksamheter för att underlätta tvärsanknadt samarbete.

Samhällspåverkan

1. Ökad rättvisa mellan generationer.
2. Mindre oförutsägbart underhåll och därmed mer förutsägbart ekonomi.
3. Säkrare och mer pålitlig infrastruktur.

PUBLIKATIONER

Jonsson, R., Paulsson, A. & Alm, J. (2022). Vattentäta strategier: Långsiktig planering av eftersatt underhåll av kommunal infrastruktur. Nordisk Administrativ Tidskrift, 99(3)

KONTAKT

Robert Jonsson, robert.jonsson@liu.se



PROJEKTEXEMPEL 2.7

Hållbarhetsindex

Utvärdering av kommuners VA-underhåll

Nasik Najar & Kenneth M Persson

Utmaning

Förändringstrycket på VA-infrastrukturen är starkt och märks genom ökad belastning på befintliga anläggningar samt behov kapacitet och robusthet. Ett sätt är att utvärdera hur det går för verksamheterna som hanterar infrastrukturen är genom nyckeltal, så kallad benchmark.

Branschorganisationen Svenskt Vatten har utvecklat ett hållbarhetsindex (HBI) som kan användas för att indikera organisationsförbättringar i tid och för att jämföra mot kollegorna i branschen. För parametrarna klimatanpassning och översvämningssäkerhet samt anläggningsstatus når mindre än 10% av deltagande verksamheter en tillräcklig nivå. Det befintliga VA-taxesystemet täcker inte in kostnaderna att upprätthålla underhållsnivån utan ger upphov till en underhållsskuld.

Lösning

Nasik Najar har i sin avhandling Efficient Management of Water Utilities undersökt hur olika VA-verksamheter kan utvecklas genom att använda HBI aktivt. Studien visar på vikten av en framsynt ledare genom hela utvecklingsfasen men även behovet av investeringar inom kvalitetsarbete och innovativa teknologi.

De organisationer som klarat sig bäst har några tydliga framgångsstrategier som studien belyser: att skapa en

tvärvetenskaplig grupp i två organisationer, avsätt 1% av återanskaffningsvärdet årligen dedikerat till reinvestering, en snabb beslutsprocess och en lös budget samt mer specifika förnyelseplaner, det vill säga tre- till femårsplaner.

Samhällspåverkan

1. Organisationer med politiskt inflytande och aktivt ägande kan initiera framgångsrika strategier med ett utmärkt resultat, oavsett typ och storlek av organisation.
2. Förändringsarbete tar tid, men verksamheter som aktivt använder HBI kan visa på tydliga förbättringar

PUBLIKATIONER

Najar, N (2023): Efficient Management of Water Utilities, thesis Lund University, TVVR 1097

Najar N. and Persson K. M. (2019) Water 2019, 11(10), 2150; <https://doi.org/10.3390/w11102150>

Najar N., and Persson K. M. (2021) Water 2021, 13(14), 1879; <https://doi.org/10.3390/w13141879>

Najar N. and Persson K. M. (2022) Water 2022, 14(18), 2865; <https://doi.org/10.3390/w14182865>

KONTAKT

Kenneth M Persson, kenneth.persson@sydvatten.se

9. Resan fortsätter

– framtiden ställer nya krav på infrastrukturen och dess funktion

Vi har nu påbörjat resan med att bygga upp ett nytt forskningsfält inom tillgångsförvaltning av svensk infrastruktur.

Vi har fått nya insikter, utvecklat metoder och byggt upp ny kunskap vilket skapar förutsättningar för innovativ och hållbar hantering av infrastrukturen. Tillgångsförvaltning handlar inte bara om att ta hand om tillgångar. Vi behöver även gradvis utveckla infrastrukturen så att den följer med i samhällets utveckling. De senaste årens utveckling av AI samt pandemi och krig i vår direkta närhet har lyft upp helt nya behov till ytan.

Samhällsförändringar sker i allt snabbare takt och medför både möjligheter och utmaningar för våra infrastruktursystem. Vi kan därför inte längre använda planeringspraxis som baseras på tidigare erfarenheter. Det saknas dock kunskap om hur man ska inkludera framtids-scenarier om klimatförändringar, urbanisering och befolkningsutveckling i analyser och beslutsunderlag. Det handlar om stora system som har byggts upp av väldigt stora investeringar och det kommer ta lång tid att förändra dem. Styr vi mot långsiktigt hållbar infrastruktur med dagens sätt att planera och designa våra investeringar? Den frågan vill vi svara på!

Inför fas 2 lyfter vi blickarna från vägen och spanar mot horisonten

Robust och flexibel: I fas 2 av Mistra InfraMaint kommer vi vidareutveckla metodik, beslutsstöd och organisationsutveckling med fokus på förändringsledning och flexibilitet. Vi tar avstamp i en historisk studie som ger förståelse om varför infrastrukturen ser ut som den gör – vilket i sin tur ger en förståelse för hur den kan och kommer att förändras. Kunskap om framtida förutsättningar behövs men även metoder och system som kan fungera när omständigheterna är osäkra eller okända. Vi forskar därför på system anpassade för förändring. Genom att lyfta blicken och se till funktion snarare än teknik kan robust och flexibel infrastruktur utvecklas.



Våra framtida projekt:

- 1A Adaptation of the urban drainage network to a changing climate
- 1D Digital twin for effective maintenance planning of railroad switches & crossings
- 1E Decision support for water systems in a changing world
- 2A Innovation capacities in water utilities: what is best practice?
- 2B Barriers and enabling factors for digitalisation in the Swedish water sector
- 2C From severe disruption to innovation and learning in maintenance policy and practice
- 2E Political decision-making on long term maintenance of infrastructure
- 3A National standards for information within water utilities
- 3B Synthesis and learning
- 3C Capacity building



Vi vill rikta ett stort tack till alla som har bidragit till framgången och insikterna som har kommit ur Mistra InfraMaint. Att starta upp och genomföra ett sådant här initiativ hade aldrig varit möjligt utan engagemanget, drivet och expertisen från alla deltagare. Genom er hängivna insats och samarbete har vi kunnat utveckla vår förståelse för infrastrukturens komplexa värld och dess betydelse för samhället.

Infrastrukturen som vi alla delar ansvar för är livsviktig för samhällets funktion. Den levererar rent vatten till våra hem, ger oss möjlighet att resa och transporterar varor till våra butiker. Men det är också en komplex och omfattande resurs som kräver ständig uppmärksamhet och omsorg.

För att möta framtidens krav kommer Mistra InfraMaint att fortsätta sitt arbete med att utveckla arbetet med tillgångsförvaltning. Vårt fokus kommer att ligga på att främja förändringsledning och flexibilitet för att hantera de komplexa utmaningar som infrastrukturen kommer att möta i en tid av snabb samhällsförändring.

Infrastrukturen är blodomloppet i vårt samhälle, och vi ser fram emot att fortsätta vårt arbete med att säkerställa att den förblir hållbar och resiliert i en tid av osäkerhet och förändring.

10. Projekt och publikationer

Projekt

- 1.1a Beslutsstödsstrategier för infrastrukturägare
- 1.1b Drönarinspektioner och automatisk skadedetektering
- 1.2a Biofilmstillväxt och biostabilitet i dricksvattennätet
- 1.2b Färdplan för digitalisering av VA-organisationer
- 1.3 Betong och stål i byggnadsstrukturer – Förväntad livslängd för underhåll
- 1.5 Förbättra underhållet av dricksvattennät
- 1.6 a Från gömda avloppsnät till full åtkomlighet för smarta beslut I
- 1.6 b Från gömda avloppsnät till full åtkomlighet för smarta beslut II
- 1.7 Förbättrat beslutsstöd för befintliga VA-ledningsnät
- 1.8 Smart underhåll av stadsgator baserat på objektiva data
- 1.9 Beslutsverktyg för underhåll av cykelbanor
- 1.10 Infrastrukturförvaltning – från data till socioekonomiskt beslutsstöd
- 1.11 Minskad livscykelpåverkan av framtida infrastrukturunderhåll
- 1.12 Hållbar analys för smart underhåll
- 1.13 Metoder att identifiera läckage i dricksvattennät med hjälp av AI och IoT
- 2.1 Systemlogik och anpassning av affärsmodeller i smart underhåll av infrastruktur
- 2.2 Upphandlingsarena
- 2.3 Styrning och organisation av infrastrukturförvaltning i ett livscykelanalysperspektiv
- 2.4 Hantering av policymisslyckanden rörande anläggningstillgångar
- 2.5 Syntes av resultaten till ett ramverk
- 2.6 Historisk studie av regimer och dominerande modeller för byggande och förvaltning av kommunalt VA respektive gata/väg
- 2.7 Användning av hållbarhetsindex för utvärdering av kommuners VA-underhåll
- 3.1 Roadmap för kompetensuppbyggnad
- 3.2 Utbildningsmaterial och kurser
- 3.3 Kompetensöverföring från Shift2Rail

Publikationer

Här följer en lista av våra publikationer som är resultatet av den forskning och de projekt som genomförts i programmet

↓ PEER REVIEWED PUBLICATIONS

Doctoral Theses

- Liljenström, C., 2021. Life cycle assessment of transport systems and transport infrastructure : Investigating methodological approaches and quantifying impacts at project and network levels. Doctoral Thesis. KTH Royal Institute of Technology. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-291521>
- Najar, N., 2023. Efficient Management of Water Utilities: Sustainability Analysis of Swedish Performance. Doctoral Thesis. Lund University; Lund Institute of Technology, Lund.
- Sjöstrand, K., 2020. Decision support for sustainable water security (Doctoral Thesis). Chalmers University of Technology. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-52185>

Licentiate Theses

- Andersson, L., 2022. Continuous Preventive Bridge Maintenance: Effect of High Pressure Washing on Concrete Bridges.
- Larsson, M., 2022. Degradation processes and condition assessments of cycle paths. Licentiate thesis in progress.
- Liljenström, C., 2018. Life cycle assessment in early planning of transport systems: Decision support at project and network levels. Licentiate thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden
- Meydani, R., 2022. Pipe failure assessment and decision support system for a smart operation and maintenance: A comprehensive literature review and a conceptual decision analysis model proposal. Licentiate thesis, TRITA-ABE-DLT: 2238. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-320329>
- Saletti, A.O., 2022. Risk-based management of the cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems. Licentiate thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. <https://research.chalmers.se/en/publication/530358>

Master's and Bachelor Theses

- Asaad, R., Sanchez Ribe, C., 2021. Machine Learning for Water Monitoring Systems Bachelor thesis.
- Björkby, S., Värnlund, F., 2021. Ensuring Safety and Security in the Era of Digital Water : A qualitative study on the implications following the digital transformation of the Swedish water industry Master's Thesis. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-299627>
- Böckin, M., Wallén, M., 2021. Water Anomaly Detection Using Federated Machine Learning. Bachelor thesis.
- Bondeson, S., 2021. Uncertainty analysis of the rational method in stormwater management - A case study in Gråbo, Lerum municipality, using multi-criteria analysis Master's Thesis.
- Ekström, E., Sivadasan, S., 2021. Smart Water Meters in Swedish Households: The Enablers and Barriers for a Large-Scale Implementation Master's Thesis,. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-300173>
- Lundberg, R., 2021. Risk-based Rehabilitation of Wastewater Pipes. Master's Thesis. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. <https://odr.chalmers.se/handle/20.500.12380/302871>
- Lundholm, C., Butovitsch, N. von, 2022. Water Contamination Detection. Bachelor thesis.
- Mårtensson, E., Rumman, P., 2019. Asset management in the utility sector : The challenges of breaching the gap between current practice and best practice Master's Thesis.
- Sundqvist, J., 2022. Assessing the Impacts of Infiltration and Inflow to wastewater systems - Evaluation of a Risk-based Model Master's Thesis.
- Wallén, M., Böckin, M., 2021. Water Anomaly Detection Using Federated Machine Learning Bachelor thesis.

Books and book chapters

- Blomkvist, P., 2023. Articulating Publicness in Infrastructure: The History of Municipal Streets, Water and Sanitation in Sweden. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789063981>
- Alm, J., Paulsson, A., 2023. Uncommon commons. In L. Hansson, C. Hedegaard Sørensen & T. Rye (eds.) Civic participation in transport in times of change., in: Chapter in an Anthology on Civic Participation and Transport Infrastructure. Peer-reviewed chapter in an anthology on civic participation and transport infrastructure. To be published in early 2023 (In Press)
- Paulsson, A., Alm, J., 2023. Roads as commons. In D. Florentin & O. Coutard (eds.) Handbook on cities and infrastructures., in: Chapter in an Anthology on Cities and Infrastructures. Peer-reviewed chapter in an anthology on cities and infrastructures. To be published in early 2023
- Sjöstrand, K., Klingberg, J., Sedehi Zadeh, 2021. Värdet av vattenförsörjning. En studie av hur svenska företag påverkas ekonomiskt vid avbrott i vattenförsörjningen.

Journal articles

- Alm, J., Paulsson, A., Jonsson, R., 2021. Capacity in municipalities: Infrastructures, maintenance debts and ways of overcoming a run-to-failure mentality. *Local Economy* 36, 81–97. <https://doi.org/10.1177/02690942211030475>
- Anderson-Sköld, Y., Afridi, M.A., Nordin, L., Patricio, J., Lindgren, Å., Johansson, C.-M., Olofsson, A., Andersson, A., Erlingsson, S., 2022. Development of the SUNRA Tool to Improve Regional and Local Sustainability of the Transportation Sector. *Sustainability* 14, 11275. <https://doi.org/10.3390/su141811275>
- Arnell, M., Miltell, M., Olsson, G., 2023. Making waves: A vision for digital water utilities. *Water Research X* 19, 100170. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2023.100170>
- Bennich, A., Engwall, M., Nilsson, D., 2023. Operating in the shadowland : Why water utilities fail to manage decaying infrastructure. *Utilities Policy* 82, 101557. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-327856>
- Bergion, V., Lindhe, A., Sokolova, E., Rosén, L., 2021. Accounting for Unexpected Risk Events in Drinking Water Systems. *Expo Health* 13, 15–31. <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00359-4>
- Jonsson, R., Alm, J., Paulsson, A., 2022. Vattentäta strategier: Långsiktig planering av eftersatt underhåll av kommunal infrastruktur. *Nordisk Administrativt Tidsskrift* 99. <https://doi.org/10.7577/nat.4667>
- Larsson, M., Niska, A., Erlingsson, S., Tunholm, M., Andréén, P., 2023. Condition assessment of cycle path texture and evenness using a bicycle measurement trailer. *International Journal of Pavement Engineering* 24, 2262085. <https://doi.org/10.1080/10298436.2023.2262085>
- Larsson, M., Niska, A., Erlingsson, S., 2022. Degradation of Cycle Paths—A Survey in Swedish Municipalities. *CivilEng* 3, 184–210. <https://doi.org/10.3390/civileng3020012>
- Liljenström, C., Björklund, A., Toller, S., 2022. Including maintenance in life cycle assessment of road and rail infrastructure—a literature review. *Int J Life Cycle Assess* 27, 316–341. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-02012-x>
- Malm, A., Löfdahl, G.-M., 2020. Engaging stakeholders for improved iam implementation. *Water practice and technology* 15, 350–355.
- Meydani, R., Giertz, T., Leander, J., 2022. Decision with Uncertain Information: An Application for Leakage Detection in Water Pipelines. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice* 13, 04022013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000644](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000644)
- Najar, N., Persson, K., 2023. Status improvement in water and wastewater fixed facilities : success and challenges of 11 Swedish water utilities as case studies. *Water Policy* 25, 656–679. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-62206>
- Najar, N., Persson, K.M., 2022. Assessing Climate Adaptation and Flood Security Using a Benchmark System: Some Swedish Water Utilities as Good Learning Examples. *Water* 14, 2865. <https://doi.org/10.3390/w14182865>
- Najar, N., Persson, K.M., 2021. A Sustainability Index within Water and Wastewater Management in Sweden: An Evaluation of Eight Case Studies. *Water* 13, 1879. <https://doi.org/10.3390/w13141879>
- Najar, N., Persson, M.K., 2019. Strategies, processes, and results for the future water supply of the Växjö municipality : Evaluation of an evidence-based case study of long-term strategies within the water and wastewater sector in Sweden. *Water* 11. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-46754>
- Ohlin Saletti, A., Rosén, L., Lindhe, A., 2021. Framework for Risk-Based Decision Support on Infiltration and Inflow to Wastewater Systems. *Water* 13, 2320. <https://doi.org/10.3390/w13172320>
- Ohlin Saletti, A., Lindhe, A., Söderqvist, T., Rosén, L., 2023. Cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems. *Water Research* 229, 119505. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119505>

Sjöstrand, K., Klingberg, J., Zadeh, N.S., Haraldsson, M., Rosen, L., Lindhe, A., 2021. The value of water—estimating water-disruption impacts on businesses. *Water* (Switzerland) 13. <https://doi.org/10.3390/w13111565>

Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., Rosén, L., 2020. Water supply delivery failures—a scenario-based approach to assess economic losses and risk reduction options. *Water* 12.

Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., Rosen, L., 2019. Cost-Benefit Analysis for Supporting Intermunicipal Decisions on Drinking Water Supply. *Journal of water resources planning and management* 145.

Sörensen, J., Nilsson, E., Bjarke, M., Giertz, T., Nilsson, D., 2021. Sanning och konsekvens för svenska vattenledningar. *Vatten: tidskrift för vattenvård / Journal of Water Management and research* 77, 253–268. <http://lup.lub.lu.se/record/40785c74-1f00-4640-9163-6fdac5485e28>

Submitted for peer review

Arnell, M., Miltell, M., Olsson, G., 2022. A vision for digitalization of water utilities. *Water Research X*.

Bennich, A., Engwall, M., Nilsson, D., Under review. Operating in the shadow: why utilities fail to manage the 'ticking bomb' of water infrastructure. *Utilities Policy*.

Jonsson, R., Paulsson, A., Alm, J., Under review. Vattentäta strategier: Långsiktig planering av eftersatt underhåll av kommunal infrastruktur. *Nordisk Administrativ Tidskrift*.

Larsson, M., Erlingsson, S., Tunholm, M., Andrén, P., Niska, A., 2022. Condition assessment of cycle path roughness and evenness using a bicycle measurement trailer.

Lundberg, R., Bergion, V., Moberg, F., Malm, A., Lindhe, A., 2022. Risk-based Prioritization of Inspections and Rehabilitation of Wastewater Pipes. Under review in the *IWA Journal*.

Miltell, M., Jennehag, U., Kardeby, V., Arnell, M., 2022. A roadmap for digital transformation of urban water systems. *Journal of Hydroinformatics*.

Ohlin Saletti, A., Lindhe, A., Söderqvist, T., Rosén, L., 2022. Cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems. *Water Research*.

Conference paper presentations

Ait Ali, A., Pålsson, B., Odolinski, K., Torstensson, P., 2022. Evaluation of long-term maintenance of switches & crossings with respect to life-cycle costs and socio-economic impact. Presented at the 21st Nordic Seminar on Railway Technology at Tampere University, Tampere, Finland.

Alm, J., 2021. Commoning Infrastructures: Governing the Maintenance of Civic Roads in Sweden. *Transformations of Infrastructure Systems*. Presented at the International Conference of the Research Training Group KRITIS, Technische Universität Darmstadt, Germany.

Arnell, M., Miltell, M., Jennehag, U., Kardeby, V., 2022. A roadmap for digital transformation of urban water systems. Presented at the IWA Digital Water Summit, Bilbao, Spain.

Avendaño, J.C., Leander, J., Karoumi, R., 2022. Image based inspection of concrete cracks using UAV photography., in: *Bridge Safety, Maintenance, Management, Life-Cycle, Resilience and Sustainability*. Presented at the Bridge Safety, Maintenance, Management, Life-Cycle, Resilience and Sustainability, CRC Press.

Barros da Silva Júnior, J.M., Ntougias, K., Krikidis, I., Fodor, G., Fischione, C., 2021. Simultaneous Wireless Information and Power Transfer for Federated Learning. pp. 296–300. <https://doi.org/10.1109/SPAWC51858.2021.9593160>

Bennich, A., 2022. Artificial neural and professional networks. Presented at the DRUID22 Conference, Copenhagen, Denmark.

Bennich, A., Engwall, M., Nilsson, D., 2020. Windows of Opportunity for Transition of Water Infrastructure Systems. Presented at the IST2020.

da Silva, J.M.B., Ntougias, K., Krikidis, I., Fodor, G., Fischione, C., 2021. Simultaneous Wireless Information and Power Transfer for Federated Learning. Presented at the 2021 IEEE 22nd International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications (SPAWC), pp. 296–300. <https://doi.org/10.1109/SPAWC51858.2021.9593160>

Engwall, M., Uhrdin, 2022. Business models as reverse salient in emerging business ecosystems. Presented at the R&D Management Conference 2022, 8-12 July, Trento, Italy.

Lindgren, Å., Friberg, F., 2019. Management Methods of Infrastructure Projects Towards Sustainability. Presented at the 26th World Road Congress World Road Association (PIARC).

Löfdahl, G.-M., 2019. Människans roll i smart underhåll. Presented at the Underhållstekniskt Forum, Göteborg.

Löfdahl, G.-M., 2018. Domänkunskap för smart underhåll. *Process Teknik / Scan automat*.

Löfdahl, G.-M., Malm, A., 2021. New methods for sustainable capacity building. Presented at the IWA WWCE.

Lundberg, R., Moberg, F., Malm, A., Bergion, V., Lindhe, A., 2022. A Risk-based Prioritising and Rehabilitation of Wastewater Pipes. Presented at the The 9th Leading



Edge Conference for Strategic Asset Management (LESAM).

& Exhibition, 11-15 September 2022 Bella Center I
Copenhagen, Denmark, IWA Publishing

Malm, A., Löfdahl, G.-M., 2019. Engaging stakeholders for improved IAM implementation. Presented at the IWA Joint Conference Strategic Asset Management and Performance Indicators and Benchmarking LESAM, Vancouver, Canada.

Ohlin Saletti, A., Lindhe, A., Rosén, L., 2022a. What is the socio-economic cost of sewer infiltration-inflows? Presented at the IWA World Water Congress & Exhibition.

Ohlin Saletti, A., Nivert, G., Gustafsson, L., G., Rosén, L., 2022b. How digital transformation streamlines sewer infiltration-inflows management. Presented at the IWA World Water Congress & Exhibition.

Ohlin Saletti, A., Rosén, L., Lindhe, A., Blom, L.B., Malm, A., Wilson, A., 2021a. Presenting a framework for risk management and decision support for infiltration and inflow to wastewater systems (Abstract). Presented at the Digital World Water Congress.

Ohlin Saletti, A., Rosén, L., Lindhe, A., Blom, L.B., Nivert, G., 2021b. Managing infiltration and inflow to wastewater systems – Key aspects in a risk-based approach (Abstract). Presented at the Digital NORDIWA wastewater.

Sousa, D.P., Du, R., B. da Silva Jr., J.M., Cavalcante, C.C., Fischione, C., 2022. Leakage Detection In Water Distribution Networks : Efficient Training By Data Clustering. Presented at the IWA World Water Congress

↓ NON PEER REVIEWED

- Afridi, M.A., Larsson, M., 2021. Underhåll på kommunala gator och cykelvägar – Resultat från enkätundersökning. (A report summarizing the result of the survey on the maintenance of municipality roads and cycle paths) (No. Mistra InfraMaint 2021:04).
- Alm, J., Paulsson, A., Jonsson, R., 2022. Läckande underhåll av samhällskritiskinfrastruktur. Organisation & Samhälle. Nr. 179.
- Anderson-Sköld, Y., Nordin, L., 2020. SUNRA Version 2020 (No. VTI PM 2021:3).
- Anderson-Sköld, Y., Nordin, L., Polukarova, M., 2021. SUNRA Version 2021 (No. VTI PM 2022:1).
- Arbetsbok för självskattning Tillgångsförvaltning inom VA "Asset Management" (No. InfraMaint 2020:02), 2020.
- Bergion, V., 2023. Literature review on decision-making for municipal water supply networks. Chalmers University of Technology.
- Gabriell, K., Romson, Å., Bergholm, T., Christensen Odenhall, M., Svan, M., Brogren, C., 2019. Kristina Gabriell, Åsa Romson, Thomas Bergholm, Charlotte Brogren, Martine Christensen Odenhall och Marielle Svan. Dagens Samhälle. <https://www.dagenssamhalle.se/opinion/debatt/ta-hand-om-er-infrastruktur-kommuner/>
- Gröndahl, E., 2020. Workshop självskattning av arbetet med tillgångsförvaltning, NSVA - Sammanställning av resultat från workshop 2020-11-23 (No. InfraMaint 2020:04).
- Jonsson, R., Thomasson, A., 2021. Klimatanpassningen kan inte enbart vara ett kommunalt ansvar. Dagens Samhälle.
- Liljenström, C., Björklund, A., 2022. Masshantering i klimatkalkyler : Förslag till förbättrade beräkningar av masshantering i tidiga planeringsskeden med Trafikverkets modell Klimatkalkyl.
- Löfdahl, G.-M., 2019a. Roadmap kompetens Mistra InfraMaint – summering. (No. 2019:04).
- Löfdahl, G.-M., 2019b. Roadmap kompetens Mistra InfraMaint. (No. 2019:01).
- Ohlin Saletti, A., 2022. Principer för hållbar nivå tillskottsvatten. Presented at the Svenskt vattens Rörnät och klimatkonferens.
- Ohlin Saletti, A., Blom, L.B., 2021. Tillskottsvatten i Göteborg – Status och industridoktorandprojekt. Presented at the Svenskt vattens Rörnät och klimatkonferens.
- Saletti, A.O., 2021. Infiltration and inflow to wastewater sewer systems - A literature review on risk management and decision support.
- Schwarz, L., 2022. Läckande organisationer och underhåll av sam-hällskritisk infrastruktur. Organisation & Samhälle. URL <https://org-sam.se/lackande-organisationer-och-underhall-av-samhallskritisk-infrastruktur/> (accessed 10.17.22).
- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Rosén, L., 2021. WISER – ett verktyg för beslutsstöd inom dricksvattensektorn (No. Nr 2021-8), SVU-rapport. Svenskt Vatten, Stockholm.
- Thomasson, A., Jonsson, R., 2022. Investeringar i kritisk infrastruktur: Utmaningar och vägar framåt. Kommuninvest forskningsberedning.

