

Digitalisering av den svenska VA-branschen



**Magnus Arnell, Marcus Ahlström,
Christoffer Wärf, Maya Miltell & Arash Vahidi**

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation
Faculty of Engineering, Lund University

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport
Nr 2021-21

Digitalisering av den svenska VA-branschen

Magnus Arnell
Marcus Ahlström
Christoffer Wärff
Maya Miltell
Arash Vahidi

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 16714 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 16751 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL Digitalisering av den svenska VA-branschen

TITLE OF THE REPORT Digitalization of the Swedish water Industry

FÖRFATTARE Magnus Arnell, Marcus Ahlström, Christoffer Wärff, Maya Miltell, Arash Vahidi, RISE Research Institutes of Sweden

RAPPORTNUMMER 2021-21

ANTAL SIDOR 90

SAMMANDRAG Rapporten ska ge VA-branschen en kunskapsbas för arbetet med digitalisering inom vatten och avlopp. Den beskriver potentialen och pekar ut framgångsfaktorer för omställningen. Den tar också upp utmaningar med kompetensförsörjning, datahantering och cybersäkerhet. En inspirationskatalog ger tio exempel på lyckade digitala tillämpningar ur verkligheten.

SUMMARY The report provides a knowledge base on the digital transformation in the water industry, its vision and potential. Key success factors are pointed out and challenges with workforce competence, data management and cybersecurity is outlined. A catalogue with ten examples of successful digital applications is provided for inspiration.

SÖKORD Digitalisering, VA-sektorn, vatten, avlopp, dricksvatten, dagvatten

KEYWORDS Digitalization, water industry, water, wastewater, stormwater

MÅLGRUPPER VA-organisationer, IT-specialister, verksamhetsutvecklare

RAPPORT Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/>

UTGIVNINGÅR 2021

UTGIVARE © Svenskt Vatten AB

REFERENS Arnell M., Ahlström M., Wärff C., Miltell M. och Vahidi A. (2021). Digitalisering av den svenska VA-branschen. SVU-rapport 2021-21. Stockholm, Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER 19-108

PROJEKTETS NAMN State of Knowledge – Digitalisering av den svenska VA-sektorn

PROJEKTETS Svenskt Vatten Utveckling

FINANSIERING

Förord

Som en av 2020-talets allestädes närvarande globala trender är digitalisering högaktuell för svenska VA-organisationer. Utvecklingstakten på området är hög och trycket stort från VA-organisationernas uppdragsgivare, leverantörer, kunder etc. för att anamma nya digitala tekniker och applikationer. Utmaningarna kopplat till att implementera ny teknik i snabb utveckling är dock många och behovet av samlad kunskap stort. Idén till att ta fram denna rapport föddes vid en serie workshops på temat digitalisering inom VA-kluster Mälardalen. Vid dessa diskussioner var det tydligt att deltagarna inte hade en delad bild av vad digitalisering innebär och vilka problem teknikerna ska lösa. Många begrepp var vaga eller okända för flertalet deltagare. En samlad kunskapsbas efterfrågades som utgångspunkt för arbetet med den digitala transformationen. Med detta syfte formerades SVU-projektet State of Knowledge – Digitalisering av den svenska VA-sektorn som har samlat 23 organisationer för att diskutera och ta fram en grundläggande sammanställning av vilka behov digitaliseringen ska lösa, nya kompetensbehov, vision och potential med transformationen samt specifikt utmaningar med insamling, lagring och delning av data och cybersäkerhet. Projektet har finansierats av Svenskt Vatten Utveckling och medfinansierats av deltagande organisationer som bidragit med sin tid och sitt engagemang i arbetet.

Innehållet i denna rapport är sammanställt från litteratur och expertkunskap inom digitalisering och VA men är också ett resultat av initierade diskussioner vid ett antal workshops och möten inom projektet. Som en del av projektet genomförde VA SYD ett Corona-anpassat hackathon – ett Teams-baserat event för samskapande av digitala innovationer baserat på öppna data – vars resultat beskrivs i rapporten. Ett varmt tack till alla representanter för medverkande organisationer som med tid och stort engagemang bidragit till projektets genomförande och rapportens innehåll. Ett särskilt tack till skribenterna för de exempel på digitala applikationer som tas upp i rapportens inspirationskatalog: Ingemar Clementson, NSVA, Magnus Rahmberg, Erik Lindblom och Oscar Samuelsson, IVL Svenska Miljöinstitutet, Simon Granath, VA SYD, Dennis Jursic Wanninger, Trine Dalkvist och Jan Krejčík, DHI, samt Johanna Sörensen, Lunds universitet.

I konsortiet för projektet deltog följande organisationer:

Borås Energi och Miljö	RISE Research Institutes of Sweden (koordinator)
Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö	IVL Svenska Miljöinstitutet
Laholmsbuktens VA	Uppsala universitet
Järfälla kommun	Mälardalens högskola
Göteborg Kretslopp och vatten	Lunds universitet
Mälarenergi	Sveriges Lantbruksuniversitet
NODRA	KTH
Norrvatten	Chalmers (DRICKS)
NSVA	Sweden Water Research
Stockholm Vatten och Avfall	DHI
Käppalaförbundet	Roslagsvatten
VA SYD	

Linköping, oktober 2021

Magnus Arnell, Marcus Ahlström, Christoffer Wärff, Maya Miltell och Arash Vahidi
RISE Research Institutes of Sweden

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	4
Summary	5
Läsanvisning	6
Definitioner och begrepp	7
1 Vad innebär digitalisering för VA-branschen?	12
1.1 Den digitala transformationen	12
1.2 Den svenska branschens behov	14
2 Vision och potential för digitalisering av VA	18
2.1 En vision för en digital VA-organisation 2040	18
2.2 Potential och värde med digitalisering för VA-sektorn.....	19
3 Framgångsfaktorer för arbete med digitalisering	25
3.1 Möjligheter med ökad samverkan inom branschen	25
3.2 Lärdomar från VA-aktörer i framkant	26
3.3 Sökes, framtidens VA-medarbetare	27
4 Lagring av data för digitala applikationer.....	33
4.1 Det uppkopplade VA-systemet och dess tekniska och organisatoriska krav	33
4.2 Lagring av data	39
4.3 Sammanfattning – insamling, lagring och delning av data	46
4.4 Vidare läsning	49
5 Cybersäkerhet för samhällskritisk infrastruktur – fallet VA	50
5.1 Regelverk och processer.....	51
5.2 Säkerhet som en process	51
5.3 Isolering och separation	52
Referenser	55
Inspirationskatalog	
Goda exempel på digitalisering.....	60
1 LakeIT – om att tillgängliggöra data och smarta analyser	61
2 Beslutsstödsystem för planering av dricksvattenproduktion.....	64
3 DOS-modell, AI-stödd dosering av fällningskemikalier på dricksvattenverk	66
4 Digitala stöd för läcksökning	68
5 Rätt åtgärd på rätt plats och vid rätt tillfälle – nu och i framtiden.....	72
6 Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk	75
7 TwinPlant – digital tvilling för avloppsreningsverk.....	78
8 Ordning i RörANN – proaktivt underhåll av dricksvattenledningar	81
9 Modellprediktering av badvattenkvalitet efter nederbörd	84
10 Exempel på nya möjligheter med befintliga data.....	87

Sammanfattning

Rapporten ska ge VA-branschen en kunskapsbas för arbetet med digitalisering inom vatten och avlopp. Den beskriver potentialen och pekar ut framgångsfaktorer för omställningen. Den tar också upp utmaningar med kompetensförsörjning, datahantering och cybersäkerhet. En inspirationskatalog ger tio exempel på lyckade digitala tillämpningar ur verkligheten.

Digitalisering är en global trend som påverkar hela vårt samhälle. Den digitala omställningen pågår redan, och Sveriges VA-organisationer har kommit olika långt. Branschen behöver förbereda sig på en långvarig omställningsprocess där behoven kommer att ändras över tid i takt med att nya digitala verktyg utvecklas. Kunskaperna behöver öka när det gäller digitalisering av hela systemet från vattenverk via ledningsnät till avloppsreningsverk, och inte minst samspelet mellan de olika delarna. Användningen av sensorer, drönare och satellitdata kommer att öka och kombineras med ny programvara för visualisering, till exempel digitala tvillingar.

VA-branschen står inför många utmaningar, bland annat omställning till cirkulära system, åldrande infrastruktur och nya väderfenomen. Mot den bakgrunden finns det stor potential med nya digitala lösningar. Med ett cirkulärt synsätt på VA-tjänster blir vatten en värdefull produkt som kan differentieras i kvalitet beroende på brukarens behov, och föroreningar i avloppsvatten blir värdefulla resurser som kan återvinnas. Digitaliseringen har en viktig funktion i att realisera dessa möjligheter, till exempel genom ökad övervakning av kvalitet och integrering med andra system i samhället för att synkronisera produktion med efterfrågan.

Med ökad användning av övervakning, prognoser och modeller blir förutsättningarna bättre för statusbedömning och feldetektion, och det möjliggör mer förebyggande underhåll och effektivare investeringar. Med digitala tekniker går det att bygga en mer integrerad organisation, där drift och produktion kan optimeras och resurserna utnyttjas bättre. Sammantaget ger det goda förutsättningar för en mer hållbar ekonomi.

För lyckad digitalisering behövs det både en teknisk och en organisatorisk omställning. Viktiga framgångsfaktorer har visat sig vara till exempel förankrade ambitioner på vd- och styrelsenivå, en färdplan med helhetssyn, tillåtande innovationskultur, utvecklad struktur för dataanvändning och samarbete med andra i branschen.

Många av digitaliseringens möjligheter kretsar kring insamling, lagring och analys av stora datamängder. Datalagring är därför en nyckelfråga med många nya utmaningar. Organisationen måste se över sina behov och förutsättningar. Molnlagring kan vara fördelaktigt i tider med snabb digital utveckling för att undvika inläsnings-effekter genom investeringar i lokal lagring. Men dagens lagstiftning innehåller otydligheter kring molnlagring, och riskerna beror på valet av molntjänst och vad organisationen har upphandlat. Olika typer av data kräver också olika starkt skydd; därför är klassning av data avgörande.

Med nya digitala verktyg kommer också nya risker och hot. Cybersäkerhet är lika viktigt som de innovativa teknikerna för en säker digitalisering av branschen. Rapporten beskriver arbetssätt och metoder för säkra digitala system. Cybersäkerhet är en pågående process och bör involvera alla i organisationen. Det finns lagstiftning och reglering men praxis är inte helt tydlig, och det saknas riktlinjer specifikt för svenska VA-organisationer.

Summary

Digitalisation is a ubiquitous trend transforming our society. The water industry must transform with it to address the rising challenges the industry is facing, e.g., climate change, aging infrastructure and the transition to circular systems.

The vision for a digitally transformed water utility is to be: community orientated and digitally integrated with customers, industry and society; digitally transformed end-to-end water systems; proactive and looking ahead; visually communicative; and financially sustainable. By developing and implementing digital technologies and applications throughout the whole value chain the water industry is approaching the vision. In the report, the potential and value proposition of digital technologies for the water industry is outlined for the following seven areas: resilient water services in society; evolved customer offering and relationship; predictive maintenance and asset management; optimized operations; efficient capital investment; integrated organization; and sustainable economy.

The digital transformation requires both a technical and an organizational transformation. Key success factors that have been reported from successful businesses are: clear leadership with high ambitions for the area; a holistic roadmap for digitalization; empowering innovation culture and to leverage pilot projects; enabling structure for, and use of, data; collaboration in the industry.

Almost all digital applications orbit around the collection and use of data. Businesses need to review needs and conditions for collection, storage and sharing of data to get a system overview, put protocols in place and make strategic choices to manage and use data in the future. Modular and flexible systems are preferable to handle changing requirements and to avoid locking effects. Various data require different restrictions and protection; thus, it is important to classify all data based on security and accessibility. It is possible to separate and store data differently based on classification and usage requirements. Opportunities and risks with cloud storage is based on procurement and contracts. In the rapid development, investments in solutions “on premises” (own hardware) can be less strategic as it can cause locking effects, hamper development and is challenging to keep functional and secure. However, the legal and regulatory status for cloud storage is currently not fully clear.

Despite the great potential, connected digital solutions can increase the risk for unauthorized access and create new vulnerabilities with potential hazardous consequences. Security concerns also risk hampering the development and implementation of digital solutions. Cyberattacks occur regularly which leads to interruption in production, loss of data and, in worst case, sabotage. Cybersecurity is a constant process rather than a fixed system and should involve everyone in the organization. Applicable legislation and regulation exist but established practice is not clear and specific guidelines for Swedish water utilities are missing. However, applicable guidelines for industry and infrastructure in general are available from Swedish Civil Contingencies Agency (MSB) and international institutions.

Läsanvisning

Denna rapport avser att ge en grundläggande förståelse för digitaliseringen av sektorn för vatten och avlopp (VA). Rapporten behandlar de viktigaste ämnena inom området med syftet att ge en god orientering och en bas att stå på för att arbeta med frågorna i sin organisation. Trots de ganska övergripande och grundläggande texterna i varje kapitel är rapporten omfattande och kan med fördel läsas i delar för den som har intresse av ett visst ämne. Nedan följer en läsanvisning för att underlätta att hitta i rapporten.

Definitioner och begrepp – Rapporten inleds med en lista över ord och begrepp som är vanliga inom digitalisering. Dessa definieras och användningen beskrivs kortfattat. Använd listan som ett uppslagsverk.

Kapitel 1 – Det inledande kapitlet beskriver den digitala transformationen utifrån den övergripande globala trenden men specifikt för VA-branschen i teknisk och organisatorisk mening. Kapitlet ska ge förståelse för digitalisering generellt. Betydelsen för VA-branschen diskuteras och nuläget beskrivs, huvudsakligen utifrån de behov VA-verksamheterna har där digitaliseringen kan erbjuda verktyg och möjligheter.

Kapitel 2 – Visionen och potentialen med digitalisering för VA-branschen diskuteras i detta kapitel. Hela VA-sektorn adresseras från dricks- till dag- och avloppsvatten samt både hårda tekniska och mjuka organisatoriska och affärsmässiga aspekter berörs. Kapitlet ska ge en bred bild av konkreta möjligheter och en idé om vad framtidens digitaliserade värld kan komma att erbjuda för VA.

Kapitel 3 – Detta avsnitt berör några kritiska arbetsområden för att framgångsrikt driva digitaliseringen av en VA-verksamhet. Lärdomar från verksamheter som gått före, möjligheter med / till samverkan inom branschen och framför allt behovet av utbildning, fortbildning och rekrytering av nya kompetenser för dessa nya områden.

Kapitel 4 – Många av digitaliseringens möjligheter kretsar kring insamling, lagring och analys av stora datamängder. Datalagring är därför en nyckelfråga med många nya utmaningar. I detta kapitel ges en grundläggande bild av förutsättningar för detta, delvis tekniskt men också organisatoriskt, juridiskt etc. Den mjuka infrastrukturen kring datalagring diskuteras.

Kapitel 5 – Med nya digitala verktyg kommer också nya risker och hot. Cybersäkerhet är lika viktigt som de innovativa teknologierna för en säker digitalisering av branschen. Kapitlet ger en orienterande beskrivning av förutsättningarna, arbetssätten och metoderna för säkra digitala system. Hänvisningar ges till juridiska ramverk och vägledningar.

Inspirationskatalog – För att ge en mer konkret bild av vad digitalisering kan åstadkomma presenteras tio kortfattade exempel på konkreta existerande applikationer. Det är tänkt som en inspirationskatalog och ska peka på befintliga nydanande metoder som finns redan nu och som har visat på goda resultat.

Referenser – Den omfattande referenslistan är inte bara tänkt som en hänvisning till rapportens faktaunderlag utan ska också ses som tips på vidare läsning. Här finns många generella rapporter på området av intresse, vägledningar inom olika områden (bl.a. datalagring och cybersäkerhet) och lagar, regelverk och standarder som är relevanta.

Definitioner och begrepp

Nedan presenteras ett antal av de vanligaste begrepp och definitioner som det talas om i samband med digitalisering. Ofta används engelska begrepp och uttryck, de har här om möjligt översatts till svenska (med benämning/förkortning på engelska inom parentes).

Algoritm

En stegvis instruktion för hur en logisk eller matematisk uppgift kan lösas som är vanlig inom exempelvis programmering.

API (eng: *application programming interface*)

En typ av gränssnitt som tillåter interaktion mellan olika typer av applikationer. Likt en tolk kan kommunikationen gå genom API för att olika system och program enkelt ska kunna kommunicera med varandra. Exempelvis kan det vara en applikation som hämtar data från en mängd olika källor, vilka sedan kan hämtas automatiskt av en annan applikation för nyttjande.

Artificiell intelligens (AI)

Enligt Oxford English Dictionary definieras AI som ”Teorin och utvecklingen av datorsystem som kan utföra uppgifter som vanligen kräver mänsklig intelligens, som exempelvis visuell uppfattningsförmåga, taligenkänning, beslutsfattande och översättning mellan språk” (Oxford English Dictionary, n.d.). Begreppet är därmed mycket brett, men används vanligen idag med syftning till självlärande system (se definition av *Maskininläring* nedan).

Artificiellt neuronnät (eng.: *artificial neural network, ANN*)

En metod inom maskininläring (ML, se nedan) i kategorin vägledad inläring. Neurala nätverk är utvecklade för att efterlikna biologiska neuronnät (t.ex. nervsystemet). Det utgörs av ett nät av noder i ett eller flera lager genom vilket ett visst resultat fås som en signal beroende på indata och vilken väg signalen tar genom nätet. Neuronnätet måste tränas med kända historiska utfall för att ”lära sig” vilka vägar som ger rätt utfall givet vissa indata.

Big data

Big data har inte fått en etablerad svensk översättning, men innebär den stora mängd data som lagras allt eftersom vi mäter fler och fler saker. En definition är: digitalt lagrad information av storleken terabyte till petabyte (10^{12} – 10^{15} byte) (Nationalencyklopedin, n.d.). Hantering av big data kan kräva nya metoder för analys och användning.

Blockkedja (eng.: *blockchain*)

Blockkedja är en typ av dataverifikationssteknik som ämnar göra olika typer av transaktioner säkrare genom att alla parter i värdekedjan har tillgång till gemensam lagring av information gällande transaktionen genom en decentraliserad datakedja. När en förändring sker, så som en transaktion av pengar från ett konto till ett annat, verifieras detta samtidigt via alla parter. Med andra ord lagras all information på alla datorer som är med i kedjan (Thors, 2019). Detta innebär dels ett snabbare och mer transparent informationsflöde för alla parter, dels att säkerheten ökar då det blir mycket svårt att förfälska informationen i systemet.

Cybersäkerhet

Säkerhetsfrågor relaterat till att skydda digital och uppkopplad teknik mot olika typer av skadliga angrepp.

Datorstödd verksamhetsanalys (eng.: *business intelligence, BI*)

Processer och programvaror för insamling och analys av intern och extern data för analys, styrning, beslutsstöd, uppföljning och kommunikation på verksamhetsnivå. Ofta behandlas stora datamängder från disparata källor med maskininlärningsmetoder för att presentera verksamhetskritiska nyckeltal.

Den engelska termen Business Intelligence används också för omvärldsbevakning, dvs. insamling, analys och presentation av information. Denna betydelse avses ej i denna rapport.

Digitalisering

Vanligen används ordet digitalisering för att beskriva två olika saker:

Ordet används i Sverige synonymt med *den digitala transformationen*, se därför Stycke 1.1 för en ingående förklaring.

Beskrivning av processen att omvandla något som förvaras i analog form, eller fysiska dokument, kartor, ritningar etc., till motsvarande i digital form. Exempel på detta kan vara text som förvarats i arkiv som skannas och lagras digitalt, eller kartinformation som översätts till GIS-data. På engelska benämns detta vanligen som *digitization* (eller ibland även synonymt *digitalization*).

Digital tvilling

En digital tvilling är en digital representation av ett fysiskt objekt (eller process / system). För applikationer inom VA-sektorn innebär det oftast modeller som beskriver delar av systemen så som ledningsnät eller reningsanläggning och matas med olika typer av data för att kunna simulera systemet i realtid (SWAN Forum, 2019; Valverde-Pérez *et al.*, 2021). En digital tvilling används då som beslutsstöd genom att driftpersonalen får en djup förståelse för systemets tillstånd vid varje given tidpunkt. I en mer avancerad version kan tvillingen även styra systemet genom modellprediktiv styrning.

Distribuerat styrsystem (eng.: *distributed control system, DCS*)

Ett distribuerat styrsystem är ett processautomationssystem uppbyggt av enhetliga men distribuerade styrenheter för olika delprocesser, sammankopplade med ett bussystem för snabb kommunikation. Ett DCS-system har en enhet för lagring, bearbetning och visualisering av data samt interaktion med operatörer som kan styra processen.

Ett DCS-system används för processautomation på liknande sätt som ett system av PLC:er och SCADA-system men skiljer sig genom att de styrenheterna kan kommunicera internt utan att passera en central enhet.

Edge computing

Då mer och mer data samlas in ställer det ökade krav på en centraliserad datahantering och databehandling, vilket ofta kan ske genom exempelvis molnlösningar, med risk för överbelastning och flaskhalsar. Edge computing syftar till att lagra och bearbeta data i decentraliserade lösningar där databehandling sker vid eller nära källan i stället för att behandlas centralt (van der Meulen, 2018). Det ger fördelar i responstid, överföringskapacitet och ibland för cybersäkerhet.

Federated learning

En metod inom maskininläring (ML, se nedan). Federated learning (på svenska ungefär "förenad inläring") avser en typ av maskin-inläring för delade applikationer som inte kräver en centraliserad insamling av data för modellträning, vilket traditionella maskininlärningsmodeller kräver. I stället sparas all data lokalt för varje användare medan den tränade modellen nås via molnet. När en användare laddar ner modellen uppdateras den med användarens data varefter den uppdaterade modellen laddas upp och uppdaterar den centralt lagrade modellen. På detta vis undviks central uppladdning av användarens

data då användarens modell automatiskt ”blandas ut” med övriga användares modeller. (McMahan & Ramage, 2017)

Förstärkningsinlärning (eng.: *reinforcement learning*)

En metod inom maskininlärning (ML, se nedan). Dessa metoder skiljer sig från andra typer av ML-metoder – vägledad eller icke vägledad inlärning med historiska data – genom att de i en iterativ metod tränas genom återkoppling när den utforskar en dynamisk omgivning i kombination med utnyttjande av kända förhållanden. Gynnsamma val förstärks genom belöning när beräkningarnas utfall ligger nära ett önskat resultat.

Förstärkt verklighet (eng.: *augmented reality, AR*)

Förstärkt verklighet startar med en bild av något verkligt som kan ses av en människa genom ett gränssnitt, vanligen genom en kamera som återger en bild i realtid på en datorskärm eller telefon. Förstärkningen innebär att något digitalt, exempelvis en modell av utrustning som planeras att köpas in eller en hel anläggning, placeras i bilden av mjukvara vilket uppdateras med avseende på position och betraktningssvinkel i realtid när kameran flyttas omkring. För användaren möjliggör det exempelvis att ännu ej existerande objekt kan visualiseras i realtid placerade i tilltänkt position / miljö, eller att man får information som annars inte är tillgänglig via displayer vid det aktuella objektet (exempelvis processinformation).

Geografiska informationssystem (GIS)

Digitaliserad kartinformation (koordinater) med möjlighet att dela in ett stort antal lager med en viss typ av information i varje lager. Exempel på vad ett lager kan innehålla är: ledningar, byggnader, topografi/höjddata, jord/bergarter etc.

IT

Förkortning för ordet *informationsteknik*, vilket innefattar användning av datorer och telekommunikation för överföring och lagring av information.

Maskininlärning (eng: *machine learning, ML*)

Termen maskininlärning används för att beskriva (dator)system som kan ”lära” sig utav erfarenhet över tid för att nå ett specifikt mål genom mönsterigenkänning. Vanligtvis tränas ML-algoritmen med historiska data genom automatisk anpassning av parametrarna i en matematisk modell (exempelvis neuronnet) för att replikera utdata givet vissa indata och generalisera exemplen. En stor mängd olika applikationsområden är möjliga med sådan teknik. Exempel från VA-branschen inkluderar automatisk feldetektion (felaktiga sensorsignaler, läckor i distributionsnät) och olika typer av prediktionsmodeller.

Se även beskrivning av vanliga metoder för ML: Federated learning, Förstärkningsinlärning och Artificiellt neuronnet.

Metadata

Metadata är data om data. Metadata beskriver det data som samlas in och ger viktig information om exempelvis datas kontext eller hur data kan/bör hanteras. Metadata delas in i tre kategorier: strukturell, deskriptiv och administrativ (som delas in i tre underkategorier vi inte går in mer på här).

Exempel på metadata är geoinformation (deskriptiv), sensor-ID (administrativ), format (administrativ), rättigheter (administrativ) och hierarki/tillhörighet (strukturell). Om vi istället tar en bok som exempel skulle texten vara själva datan, titel/ISBN/författare är deskriptiva metadata, sidnummer/version/utgåva är strukturella metadata, och ägande/rättigheter/copyright är administrativa metadata.

Mjukvarusensor (eng: *soft(ware) sensor*)

En virtuell sensor som använder indirekta mätmetoder för att ge en uppskattning av värdet av en parameter som inte mäts. En sådan konstrueras vanligtvis som en modell som beräknar värdet som ska mätas genom korrelationer med andra värden som faktiskt mäts med verkliga sensorer.

Modell

En modell är en förenklad beskrivning av någonting (ett system, en komponent etc.) som används för utvärdering och prediktioner av verkligheten. Modeller kan vara både fysiska och virtuella. I sammanhanget digitalisering används vanligen matematiska modeller, vilka ämnar beskriva verkliga system, processer och dylikt kvantitativt genom matematiska samband. Den matematiska modellen implementeras i en beräkningsplattform på en dator varvid simuleringar kan utföras. Vanligen körs modellen off-line men realtidsmodeller som tar emot in-data m.m. on-line från t.ex. SCADA-system är en framväxande teknik. Vanliga typer av matematiska modeller är mekanistiska modeller, empiriska modeller, datadrivna modeller samt hybridmodeller. Dessa definieras nedan.

Mekanistisk modell (ibland även eng.: white box model)

Beskriver samband genom beräkningar av underliggande orsakande mekanismer. Dessa modeller kan vara lättare att extrapolera utanför de applikationsområden där parametrar tagits fram, även om det inte nödvändigtvis är så i alla lägen.

Empirisk modell (ibland även eng.: black box model)

Beskriver förhållanden mellan olika parametrar/variabler genom observerade samband. Ofta används en generell matematisk modell med okända parametrar som anpassas så att modellen kan beskriva ett dataset så väl som möjligt. Modellernas applikationsområde är ofta begränsade till den situation där parametervärden tagits fram.

Datadriven modell

En datadriven modell är egentligen en empirisk modell, men med dagens terminologi åsyftas vanligen en modell som använder maskininlärning för att lära sig mönster eller okända parametervärden i en modell. Dessa modeller är ofta mycket känsliga för den data som använts för att lära modellen se samband, vilket gör extrapolering utanför dessa områden svårt.

Hybridmodeller (ibland även eng.: grey box model)

Använder en blandning av modelltyperna ovan, där vissa inslag kan basera sig på mekanistiska samband och vissa på empiriska data.

Modulära system

Modulära system (här IT/OT-system) är uppdelade i mindre delar (moduler) som fungerar var för sig och kan kopplas ihop. Modulära system tillåter att olika delar kan implementeras, modifieras eller bytas ut mot andra moduler utan att behöva ändra övriga delar, och moduler kan även användas av eller flyttas mellan olika system.

OT

Digitala system och teknik för drift, eng.: Operational Technology. Innefattar hårdvara och mjukvara som används för att övervaka och styra industriella processer. Traditionellt separerat från IT-system men när OT-system kopplas upp blir gränsen mindre tydlig.

Partitionering

Uppdelning i oberoende delar, t.ex. för minnesenheter (såsom hårddiskar) eller nätverk.

Sakernas internet (eng.: *internet of things, IoT*)

Sakernas internet syftar på att vi lever i en värld som blir mer och mer uppkopplad, där en stor mängd saker är uppkopplade och kommunicerar. Omfattningen av uppkopplade saker och platser kan öka delvis tack vare utvecklingen mot prisvärda batteridrivna sensorer och nya typer av energisnål kommunikation. Detta innebär att stora mängder data blir tillgängligt på ett sätt som tidigare inte varit möjligt, samt att sammankoppling och nya kommunikationsvägar mellan olika enheter möjliggör nya metoder för styrning, övervakning och integrering.

SCADA

Supervisory Control and Data Acquisition: ett styr- och övervakningssystem för olika typer av industrier, där data samlas in från olika delar av processerna och lagras och behandlas. I SCADA-systemet anges eller beräknas styrsignaler som skickas tillbaka till processen (till lokala PLC-enheter).

Simulering

Simulering innebär att efterlikna verkliga eller gissade framtida fenomen under kontrollerade former, ofta med hjälp av en modell. Inom digitaliseringsområdet innebär det främst att matematiska modeller implementeras i en beräkningsplattform på en dator för att simulera beteenden i olika system vid olika scenarier, t.ex. med olika start- och gränsvärden eller olika värden på parametrarna i modellen.

Virtuell verklighet (eng.: *virtual reality, VR*)

Till skillnad från förstärkt verklighet innehåller virtuell verklighet endast digital information. Termen syftar till en virtuellt uppbyggd miljö som upplevs som verklig genom det gränssnitt som används av människan för att ta del av den. Vanligen används ett VR-headset som gränssnitt, vilket fungerar så att när personen som bär det flyttar huvudet i en viss riktning ändras perspektivet på skärmen i headsetet i motsvarande riktning. Detta medför exempelvis att en framtida anläggning kan projekteras i detalj i 3D för att möjliggöra för personen med VR-headset att uppleva anläggningen innan den är byggd och granska detaljer så som placering av objekt.

5G

Femte generationens trådlösa kommunikationssystem. 5G kommer att möjliggöra snabbare kommunikationshastigheter samt kraftigt ökad kapacitet för uppkoppling av sensorer och andra smarta prylar i samhället (IoT).

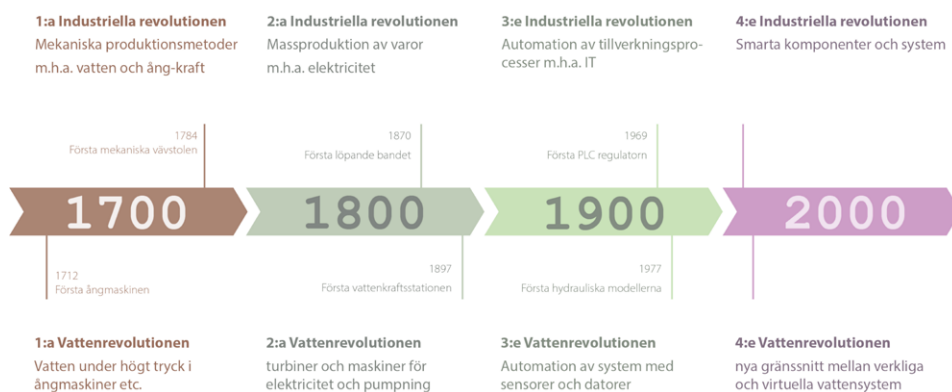
1 Vad innebär digitalisering för VA-branschen?

1.1 Den digitala transformationen

Digitalisering är en av de globala trenderna som på ett allomfattande sätt kommer att påverka hela vårt samhälle. Ofta benämns det som en digital revolution, vilken kommer att krävas för att nå en radikal omställning till nya systemkonfigurationer inom urban vattenhantering (German Water Partnership, 2015; Sarni *et al.*, 2019). Bakgrunden är de många utmaningar som VA-sektorn står inför, med exempelvis: omställning till cirkulära system, åldrande infrastruktur och nya väderfenomen i klimatförändringarnas spår (Malm *et al.*, 2019). Det kommer att kräva ett mer integrerat förhållningssätt för vattenutmaningarna där mer behöver göra mer med alltjämt begränsade resurser (Sarni *et al.*, 2019). Denna omfattande omställning kallas även den *digitala transformationen*, och handlar om att nyttja den teknikutveckling som nu sker i rasande takt tillsammans med de stora mängder data som redan idag samlas in för att nå ett radikalt förbättrat resursutnyttjande med en helhetssyn över vattensektorn. För den svenska VA-sektorn innebär detta inte bara en teknisk omställning utan i lika hög grad en organisatorisk omställning.

1.1.1 Den tekniska omställningen

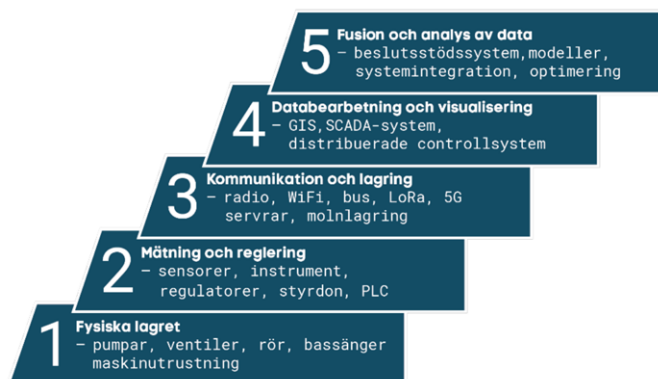
Ett illustrativt exempel av den digitala transformationen ges i den tyska publikationen *Water 4.0* (German Water Partnership, 2015), Figur 1.1. Där presenteras fyra steg (revolutioner) inom vattenhantering i analogi med de fyra industriella revolutionerna (1.0: ångmaskinen; 2.0: elektriciteten; 3.0: elektroniken; 4.0: smarta system). Samma principiella teknikutveckling använder de för att beskriva vattenrevolutionerna. Den första revolutionen innebar att vatten kunde hanteras under högt tryck i ångmaskiner och hydraulik (1.0); senare skapades turbiner som kunde generera elektricitet med följd att vatten kunde pumpas (2.0); följt av användning av datorer för modellering och simulering av vattensystem samt integrering av sensorer för processtyrning och övervakning (3.0). Den fjärde revolutionen beskrivs som steget då nya gränssnitt mellan verkliga och virtuella vattensystem skapas; realtidsmodeller börjar användas för prognostisering och minimering av risker och kostnader samt användningen av smarta sensorer ökar i distributions- och insamlingssystem för ökad kontroll både för VA-organisationer och slutanvändare.



Figur 1.1

Tidslinje över industrins och vattensektorns fyra revolutioner. Figur efter (German Water Partnership, 2015)

En populär modell för digitalisering generellt, oavsett bransch, är att dela in systemet i lager, från de fysiska komponenterna (i VA-branschens fall: rör, pumpar, bassänger etc.) i bottenlagret (Lager 1) över sensorer och lokala styrsystem (Lager 2), kommunikation och lagring av data (Lager 3), bearbetning och visualisering av data (Lager 4) till överordnade beslutsstödsystem genom fusion och analys av data i toppen (Lager 5), Figur 1.2 (SWAN Forum, n.d.). På den 5:e nivån pågår mycket lovande utveckling mot smarta VA-system.



Figur 1.2

Diagram över digitaliseringens fem lager. Förekommande modell, t.ex. från (SWAN Forum, n.d.).

En kraftig utveckling av teknologier på alla fem nivåerna ses redan och kan förväntas öka. I International Water Associations publikation *Digital Water* (Sarni *et al.*, 2019) beskrivs fyra distinkta teknikområden som förutspås växa och vara avgörande för den tekniska omställningen:

1. *Sensorer, övervakning och prognostisering*: I takt med att teknologin blir billigare och mer lättillgänglig ökar möjligheterna för övervakning av vattensystemen (jfr. sakernas internet). Tekniker så som sensorer, drönare och satellitdata kommer att öka i användning och kombineras med ny programvara för visualisering så som digitala tvillingar, vilket ger VA-organisationer en helt annan möjlighet att planera och hushålla med vattenresurser. Nya förbättrade modeller för prognostisering minskar osäkerheter i hantering av vatten och ger bättre, mer uppdaterat underlag till beslutsfattare. (Grievson, 2020)
2. *Teknologier för databehandling*: Artificiell intelligens och maskininlärning kommer att fortsätta utvecklas och användas för att processa de stora nya datamängder som kommer att produceras. Det används i databearbetning, som beslutsstöd i olika typer av datadrivna modeller samt för utökad och förbättrad interaktion mellan vattentjänstleverantörer och kunder. (Kapelan *et al.*, 2020)
3. *Förstärkt och virtuell verklighet (AR/VR) samt digitala tvillingar*: AR och VR används i allt större utsträckning och innebär bättre informationstillgång i fält, nya metoder för visualisering samt nya utbildningsverktyg för personal.
4. *Blockkedjeteknologi för användning inom vattenområdet*: Blockkedjor är en framväxande teknik, främst känd för användning inom kryptovalutor så som Bitcoin. Applikationsområden finns även inom vattenbranschen då det möjliggör en helt ny nivå av säkerhet inom informationsflöden och transaktioner mellan olika parter.

Data som genereras av nya sensorer och applikationer måste också hanteras på ett bra sätt för att kunna nyttjas optimalt och framför allt vara lättillgängligt inom olika delar av organisationen. Ett strukturerat datasamlingsystem är därför en viktig del av digitaliseringsarbetet. Detta datainsamlingsystem måste också spara data på rätt sätt så vital information inte går förlorad (exempel kan vara med vilket tidsupplösning data sparas).

I SWAN:s publikation *Smart Water Report* (SWAN Forum, 2019) betonas förutom ovan nämnda teknologier också nya möjligheter med befintliga tekniker som sedan länge varit på frammarsch, så som: molnbaserade applikationer; trådlös kommunikation och

IoT (vilket kommer att nå nya höjder efter storskalig implementering av 5G-teknologin); samt applikationer för insamling och lagring av data från en stor mängd källor på en och samma plats (där den blir åtkomlig för andra delar av systemet).

1.1.2 Den organisatoriska omställningen

För att lyckas med en sådan radikal omställning som den digitala transformationen ställs krav på nya tankesätt även på det organisatoriska planet. Det är därför viktigt att digitaliseringsarbetet är förankrat och drivs på högt i organisationen, på nämnd-/styrelsenivå alternativt VD och ledningsgruppsnivå, som sedan tydligt markerar riktningen för organisationen. Flertalet publikationer (Sarni *et al.*, 2019; SWAN Forum, 2019) beskriver vikten av en färdplan för digitaliseringsarbetet med frågor som *vart vill vi nå?* och *hur kan digitala tekniker hjälpa oss dit?* Lyckade exempel ges på hur en ledningsroll, Chief Digital Officer (CDO), kan användas specifikt för ledning av digitaliseringsarbetet.

Införandet av nya digitala tekniker kommer att kräva förändrade arbetsuppgifter. Enklare, repetitiva uppgifter kommer sannolikt att tas över av AI, vilket frigör resurser samtidigt som större andel sensorer och mätinstrument kräver andra/ytterligare resurser för underhåll. Ny personal kommer att behöva anställas med större kunskaper inom olika grenar av IT för att hantera de många nya tekniska applikationerna, men även nuvarande personal kommer att behöva utbildas i en snabbt förändrande omgivning.

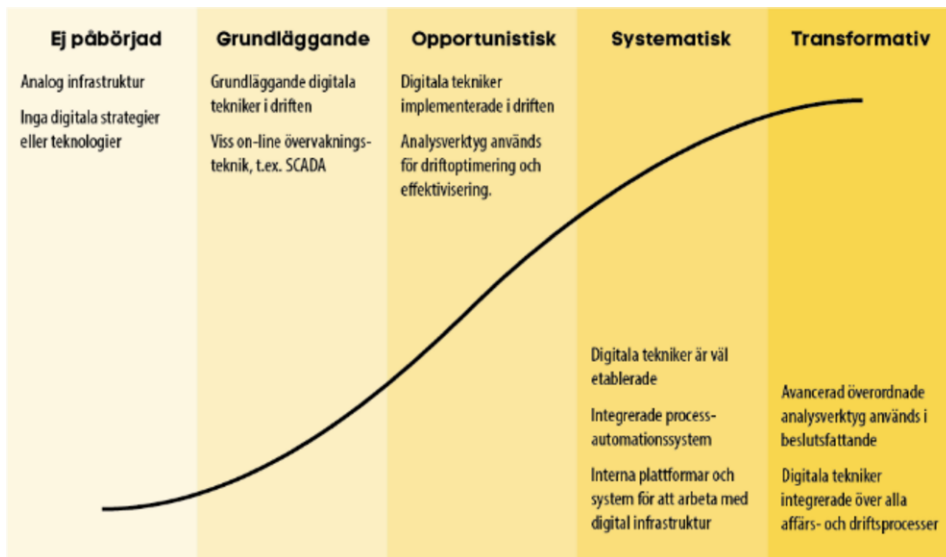
Att skapa en kultur av innovation inom organisationen, där personalen i hela organisationen engageras, fostras i att omfamna förändringsprocessen och samarbeta över avdelningsgränserna, har lyfts fram som en nyckelkomponent för att lyckas med den digitala resan (Sarni *et al.*, 2019; SWAN Forum, 2019). Sarni *et al.* (2019) pekar på vikten av att personer i alla delar av organisationen är nyfikna och letar efter nya möjliga lösningar och tekniker eftersom nya tekniker hela tiden utvecklas inom alla steg i värdekedjan. SWAN Forum (2019) nämner skapandet av en innovationskultur som den starkaste indikatorn på en lyckad digital transformation. Tätt sammankopplat med innovationskulturen är också viljan att testa nytt och utvärdera tekniker ordentligt med exempelvis pilottester. Detta kan också underlättas med nya former av samarbete mellan VA-organisationen och delar av värdekedjan, så som medverkan i innovationshubbar. Även samarbete och utbyte av information mellan VA-organisationer är viktigt för att dela erfarenheter och hitta nya angreppsvinklar. I Sverige är sådant samarbete redan omfattande, exempelvis genom medverkan i Svenskt Vattens fyra forskningskluster.

1.2 Den svenska branschens behov

Den digitala transformationen inom den svenska VA-branschen är redan en pågående process där olika VA-organisationer har kommit olika långt i sitt arbete. Digitaliseringen har potential att genomgripande förändra förutsättningar för, och drift av, våra VA-organisationer, exempelvis genom ett förbättrat och förändrat kunderbjudande, stora effektiviseringsvinster och förändrat behov av bemanning och kompetens. Det ger VA-verksamheterna möjligheter men också utmaningar. Vilken ny och utvidgad kompetens behöver vi? Förändrar digitaliseringen hur vi arbetar? Vilka behov har vi? Hur kan vi se till att säkerheten inte äventyras?

För att ta vara på digitaliseringens möjligheter behöver VA-branschen stärka kompetensen och öka kunskapsbyggande kopplat till digitalisering för hela systemet från vattenverk via ledningsnät till avloppsreningsverk, och inte minst interaktionen däremellan. Även om branschen har börjat öppna upp för att implementera mer digitala tjänster och produkter finns det mycket kvar att göra innan digitalisering är en integrerad del av vardagen i VA-sektorn. Figur 1.3 visar hur VA-organisationernas utveckling från helt analoga till transformativt digitala system är gradvis ökande i tillämpningar och värdeskapande. Svenska vattensystem är komna en bit på vägen (grundläggande

till opportunistisk) och många VA-verksamheter ligger i startgroparna för att ta fram digitala strategier och ta vidare kliv uppåt i detta arbete. Även om skillnaderna är stora så saknas hos många VA-organisationer kunskapen om vad det innebär och hur man ska komma i gång vilket bidrar till förvirring och osäkerhet. Branschen har redan idag behov av nya typer av digitala arbetssätt och kompetenser för att kunna lösa dagens utmaningar, och behoven kommer att öka och ändras över tid, för att även kunna möta morgondagens utmaningar. Branschen behöver förbereda sig på en långvarig transformationsprocess där behoven kontinuerligt utvecklas i och med en ökande grad av digitalisering och av nya verktyg.

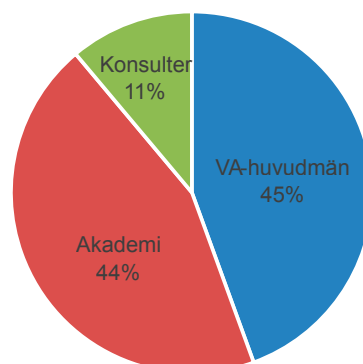


Figur 1.3

Generaliserad adaptationskurva för digitala tekniker inom organisationer. Ursprungligen från Sarni et al. (2019).

1.2.1 Vilka behov ser branschen idag?

Under en av projektets workshops fick företrädare från några av branschens aktörer, VA-huvudmän, konsulter och akademi, möjlighet att diskutera branschens behov i relation till den digitala transformationen. Fördelningen av aktörer som deltog under workshoppen illustreras i Figur 1.4.



Figur 1.4

Aktörsrepresentation vid behovsworkshop. Arton deltagare bidrog till resultaten.

Under workshoppen fick deltagarna möjlighet att rösta fram och diskutera behov kopplade till digitalisering. De fem områden som prioriterades högst för diskussionen var, i fallande ordning: (1) Drift/produktion, (2) Underhållsplanering, (3) Samverkan (4) Investering/projekt, och (5) Organisation / administration. I avsnitten nedan följer en deskriptiv syntes av branschens behov utifrån dessa diskussioner.

Inom *Drift/produktion* lyftes behovet av nya digitala verktyg som kan bidra till att effektivisera det dagliga drift- och förvaltningsarbetet ute på anläggningarna och på ledningsnäten. Bland annat lyftes ett behov av att införa mer automation (styr- och reglerteknik) på anläggningarna (vattenverk, avloppsreningsverk och ledningsnät) för att verksamhetsutövarna ska kunna åstadkomma mer och bättre resultat, och samtidigt kunna använda sina personalresurser mer effektivt. Produktionsanläggningarna är under stort tryck att förbättra sina resultat (rening osv.) samtidigt som nya, ibland konkurrerande, målsättningar lyfts fram, såsom energi- och resursåtervinning och minskade växthusgasutsläpp; allt ska klaras med en begränsad budget. Digitala applikationer ses som en möjlighet till automation, optimering och effektivisering av driften. Detta har potential att inte bara spara pengar och resurser men också öka kapacitetsutnyttandet i befintliga anläggningar och på så vis minska eller skjuta upp investeringsbehov. I kombination med mer automatiserade anläggningar diskuterades också behoven av smartare larm- och varningssystem så att drift- och underhållspersonal ska kunna jobba effektivare med arbetsordrar, delvis för att maximera tillgångarnas drifttid men också för att minimera ställtider. Deltagarna lyfte också behovet av bättre beslutsstöd, bland annat så att underhållsarbete kan gå från att vara reaktivt till att bli mer förebyggande och proaktivt.

Diskussionerna inom *Underhållsplanering* lyfte också behovet av nya typer av verktyg som möjliggör prognostisering av tillgångars underhållsbehov och livslängder, detta för att bättre kunna planera förnyelse- och underhållsinsatser. En del av detta bedöms vara bättre beslutsstödsystem och smartare varningssystem som möjliggör proaktivt underhåll snarare än reparationer när någon komponent väl har gått sönder. Behovet av bättre beslutsstödsystem lyftes också inom *Investering/projekt*. Branschen ser att digitalisering kan möjliggöra nya typer av beslutsstöd där nya verktyg, AI och modellering av olika delar av VA-systemet (vattenverk, avloppsreningsverk och ledningsnät) sannolikt kommer att fylla en viktig roll. Enligt deltagarna behövs bättre beslutsstödsverktyg för prioritering och optimering av åtgärder vid reinvesteringar och investeringar, där exempelvis kostnad-nyttoanalyser kan baseras på fler datakällor än idag för att hjälpa till i prioriteringsarbetet så att rätt insats görs vid rätt tillfälle (exempelvis att identifiera ledningssträckor med störst sannolikhet att orsaka en driftstörning). Branschen uttrycker också ett behov av verktyg för bättre stöd och underlag som kan ligga till grund för att kunna motivera höjda taxor.

Inom *Organisation/administration* konstaterades behovet av att göra riktade strategiska satsningar på digitalisering och behovet av att förankra dessa satsningar genom hela verksamheterna, som kritiskt för att lyckas med digitaliseringsutmaningen. Kopplat till behovet av att få med hela organisationen i digitaliseringsarbetet diskuterades också behovet av verksamhetsgemensamma IT-system för att underlätta kommunikationen mellan olika delar av verksamheten för att minska problem med så kallade ”verksamhetssilos”. Ett viktigt behov i detta arbete bedöms vara att säkerställa att de delar av verksamheterna som jobbar med digitalisering får tillräckligt med stöd och de resurser de behöver från verksamhetsledningen för att kunna genomföra digitaliseringsarbetet. Mindre kommuner, ofta med lägre befolkningstäthet, har specifika behov av beslutsstöd, övervakning och underhåll på distans m.m. och kan därmed ha minst lika stor, om inte större, nytta av digitala applikationer.

Behovet av *Samverkan* och säkerhet var genomgående teman för alla områden som diskuterades. Deltagarna såg ett stort behov av tvärfunktionell samverkan, både inom de egna organisationerna och inom branschen i sin helhet för att möta behoven som diskuterades inom varje kategori. Bred samverkan bedöms krävas för att säkerställa att hela branschen kan utvecklas i den riktning som krävs för att möta digitaliseringsbehoven, bland annat då många organisationer saknar tillräckliga resurser att bedriva egen FoU-verksamhet. Uppskattningsvis är det få, om ens några, VA-organisation som idag sitter på alla kompetenser och svar som krävs för att möta samtliga utmaningar

som ställs i den digitala transformationen, och deltagarna identifierade ett behov av ett ökat kunskaps- och erfarenhetsutbyte för att säkerställa ett gemensamt lärande och gemensamma bästa praxis inom branschen.

2 Vision och potential för digitalisering av VA

2.1 En vision för en digital VA-organisation 2040

En allt igenom digitalt transformerad VA-organisation kännetecknas i den framtagna visionen på följande områden:

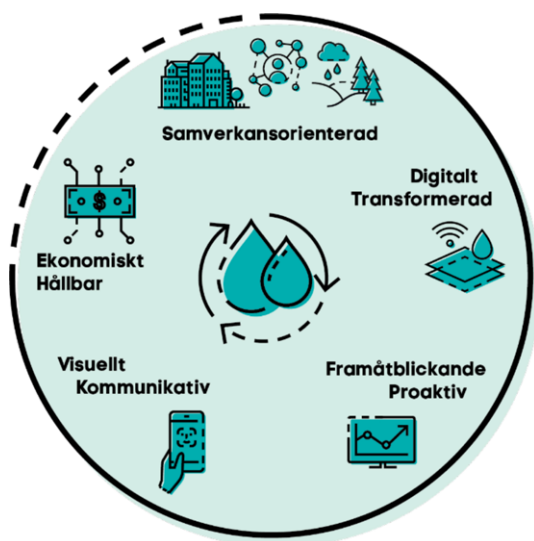
Samverkansorienterad – VA-organisationen är digitalt integrerad med kunder, bransch och samhälle där beslutsstödssystem, modeller och digitala tjänster används för integrerad planering och styrning av vatten och VA-system i samhället. Data och information delas mellan olika samhällsaktörer och används på en överordnad nivå. Med denna integration kan nya produkter och tjänster av och för VA-organisationen samt nya affärsmodeller möjliggöras. VA-organisationer kan erbjuda nödvändiga vattentjänster till samhället trots ökande krav och ytterligare bidra till att uppnå ett hållbart samhälle.

Digitalt transformerade VA-system – Hela cykeln – vattentäkt-vattenproduktion-distribution-användning-insamling-rening/återvinning-recipient – är digitalt integrerade och optimerade.

Framåtblickande proaktiv – prognostiserande applikationer och modeller används för styrning och beslutsstöd för optimerad drift och produktion samt långsiktigt hållbara system och beslut.

Visuellt kommunikativ – genom visualisering av information och kommunikation med kunder och samhälle är medborgarna medvetna om vattens värde och varsamma med denna resurs vilket bidrar till hållbar vattenanvändning i hela cykeln och hållbara ekosystem.

Ekonomiskt hållbar – tack vare optimerad drift (OPEX) och hållbara investeringar med maximerat utnyttjande av anläggningstillgångar (CAPEX) är VA-organisationen ekonomiskt hållbar och kan erbjuda prisvärda produkter och tjänster.



Figur 2.1

Vision 2040 – Kännetecken för en digitalt transformerad VA-organisation.

Möjligheterna med digitala tekniker är närmast oändliga och låter sig inte beskrivas över några sidor i denna rapport. På alla 5 nivåerna i Figur 1.2 kan man förvänta sig att ett stort och ökande antal nya innovativa digitala applikationer presenteras de närmaste åren. Dessa kommer var för sig att kunna förbättra eller rent av revolutionera delar av de system vi har idag och ta oss närmare visionen eller skapa helt nya möjligheter som vi ännu inte kan föreställa oss. Ändå har det framförts att än större potential till transformativ förändring ligger i den övergripande integrationen mellan olika delsystem och system på organisatorisk nivå (SWAN Forum, 2019). Detta gäller både mellan olika system inom VA och mellan olika sektorer i samhället.

Genom att koppla upp VA-systemen med en stor mängd sensorer som samlar in data om allehanda aspekter av anläggningarnas och produktionens status och prestanda samt samla denna data på ett gemensamt, strukturerat och tillgängligt sätt kan databaserad analys (AI, ML etc.) utföras tvärs över olika system, modeller appliceras och stödjande underlag för beslut på så sätt genereras.

I följande avsnitt exemplifieras potentialen med digitala tekniker områdesvis, resultaten av ett Hackathon om applikationer för befintliga data och några specifika exempel presenteras mer utförligt i inspirationskatalogen (avsnitt 0).

2.2 Potential och värde med digitalisering för VA-sektorn

Nyttan och värdet med digitala applikationer för VA-verksamheten är mångfacetterad och till stora delar ännu kvar att upptäcka vartefter nya innovationer kommer fram och testas. För inspiration och ökad förståelse av potentialen med digitaliseringen ges nedan (avsnitt 2.2.1 till 2.2.7) exempel på nyttor gentemot bl.a. kunder, samhälle och inom drift & underhåll, organisation och ekonomi. Innehållet i avsnitten nedan utgår från litteratur (såsom Sarni *et al.* (2019)) samt från en av projektets workshops där 23 organisationer diskuterade sina behov och möjliga digitala lösningar de redan nu ser eller kan föreställa sig.

För konkreta exempel på digitalisering inom VA se vidare Inspirationskatalogen i slutet på rapporten. Där beskrivs kortfattat följande 10 lyckade implementationer av digitala applikationer eller system med erfarenheter, resultat och viktigaste lärdomar.

1. LakeIT – om att tillgängliggöra data och smarta analyser
2. Beslutsstödsystem för planering av dricksvattenproduktion
3. DOS-modell, AI-stödd dosering av fällningskemikalier på dricksvattenverk
4. Digitala stöd för läcksökning
5. Rätt åtgärd på rätt plats och vid rätt tillfälle. Nu och i framtiden
6. Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk
7. TwinPlant – digital tvilling för avloppsreningsverk
8. Ordning i RörANN – proaktivt underhåll av dricksvattenledningar
9. Modellprediktering av badvattenkvalitet efter nederbörd
10. Exempel på nya möjligheter med befintliga data

2.2.1 Ett resilient VA-system i samhället

I den allstädes närvarande hållbarhetsdebatten är vattenfrågorna i centrum för att kunna nå upp till Agenda 2030 och klara flertalet av FN:s 17 hållbarhetsmål (United Nations, 2015). Nya krav ställs på vattenförvaltning och vattentjänster för att klara ökad urbanisering med bibehållen vattenförsörjning och hållbar utveckling av våra städer med goda levnadsvillkor för alla medborgare. Hållbar vattenförsörjning innebär en ansvarfull förvaltning av råvattenresurser med hushållning av vatten och anpassning av vilket vatten som används till vad. Med kommande klimatförändringar ska detta klaras under förändrade förutsättningar. Vissa områden i Sverige kommer att uppleva ökad vattenstress och i stora delar av landet väntas mer extremväder med skyfall. Detta

gör att stadsplaneringen överlag, och VA-systemen specifikt, måste anpassas för att hantera dessa situationer och stora variationer. Stadsplaneringen måste samtidigt möta krav på ökad levnadsstandard och mål om ekosystem på land med förbättrad biologisk mångfald, där vatten har stor påverkan på båda.

Kommande klimatförändringar kräver stora anpassningar av våra städer för att minimera konsekvenser av ökad nederbörd och höjda havsnivåer. Blå-gröna lösningar för att fördröja och minska vattenmängder har visat sig gynnsamma för att både minimera effekterna av t.ex. skyfall och skynda på återgången till ett normalläge. Digitala applikationer har stor potential att ytterligare förbättra utnyttjandet av både traditionella dagvattensystem och alternativa lösningar. Genom t.ex. prediktiva modeller och digitala tvillingar med inkluderade väderleksprognoser och detaljerad radar-information kan systemen förberedas och styras för att maximera användningen av dem och minska översvämningar. Genom modellering och simulering av olika scenarier kan också olika åtgärder värderas och planprocessen förbättras.

Det finns ett ökat behov av att med ett holistiskt synsätt integrera förvaltningen av vattentjänster och VA-system i våra städer med övriga samhället för att klara de förestående utmaningarna. Utvecklingen mot cirkulär ekonomi kräver samverkan och utbyte med exempelvis avfalls- och energisystem; där dricks-, dag- och spillvatten inte får ses som stuprör och stadsplaneringen måste inkludera blå-gröna lösningar. Även enskilda avlopp och mindre sammanhang står inför motsvarande utmaningar på många plan. Digitala applikationer och system kan spela en avgörande roll för att möjliggöra denna integrering på samhällsnivå.

Digitala lösningar så som ett stort nätverk av sensorer, smart utrustning, realtidsuppkopplade digitala tvillingar av råvatten-till-tapp, och dataanalys och avancerade simuleringsverktyg gör det möjligt för VA-organisationer att bättre möta utmaningarna som kommer med ett ändrat digitalt landskap. Dessutom, genom att använda externa dataset så som väder- och trafikdata, är det också möjligt att förbättra VA-organisationernas förmåga att anpassa verksamheten för att möta förändringar (urbanisering, klimat, demografi etc.) (Sarni *et al.*, 2019).

2.2.2 Utvecklat kunderbjudande

Nya produkter och tjänster

I och med den pågående övergången från ett linjärt till ett cirkulärt synsätt på VA-tjänster blir det tydligt att VA-tjänsterna inte är begränsade till att leverera dricksvatten från naturliga råvatten och samla in och behandla avloppsvatten som en lösning till ett av samhällets avfallsproblem. Vatten blir i stället en värdefull råvara och produkt som kan differentieras i kvalitet och användning beroende på brukarens behov och vidare blir föroreningar värdefulla resurser som kan utnyttjas och återvinnas. Digitaliseringen har en viktig funktion i att realisera dessa möjligheter och sluta systemen t.ex. genom ökad övervakning och styrning av kvalitet (nya och fler sensorer och bättre visualisering av information), integrering med andra system i samhället för att synkronisera produktion med efterfrågan och utbyte och visualisering av data och information med kunderna för att uppmuntra ett hållbart beteende och användning av VA-tjänster. Framgent kommer det att finnas möjligheter att koppla ihop VA-branschen med andra aktörer och branscher, och i mötet mellan branscherna kan det finnas potential att utveckla nya typer av produkter och tjänster när fler sorters data och dataströmmar sammankopplas.

Förbättrat kunderbjudande

Det smarta hemmet innefattar även användning av vatten och de enheter som är integrerade med vattenanvändning, såsom energi för varmvatten eller det organiska material som spolat ut med avloppet. Med t.ex. uppkopplade vattenmätare, smarta hushållsmaskiner samt visualisering av information om vattenanvändningen är möjligheterna till mer hållbar vattenanvändning stora.

Digitala lösningar kan ge en förbättrad kundupplevelse. Exempel inkluderar digitala tvillingar av ledningsnäten som kan optimera användningen av kapital och minska mängden av störande om- och nybyggnationer, avancerade uppkopplade vattenmätare och personlig dataanalys som kan öka kundens engagemang i sin egen förbrukning. Smarta vattenmätare erbjuder, förutom en bättre förståelse av förbrukningsmönster, också möjligheten att bistå kunden med varningar om t.ex. rörbrott och alarmerande vattentemperatur. Digitala verktyg så som chatbotar och väl designade kundwebbsidor gör det också enklare och snabbare för kunden att hitta information och nå kundtjänst vid behov (Sarni *et al.*, 2019). Kunddataanalys och scenariomodellering skapar även möjligheter för VA-organisationer att ta fram mer långsiktigt hållbara modeller för sina VA-taxor vilket kan minska behovet av plötsliga chockhöjningar. Genom att använda digitala verktyg är det också möjligt att vara mer transparent mot kunden med hur taxorna används inom VA-organisationen (Sarni *et al.*, 2019).

2.2.3 Framsynt underhåll

Övervakning för underhållsplanering

Mätning av fler parametrar och implementeringen av nya digitala verktyg som använder dessa mätningar kan skapa möjligheter till flera/nya typer av prognostisering och fel-detektion. Nätverk av sensorer gör det möjligt att snabbt upptäcka och spåra källor till specifika händelser, exempelvis var det har skett inträngningar av markvatten i dricksvattennätet (ex. genom att mäta variationer i konduktivitet eller turbiditet) eller var det har inträffat läckor (ex. genom att mäta variationer i tryck eller flöde). Digitala tvillingar kan övervaka reningsprocesser (se Inspirationskatalogen, Exempel 7), AI-modeller som uppskatta statusen av ledningsnäten (se Inspirationskatalogen, Exempel 8), och slitagemodeller ange status för olika typer av maskiner (t.ex. pumpar). Mer mätning och processövervakning ger också större möjligheter att optimera styrningen av fler processer. Sensorer och smarta mätare skulle kunna möjliggöra nya typer av varningssystem. Exempelvis kan detta öppna upp för nya typer av tjänster och affärsmodeller där VA-organisationer exempelvis betalar för tjänsten ”pumpning” och inte för enskilda pumpar. Varningssystemen skulle då kunna automatiskt larma pumpleverantören om behov av underhåll och service.

Prediktivt underhåll

Genom ökad övervakning och samlade datakällor (drift, ekonomi, arbetstid etc.) kan det vara möjligt att uppskatta och jämföra status på olika tillgångar samt få till en mer effektiv drift och underhållsplanering. Därigenom förbättras möjligheterna för prediktivt underhåll och möjligheten att använda det i alla delar av VA-systemet. Digitala lösningar så som modellbaserad läckdetektion, asset management-plattformar och AR/VR skapar möjligheter till förebyggande och prediktivt underhåll som kan minska driftstopp och öka effektiviteten i driften och underhållet. Prediktivt underhåll kan även minska antalet jourärenden och nödinsatser (Sarni *et al.*, 2019).

2.2.4 Optimerad drift och produktion

Ledningsnät

Ledningsnäten utgör en stor och geografiskt utspridd del av VA-anläggningen. Nya billiga smarta sensorer gör det möjligt att ha mer övervakning på flera, och andra, processer och komponenter än tidigare (se Inspirationskatalogen, Exempel 4). Genom nya IoT-lösningar kan exempelvis en stor del av ledningsnäten övervakas (nivåer, tryck, bräddluckor, brandpostpluggar, ventillägen etc.). Externa datakällor, exempelvis väderdata, kan användas för att skapa modeller för tillskottsvatten vilket kan ge underlag för att styra flöden på ledningsnätet, minimera bräddningar och justera processen på reningsverket i förväg eller larma om påverkan på badvattenkvalitet i recipient (se Inspirationskatalogen, Exempel 5 resp. 9).

Genom överordnade modeller, applikationer och system som knyter ihop verksamhetens olika delar (t.ex. ledningsnät och avloppsreningsverk) kan en systemövergripande optimering göras till nytta för kunder, miljö, verksamhetsmål och ekonomi.

Produktion – Vattenverk och avloppsreningsverk

Ökad digitalisering kan möjliggöra implementering av nya beslutsstöd, exempelvis modeller av processer som kan köras parallellt med den fysiska anläggningen (digitala tvillingar) och ge prognoser till operatörer om processens eller anläggningens nuvarande status (se Inspirationskatalogen, Exempel 2 och 3). Modeller kan ge stöd till driftspersonalen genom larm om processavvikelser och anomalier kring exempelvis ökade motstånd i filter, variationer i förväntad kemisk sammansättning efter olika processteg etc. Modeller kan också användas för att upptäcka avvikelser/utföra viss dataverifiering genom så kallade mjukvarusensorer och ge möjligheter att tidigt upptäcka potentiella fel och genomföra proaktivt underhåll. Digitala tvillingar kan också användas för virtuell testning av nya styr/reglerstrategier av exempelvis luftningssystem på avloppsreningsverk eller alternativa kemikaliedoseringar på vattenverk (se Inspirationskatalogen, Exempel 6). I en ”smarta-staden”-framtid kan det även finnas möjligheter till integrerad styrning av ledningsnät och verk.

Digitala lösningar som använder sensorer, smart utrustning, *edge computing* och AI kan optimera individuella komponenter av VA-organisationernas drift såväl som hela system. Datadriven verksamhet och datadrivna beslut kan också bidra till att minska antalet beslut som är otillräckligt underbyggda (Sarni *et al.*, 2019).

Lättare att klara miljö- och lagkrav

Lösningar så som digitala tvillingar för realtids-modellering av dricksvatten från råvatten-till-tapp (med onlineövervakning och vattenkvalitetsmodeller), beslutsstöd, modellering och scenariomodellering kan bidra till att säkerställa att lagkrav uppnås genom hela värdekedjan och minska förekomsten av vattenkvalitetsproblem. Digitala verktyg kan också hjälpa till att minska antalet fel och översvämningar som sker på anläggningarna. (Sarni *et al.*, 2019).

Effektivare drift av anläggningar kombinerat med digitala tvillingar av ledningsnätet och avloppsreningsverk, ”intelligenta” pumpar och pumpsystem, och nätverk av sensorer i avrinningsområdet kan säkerställa minimal förorening och samtidigt ett maximalt skydd av mottagande vattenförekomster. Genom att ha välkalibrerade modeller/digitala tvillingar är det också möjligt att minska risken för översvämningar och bräddningar, minska utsläppen av oönskade växthusgaser och förbättra hanteringen av kritiska vattenresurser. (Sarni *et al.*, 2019) (se Inspirationskatalogen, Exempel 5 och 7).

2.2.5 Kostnadseffektiv investering och projekt

Med nya verktyg kommer nya möjligheter att samla, dela och organisera data och information som kan göra det enklare och effektivare att arbeta med investerings- och renoveringsprojekt. Scenariobaserad dynamisk modellering kan vara ett intressant verktyg som kan bli en viktig del projekteringsarbetet för att välja lösningar, oavsett om en organisation står inför att genomföra ombyggnadsprojekt eller nybyggnationer. Mer lättillgänglig information skulle exempelvis kunna underlätta planeringen och genomförandet av vissa typer projekt genom att finna synergier med andra projekt som genomförs av andra organisationer. Ett exempel på dessa möjligheter illustreras i Exempel 6 i Inspirationskatalogen - Virtuell driftsättning av styrsystem på reningsverk.

Digitala verktyg har också potential att kraftigt rationalisera och effektivisera processer för bygg- och anläggningsprojekt. Därigenom finns stora besparingar och tidsvinster att göra. Även om VA-sektorns byggprojekt utgör en mindre del av hela byggsektorn finns det uppskattningar på att 100 miljarder kr per år kan sparas i byggsektorn på bättre planering och minskat slarv (Juhlin, 2018; Hansson, 2021).

Nästan alla digitala lösningar bidrar till ökad kapitaleffektivitet över tid. Exempelvis inkluderar algoritmisk/modellbaserad och in-situ läckdetektion som kan möjliggöra riktade insatser där rören behöver bytas ut, och digitala tvillingar av ledningsnäten som kan optimera användningen av redan lagda ledningar så att kostnadsintensiva byggprojekt kan undvikas i den mån det är möjligt. Digitala verktyg kan också bidra till minskade kostnader och problem kopplat till ansvarsfrågor när huvudledningar går sönder och svämmar över privat egendom. (Sarni *et al.*, 2019). Vidare är ökat kapacitetsutnyttjande möjligt genom effektivisering och optimering av anläggningarna genom vilket kapitalintensiva investeringar kan undvikas, minskas eller skjutas upp.

2.2.6 Integrerad organisation

Automatisering av repetitiva arbetsuppgifter kan avlasta personal och frigöra resurser och ge personalen möjligheter att fokusera på de mer värdeskapande arbetsuppgifterna. Genom att knyta ihop administrations- och ekonomisystemen med underhåll- och driftsystem fås en integrerad organisation vilket underlättar och effektiviserar administrationen och kommunikationen mellan olika delar och/eller enheter inom VA-organisationerna. Sammankopplade system och användning av mer data än idag kan också möjliggöra nya typer av beslutsstödsmetoder för prioritering av åtgärder för optimering av investeringar och reinvesteringar. Kostnadsnyttoanalyser baserat på mer data än idag kan exempelvis hjälpa till att svara på frågor så som om det är bättre att fortsätta att laga läckor eller om det är mer fördelaktigt att byta ut en hel ledning, eller hur mycket mer en energieffektiv pump får kosta om energivinsterna ska kunna räknas hem inom pumpens livslängd.

Nya typer av verktyg kan hjälpa till i att kategorisera och prioritera lösningar utifrån behov av ökad säkerhet, ekonomisk vinning, lösa kompetensbehov och styra mot en hållbar vattenanvändning hos kund. AI-verktyg kan hjälpa till att identifiera ledningar med störst sannolikhet för fel och därigenom tillåta en mer effektiv planering av investeringar med utgångspunkt från faktiskt skick på ledningen istället för uppskattat skick eller magkänsla. Nya verktyg/smartare övervakningssystem kan också ge varningar för ökande underhållskostnader på anläggningar och påkalla behov av att initiera projekt för att utvärdera behoven av renovering respektive nyinvestering.

Historiskt har inte VA-organisationerna analyserat alla data som har samlats in. Med digitalisering fås fler mätpunkter och data som kan resultera i bättre informerade beslut. Stor potential ligger i att analysera befintliga data i större utsträckning, inte bara varje variabel för variabel utan multivariata analyser med automatiserade teknologier såsom ML och AI på aggregerade data från olika delsystem samlat, jämför Lager 5 i Figur 1.2 och se avsnitt Definitioner och begrepp samt Inspirationskatalogen, Exempel 1 och 10. Digitalisering kan öka samverkan mellan VA-huvudmän som kan hjälpas åt med gemensamma underhållsresurser och material (exempelvis driftstekniker och reservdelar). Digitalisering kan också användas för att optimera leveranser mellan VA-organisationer och leverantörer och skapa bättre förståelse mellan VA-branschen och leverantörer vad gäller behov och kan sporra utvecklingen av nya digitala verktyg, sensorer, och smarta lösningar.

Personalutveckling

Digitala lösningar kan ha en positiv påverkan på personalen inom organisationen. Exempelvis kan systemintegration över ”silogränser” underlätta och möjliggöra samarbeten över avdelningsgränser, dataanalys och beslutsstödsmetoder kan ge driftspersonal viss sinnesfrid i svårtolkade situationer, och prediktiva underhållsinsatser göra arbete mindre oförutsägbart och minska antalet nödinsatser och jourfall (Sarni *et al.*, 2019). Samtidigt ska inte utmaningarna med ett förändrat kompetensbehov underskattas, se avsnitt 3.3.

Varumärke och innovation

Digitala lösningar har en positiv påverkan på organisationens varumärke och dess upplevda potential att ta till sig nya innovativa lösningar. När adoptionen av digitala lösningar ökar förbättras även kapacitetsnivån och kulturen inom organisationen, vilket gör organisationen mer kapabel till att extrahera värde från kommande innovationer (Sarni *et al.*, 2019).

2.2.7 Hållbar ekonomi

Hållbara investeringsnivåer

Svenskt Vatten har beräknat behovet av investeringar i svenska VA-system (Svenskt Vatten, 2020). Slutsatsen är att nivån på investeringar i branschen för närvarande är för låg och behöver öka med 40 % till 23 miljarder kr per år. Investeringarna behövs för utbyggnad av systemen i städer med tillväxt och reinvesteringar i befintliga anläggningar i alla Sveriges kommuner. Ett hinder för att lyckas öka investeringstakten i den omfattning som krävs är, inte bara en fördubbling av VA-taxorna de kommande 20 åren, utan också en kapacitetsförstärkning av VA-organisationerna för att kunna genomföra investeringsprojekten. Mot den bakgrunden blir det nödvändigt att branschen tar till sig digitala innovationer som (likt exemplifierat ovan) maximera utnyttjandegraden och livslängden av befintliga anläggningar, kan effektivisera investeringsprojekten (tid och kostnad), och optimera effektiviteten av de investeringar som görs – ekonomiskt och kapacitetsmässigt.

Minskade driftskostnader

Nästan alla digitala lösningar som beskrivits ovan bidrar till minskade driftskostnader över tid. Exempel inkluderar smart utrustning som självoptimerar för minimerad energianvändning, digitala tvillingar för reningsverk som optimerar för minimerad energi- och kemikalieanvändning, och dataanalys- och beslutsstödsplattformar som möjliggör effektiva beslut. Prediktivt underhåll kan också bidra till att minska kostnader associerade med ad-hoc lösningar i akuta situationer (Sarni *et al.*, 2019).

Ökade intäkter

Smarta vattenmätare och analys av insamlade data gör det möjligt att mäta noggrant, fakturera korrekt, uppnå och överträffa kundens förväntningar och att sälja vissa typer av tilläggstjänster (Sarni *et al.*, 2019). Vidare kan nya produkter och tjänster (se avsnitt 2.2.1 och 2.2.2) generera nya intäktsströmmar.

3 Framgångsfaktorer för arbete med digitalisering

3.1 Möjligheter med ökad samverkan inom branschen

Då många VA-organisationer står inför samma digitaliseringsutmaningar uttrycktes ett behov av att samverka kring resurser, kompetens och erfarenheter av flera branschföreträdare under diskussionerna i projektets första workshop som behandlade behov och kompetenser kopplat till digitaliseringen av den svenska VA-branschen. I avsnittet nedan följer en syntes av de samverkansmöjligheter deltagarna uttryckte under diskussionerna.

Dela data: Branschföreträdare ser att digitalisering kan göra det enklare att dela information och data både inom olika avdelningar i de egna organisationerna och mellan olika aktörer och organisationer inom branschen. Som exempel lyfts möjligheterna att dela information mellan olika VA-verk som delar vattentäkt, och möjligheten att dela data med olika samverkanspartners (andra VA-organisationer, lärosäten och forskningsinstitut) i forskningsprojekt. Genom att dela data, tillhandahålla mer öppna data, och samla in samma typ av data, blir det också enklare att arbeta med benchmarking och genomföra olika kommunikationsinsatser. Genom att dela data är det också möjligt att skapa gemensamma ”data lake”-lösningar och ”big data”-analys för att hitta mönster i data och skapa gemensamma datadrivna verktyg (ex. AI-verktyg för läckdetektion).

Dela verktyg och tjänster: Med öppna och standardiserade protokoll, alternativt genom användning av samma digitala verktyg och/eller program, skulle data kunna skickas enklare inom organisationer, men även mellan olika organisationer. Gemensamma verktyg kan underlätta att skapa gemensamma processer och tillhandahålla samordningsverktyg mellan olika enheter i stadens förvaltningar och inom olika delar av VA-verksamheten. Genom att dela på infrastruktur (exempelvis. databaser) inom staden, och potentiellt inom branschen, går det att få effektivitetsvinster genom att tillgängliggöra information som frekvent behöver delas mellan olika aktörer. Genom att samarbeta kan det också vara möjligt att kostnadseffektivt utveckla mer generiska lösningar/verktyg när fler organisationer med samma typer av behov är inblandade i ett utvecklingsprojekt i stället för att ta fram dyra speciallösningar när endast en part är inblandad. Att ta fram gemensamma ”direkt från hyllan”-lösningar för hela VA-branschen kan vara ett intressant spår som är särskilt viktigt för de organisationer som inte har tillräckligt med resurser för att bedriva egen FoU-verksamhet. Här kan det finnas behov av att se lösningar ur lokala, regionala och nationella perspektiv, finns olika behov i olika delar av landet och går det att skapa en resursbank för smarta lösningar kopplat till olika typer av utmaningar?

Dela personal: Genom moderna plattformar och program för distansmöten och samverkan (jfr. Microsoft Teams) är möjligheterna goda att dela på kompetens och personal – såsom specialister inom data, programmering eller cybersäkerhet – trots geografiska avstånd. Speciellt gäller detta för specialister som inte arbetar med utrustning på anläggningar. Att använda samma typer av digitala verktyg (ex. digitala tvillingar av avloppsreningsverk byggda på samma simuleringsplattform) kan erbjuda ytterligare möjligt för flera VA-organisationer att dela på en pool av specialister som kan hantera verktygen. På så vis kan det finnas möjligheter även för mindre kommuner, som kan ha svårt att rekrytera rätt personal, att få tillgång till spetskompetens på distans. Genom att dela verktyg och viss specialiserad personal finns också stora möjligheter till korsbefruktning och möjligheter att dela erfarenheter mellan organisationer.

Dela erfarenheter: Branschföreträdare ser att det finns stora vinster med att dela med sig av och inhämta kunskap i olika forum, där framgångar och lärdomar kan delas på ett säkert sätt och bidra till att minska resursslöseri hos andra organisationer. Det måste finnas ett fokus på att dela kunskap och bidra till nyttorna för VA-kollektivet i Sverige och inte bara de enskilda VA-bolagen. Samtidigt behöver det inhämtas inspiration från aktörer utomlands och där kan kommuner behöva hjälp med att skapa nätverk och delta i olika konferenser. Ett effektivt kunskapsutbyte kan göra det enklare att välja olika lösningar och jobba tillsammans med olika forskningsprojekt. Svenskt Vatten startade 2021 ett nätverk för VA-organisationer inom digitalisering för detta syfte. Vidare kan det också finnas stora vinster i att samverka och ha erfarenhetsutbyten med andra sektorer och branscher med liknande utmaningar (ex. energibranschen och processindustrin) och se hur de har löst sina digitaliseringsutmaningar. Innovationsupphandlingar med privata aktörer kan vara ett intressant verktyg för att driva på utvecklingen där det idag saknas lösningar på marknaden.

3.2 Lärdomar från VA-aktörer i framkant

Sarni *et al.* (2019) samlade insikter från 40 industriledande VA-organisationer över hela världen och genomförde djupgående intervjuer med 15 chefer i dessa organisationer. Baserat på detta underlag, och kommentarer från deltagande VA-organisationer i detta projekt, framkommer det att följande arbetsätt accelererar och underlättar digitaliseringsarbetet:

- *Förankrade ambitioner på VD och styrelsenivå:* Att ha ett starkt stöd och ledarskapet från organisationens ledning och styrelse är en särskilt viktig faktor för att kunna genomföra lyckad digitalisering. Barriärer på ledningsnivå kommer att vara några av de svåraste hindren att överkomma, men i och med att det krävs ändringar i arbetssättet och det strategiska arbetet i hela organisationen är detta stöd en nyckelfaktor för att lyckas med arbetet. Att få organisationens styrelse att sätta tydliga verksamhetsmål för effektivitet, kvalitet och hållbarhet öppnar upp möjligheter att hitta finansiering för olika typer av digitaliseringsprojekt. Det krävs ledarskap som förstår riskerna och fördelarna med att anamma digital teknik och som stöttar och driver på för införlivandet av nya digitala verktyg för att kunna lyckas. Digitalisering handlar inte bara om att implementera ny digitala teknologier, utan det handlar minst lika mycket av en organisatorisk förändring som kräver förnyade arbetsätt och processer, modigt ledarskap, ny kultur, och nya kompetenser.
- *En holistisk färdplan för digitalisering:* När en organisation har beslutat att aktivt påbörja digitaliseringsresan är det viktigt att ha en tydlig färdplan och långsiktig verksamhetsstrategi. Färdplanen och strategin bör vara tydliga med vad ska göras inom hela organisationen och varför. Färdplanen ska inte bara innehålla tekniska milstolpar utan den måste också vara tydlig med hur kommunikationen gällande omställningen ska ske. För att organisationen ska lyckas med implementeringen krävs det att färdplanen också innehåller informations-insatser riktade mot kunder, politiker, ledningen och de anställda och inte bara kostnadsnyttoanalyser för att införa nya typer av verktyg. Det behöver också vara tydligt hur organisationen avses förändras under resans gång.
- *Innovationskultur:* Nya teknologier och digitala lösningar utvecklas för hela VA-verksamheten inom vatten och avlopp, och för att kunna identifiera vilka innovationer som är intressant för den egna organisationen måste det finnas ett intresse inom organisationen för att implementera denna typ av lösningar. Driftspersonal, IT-personal, ekonomipersonal, ingenjörer, ledningen och andra inom organisationen behöver hålla utkik för och intressera sig för nya lösningar som kan möta deras behov och underlätta deras arbeten för att underlätta de första inköpen/upphandlingarna av nya verktyg.

-
- *Missa inte att plocka de lågt hängande frukterna:* Många gånger finns det snabba vinster att hämta hem med relativt enkla digitala metoder och verktyg. Många etablerade digitala tekniker med stor potential används inte fullt ut, ändå är det inte ovanligt att organisationer vill testa mer avancerade lösningar. Men dessa lösningar är inte alltid de som gör mest nytta i närtid. Det är viktigt att försöka göra avvägningen mellan arbetsinsats och nyttan med en ny lösning. Börja enkelt och jobba agilt med ständig utveckling och iterera fram nya mer avancerade lösningar.
 - *Användandet av pilotprojekt:* Genom att använda pilotprojekt som ett sätt att testa nya teknologier och att arbeta agilt är det möjligt att skapa en bättre förståelse för teknologierna inom den egna organisationen. Det är också möjligt att undersöka vilka effekter, tekniska och ekonomiska, de medför på verksamheten innan storskalig implementering genomförs.
 - *Utvecklad struktur optimerad för dataanvändning:* Den data som samlas in genom användandet av digitala verktyg är bara användbar om det går att strukturera den och extrahera värde ur den. Utvecklingen av gemensam datalagring i ”datavaruhus”, där olika dataset (ex. driftsdata) blir tillgängliga för olika delar av organisationen, ex. ekonomer, ingenjörer och IT-specialister som kan använda data för att optimera nyckelprocesser och affärer, är ett viktigt steg för att effektivt digitalisera infrastrukturen. För att nå framsteg krävs det att organisationen samlas kring data – omvandlar denna data till information och möjligheter för verksamhet och affär– och att det skapas en kultur med fokus på att förstå data, dess värden och de sätt som data kan användas. Då olika teknikleverantörer har olika digitala system är det viktigt att vara medveten om risker för inläsningseffekter och den komplexitet som kan uppkomma när system och strukturer från flera olika leverantörer behöver kopplas samman.
 - *Samarbete med andra i branschen:* Det är viktigt att komma ihåg att ingen organisation är ensam i de utmaningar som de möter i digitaliseringsarbetet. Det finns en öppenhet inom vattensektorn att dela med sig av information och erfarenheter och de utmaningar en organisation står inför antingen redan har lösts på andra håll eller så finns det fler organisationer som står inför samma utmaning. Genom att samarbeta kring gemensamma utmaningar finns möjligheten att bygga gemensamma verktyg och lära av varandra, ett bra exempel på detta är dela kod. Många VA-organisationer runt om värden har idag utvecklare och dataanalytiker inom organisationerna och många av dessa personer publicerar och delar kod och algoritmer fritt tillgängligt på plattformar som exempelvis GitHub. Där kan flera organisationer kollaborativt delta i utvecklingen av nya och befintliga verktyg.

3.3 Sökes, framtidens VA-medarbetare

Inom vissa industrisegment väntas Industri 4.0 genom automation och robotisering medföra stora effektiviseringsvinster, främst genom produktionsökning och ökat kundvärde men också besparingar på personal. Processerna inom VA-branschen följer inte nödvändigtvis samma logik. Likt processindustrin har flertalet produktionsanläggningar inom VA redan grundläggande automation och styrning och den vinst i minskad tillsyn det ger har redan gjorts (Bossen & Ingemansson, 2016). Inom en del administrativa områden finns effektiviseringsvinster att göra när även dessa processer automatiseras genom t.ex. AI.

Tvärtom kan man på vissa områden förvänta sig att ökade insatser och att mer personal krävs i och med att nya digitala applikationer införs och kvalitetskraven på tjänsterna/produkterna som levereras ökar. Till exempel kommer ökat antal sensorer och instrument att kräva ökat förebyggande underhåll för att vara tillförlitliga för styrning och analys (Andersson *et al.*, 2019). Dessutom tillkommer nya arbetsmoment och framtidens VA-medarbetare behöver, utöver traditionellt VA-kunnande, ha relevanta

kompetenser inom IT och digitala teknologier. Detta kräver relevanta utbildningar för studenter och vidareutbildning av personal. För att fullt ut realisera potentialen i den digitala transformationen behöver VA-branschens företag därtill rekrytera helt nya kompetenser inom t.ex. IT-system, dataanalys och programmering.

3.3.1 Behov av utbildning

Den svenska VA-branschen har redan idag stora utmaningar med att hitta och rekrytera rätt typer av kompetenser för att fortsätta att bedriva den traditionella VA-verksamheten, och digitaliseringen kommer att medföra ytterligare utmaningar. Under Vattenstämman 2019 hölls ett seminarium om VA-branschens utbildnings- och rekryteringsbehov. Där uppskattades det att det årligen utbildades närmare 100 ingenjörer med VA-kompetens på landets universitet och högskolor, och att enkom den kommunala VA-branschen spås behöva närmare 1000 högskoleutbildade ingenjörer och 500 VA-projektörer inom en 10 års period. Behovet av driftstekniker och rörnätstekniker bedöms vara närmare 1300 respektive 1000 under samma period (Norström, 2019). I och med den ökade digitaliseringen kommer VA-branschen inte bara att behöva hitta alla dessa traditionella VA-medarbetare utan även personer med helt nya typer av kompetenser behöver lockas till branschen.

Under en workshop i detta projekt fick branschföreträdare möjligheten att diskutera de upplevda utbildningsbehoven kopplat till digitalisering. Företrädarna såg att det behöver finnas utbildningar kopplat till VA inom hela det svenska utbildningssystemet, och inte endast vid högskolor och universitet som idag sköter en stor del av utbildningsuppdraget. Utbildningarnas fokus behöver vara på både traditionell VA-kunskap och nya digitala färdigheter. Under workshopen föreslogs bland annat en ny typ av 4-årig teknisk gymnasieingenjörsutbildning med fokus på digitalisering som ett möjligt alternativ för att förbättra rekryteringsmöjligheterna. Branschföreträdarna lyfte också behovet av kompetens inom signal/styr- och reglerteknik samt behovet av ”*mätkunnigt folk som kan bygga, förvalta och reparera*” samt personer som har ”*praktisk kunskap för att kunna sätta ut sensorer och övervaka dem*”. Dessa behov bör kunna tillgodoses genom att ta fram nya yrkesutbildningar.

Kopplat till mer specialiserad kompetens från universitets- och högskoleutbildningarna bedömdes det finnas det ett stort behov av att säkerställa att de nyutexaminerade också får med sig de nödvändiga baskunskaper och den grundläggande förståelse som krävs för att jobba inom VA-sektorn. I den digitala transformationen behövs personer som klarar både ”*det gamla*” och ”*det nya*”, Flera lärosäten har på senare år lanserat utbildningar eller inriktningar mot tillämpad digitalisering inom miljöteknik på program varifrån VA-branschen traditionellt rekryterat. Frågan kvarstår hur VA-branschen ska kunna komma in och marknadsföra sig på helt andra utbildningar som det idag inte traditionellt har rekryterats från?

Behovet av ny kompetens kommer inte enbart att kunna tillgodoses genom att rekrytera nya medarbetare, utan det kommer även att krävas att befintlig personal ges möjligheter till utbildning och kompetensutveckling för att kunna möta framtidens krav. Här föreslår flera branschföreträdare att Svenskt Vatten bör ta på sig en koordinerande roll och ta fram relevanta branschspecifika kurser, skapa och hålla ihop nätverk och bidra till ett ökat kunskapsutbyte via konferenser, mässor och liknande. Många VA-organisationer har idag inte tillräcklig kompetens för att hitta lösningar till alla digitaliserings-utmaningar internt och det finns ekonomiska och organisatoriska risker med att utkontraktera stora delar av omställningsarbetet. Flera företrädare lyfter särskilt vikten av att bygga kompetens inom de egna organisationerna, och branschen i sin helhet, för att kunna ta fram bra förfrågningsunderlag och undvika att ”*köpa grisen i säcken*” vid offentliga upphandlingar. Om utkontraktering av digitaliseringsarbetet sker är det särskilt viktigt att det sker i ett nära samarbete med egna verksamheten.

3.3.2 Nya kompetenser och yrkesroller som kan komma att krävas

En framgångsrik VA-organisation i framtiden förstår värdet av data och har rätt personal och kompetenser att samla in och omvandla dessa data till användbar information. När projektets 23 partners vid en workshop, kopplat till behov, diskuterade kompetensbehov för digitalisering identifierade de ett stort behov av olika typer av IT-kompetenser för att integrera olika typer av IT-system och digitala applikationer inom organisationerna. Många av de identifierade behoven kretsar kring att behandla och integrera olika typer av datakällor. Det finns också ett stort behov av sakkunniga inom cybersäkerhet och säkra digitala system för att garantera att branschen når upp till de säkerhetskrav som ställs i lagstiftning. Kompetenser inom modellering, digitala tvillingar, AI, maskinlärning och modellering pekades ut som särskilt viktiga när analog system ska bli smarta och digitala. Kopplat till all form av digitalisering lyfter också branschen att det är viktigt hur det arbetas med visualisering då insamlade data ska omvandlas till information och fungera som beslutsstöd i verksamheten. De nya digitala systemen behöver vara intressanta och roliga att jobba i och då behövs också kompetenser som kan designa system med en förståelse för branschens behov.

Utöver att kompetensutveckla sina befintliga medarbetare kommer VA-branschen att behöva rekrytera personal till nya typer av tjänster med, för branschen, nya kompetenser. Några nya roller som kan bli aktuella är:

- *Digitaliseringsledare/-strateger* – tvärfunktionell roll med ansvar för strategi och planering av verksamhetens arbete med digitalisering. I rollen ingår också nätverkande, omvärldsbevakning och innovationsledning på området. I samverkan med övriga verksamhetsledare identifieras där igenom områden där digitalisering har stor potential att förbättra verksamheten. I ansvaret kan också projektledning för införandet av digitala system och applikationer ingå.
- *Systemförvaltare och systemutvecklare* – systemförvaltare arbetar med den långsiktiga strategin, administration och drift av IT-system. Systemutvecklare behövs för att strukturera, prioritera och utveckla nödvändiga IT-system. (Arbetsförmedlingen, n.d.).
- *Programmerare* – vid egen systemutveckling eller underhåll krävs ofta kompetens och kapacitet inom programmering. Nya applikationer inom AI m.m. utökar detta behov. Programmering är också en nödvändig kompetens för automationsingenjörer och viss modellering.
- *Databasadministratör* – databasadministratörer arbetar med att förvalta och utveckla databaser men även med kontroller av teknisk prestanda, och framtagning av rutiner för kvalitetssäkring av databaserna. Databasadministratörer sköter det dagliga underhållet och deltar i/sköter även det långsiktiga förvaltnings- och utvecklingsarbetet av databaser, datasystem och av IT-infrastrukturen. Databasadministratörer jobbar ofta i nära samarbete med systemutvecklare i utvecklingsprojekt (Arbetsförmedlingen, n.d.)
- *Data scientist (specialist inom datavetenskap)* – modellerar strukturerade data med avancerade statistiska modeller och analyser, och visualisera dessa på ett sätt som engagerar organisationen och beslutsfattare. En data scientist jobbar med att förstå verksamhetens behov och bistå med beslutsstöd. Personen jobbar med att samla in och behandla stora mängder data, transformera och städa upp den så att den är användbar i analysammanhang. En data scientist jobbar med utforskande analyser och bistår organisationen med datadrivna beslutsunderlag (Wise IT, n.d.).
- *IT-säkerhetsexpert* – expert på att analysera hot mot system, förebygger och åtgärdar tekniska problem (Arbetsförmedlingen, n.d.). En kritisk funktion för en säker digitalisering.

Huvuddelen av befintliga roller vid VA-organisationerna kommer att behöva utvecklas/förändras när digitala system införs som tar över vissa arbetsuppgifter och lägger till

andra nya dito. Andra kompetenser kommer att behövas för att arbeta med och sköta dessa system. Ett urval av befintliga roller och hur de kommer att förändras:

- *Management* – den transformativa omställningen kräver ett ledarskap som förankrar målsättningar och säkrar finansiering från ägare och verksamhet, tydligt tar ut riktningen för organisationen, uppmuntrar en innovativ kultur och samordnar med närliggande verksamheter inom kommun och samhälle för att maximera vinsterna. Framtidens chefer inom VA behöver till sina nuvarande kompetenser lägga förändringsledning där digitalisering ingår. Det kräver djup förståelse om vilka utmaningar och utvecklingsbehov verksamheten har och en grundläggande kunskap om digitaliseringens möjlighet och potential att möta dessa.
- *Processingenjör* – arbetar fortsatt med att säkerställa god funktion hos reningsprocesserna på anläggningarna. Striktare krav ställer högre krav på anläggningarnas funktion, och mer mätning/automation/optimering gör detta möjligt. Framtidens processingenjör är fortsatt en expert inom mikrobiologiska, kemiska och fysikaliska reningsprocesser men är nu även kunnig inom matematisk modellering av dem. Processingenjören blandar nu sin gedigna praktiska kunskap om anläggningen med god förståelse av teoretiska processmodeller och digitala tvillingar som underlättar optimering, förbättrar driften och underlättar felsökning av anläggningen. Med processingenjörens nya kunskap blir det också möjligt att undersöka effekten av ombyggnationer och nya processteg innan driftsättning. I vissa fall kommer processingenjörens roll att likna den av en data scientist, och i andra fall kommer de att arbeta i nära samarbete.
- *Nätverkstekniker* – arbetar med den tekniska infrastrukturen för datakommunikation i verksamheten. Med kraftigt ökad datainsamling genom IoT och nya sensorer över geografiskt utspridda områden kommer nya kommunikationsteknologier att krävas. *Nätverkstekniker* får utökade arbetsuppgifter och behöver behärska nya teknologier på området, samt till viss del vara delaktig i organisationens IT-säkerhetsarbete.
- *Instrumenttekniker* – med ansvar för installation, underhåll och uppföljning av verksamhetens sensorer och instrument kommer instrumenttekniker att få kraftigt ökade arbetsuppgifter *då mängden sensorer ökar* i hela VA-systemet. Kravet på kvalitetssäkrade mätsignaler (underhåll, kalibrering och uppföljning) *ökar då data i allt* högre grad används för styrning och i beslutsstödsverktyg. Teknikerna måste vidare behärska ett ökande antal mättekniker och instrumenttyper.
- *El- & automationsingenjör* – framtidens El- & automationsingenjörer kommer att behöva behärska mer avancerad reglerteknik och kunna automatisera fler processer och installationer än idag. Fler, och nya typer sensorer kommer att möjliggöra mer automation och skapa fler optimeringsmöjligheter vilket sammantaget ställer krav på nya reglerstrategier och nya sätt att tänka.
- *Operativ driftspersonal* - Ökad mätning och övervakning (t.ex. kameror, mikrofoner, temperatur- och vibrationsmätare etc.) av anläggningar och ledningsnäten möjliggör färre fysiska besök och fler digitala ronderingar för driftspersonalen. Underhåll övergår från fasta intervall till att vara mer behovsstyrd där dataanalyser används för att sätta in rätt åtgärd vid rätt tidpunkt och gör att driftspersonalens arbetstid kan hanteras mer effektivt.

3.3.3 Fiktiva jobbannonser

Digitaliseringens nya roller kräver personer med andra utbildningar, kompetenser och erfarenheter än vad branschen normalt sett rekryterat. För att ge en bild av, och lite inspiration till, vad som komma måne följer här tre hypotetiska jobbannonser till VA-organisationen Vårt Vatten AB i Eaustad.

Nytt jobb – 3 nyinrättade tjänster på Vårt Vatten AB	
<p>Eaustad växer och utvecklas och vi på Vårt Vatten AB med den.</p> <ul style="list-style-type: none"> Vårt Vatten AB producerar och distribuerar dricksvatten till invånare och verksamheter i Eaustad och samlar in och renar dess avloppsvatten. Vi bidrar till ett hållbart samhälle genom hållbar produktion, återvinning av energi och gödselprodukter samt genom hållbar samhällsbyggnad i samverkan med kommunen och andra aktörer i Eaustad. Hos oss arbetar medarbetare med höga ambitioner och en vilja att utveckla Eaustad. Vill du arbeta i utvecklingsorienterad organisation med fokus på framtid och hållbarhet? Sök någon av våra tre nyinrättade tjänster inom digitalisering! 	
Tjänst	Digitaliseringsledare/-strateg
I tjänsten ingår att	<ul style="list-style-type: none"> Leda det strategiska arbetet med digitalisering och IT-säkerhet genom att ta fram och förankra strategi och målsättningar. Bidra i arbetet med att ta fram behovsbeskrivningar och förstudier kopplade till digitaliseringsprojekt. Utvecklingsstöd inom projektledning och förändrings- och innovationsledning. Förvalta och utveckla standardiserade arbetssätt samt dokumentation för digitala verktyg Bistå i relevanta tekniska frågor, verksamhetssystemutveckling och upphandlingar. Genom omvärldsbevakning och nätverkande hålla verksamheten uppdaterad och inspirera till innovation. Digitaliseringsledaren sitter i bolagets ledningsgrupp och rapporterar direkt till VD.
Sökandes kvalifikationer & erfarenheter	<ul style="list-style-type: none"> Relevant akademisk utbildning inom IT, data eller digitalisering på minst kandidatnivå. 10 års dokumenterad erfarenhet av IT-verksamhet ur flera olika perspektiv, både operativt och strategiskt. Erfarenhet av upphandling av IT-tjänster inom offentlig förvaltning är meriterande. Erfarenhet av att utbilda, presentera och entusiasmera kring nya arbetssätt och ny teknik
Tjänst	Systemutvecklare med databasansvar (upp till två tjänster)
I tjänsten ingår att	<ul style="list-style-type: none"> Vara lyhörd för verksamhetens behov av nya digitala verktyg och system. Samarbeta tätt med kollegerna i IT-teamet och tänka utanför lådan för att realisera och implementera nya innovativa och effektiva lösningar. Utveckla, administrera och förvalta bolagets IT-system. Delta i arbetet med att utveckla den långsiktiga digitaliseringsstrategin inom bolaget. Förvalta och utveckla databaser som uppnår verksamhetens krav. Ta fram rutiner för underhåll och kvalitetssäkring av data och databaser. Ta fram och underhålla teknisk dokumentation för de system som du utvecklar. Underhålla och felsöka bolagets datalager. Skapa backupprocesser för servrar och tillhörande data. Planera för, och genomföra, utfasning av bolagets föråldrade IT-system.
Sökandes kvalifikationer & erfarenheter	<ul style="list-style-type: none"> Relevant högskoleutbildning inom IT, systemvetenskap, datavetenskap eller datateknik, alternativt relevant utbildning från yrkeshögskola, exempelvis databasadministratör. 2+ års dokumenterad erfarenhet av arbete inom branschen alternativt inom processindustrin. Dokumenterad erfarenhet av både SQL- och NoSQL-databaser, exempelvis MSSQL och mongoDB. <p>Vårt Vatten AB lägger stor vikt vid personlig lämplighet och ser möjlighet att rekrytera upp till två personer beroende på de sökandes kompetensprofiler och personliga intressen.</p>

Nytt jobb – 3 nyinrättade tjänster på Vårt Vatten AB

Tjänst	Data scientist / Dataanalytiker
I tjänsten ingår att	<ul style="list-style-type: none">• Förstå och vara lyhörd verksamhetens informations- och kunskapsbehov.• Samla in och bearbeta stora mängder data.• Genomföra utforskande analyser på stora datauppsättningar.• Tillämpa modeller inom maskininlärning, bland annat för prediktiv analys.• Vara medveten om aktuella analyseringstekniker och besitta goda kunskaper kring dem.• Visualisera data och agera rådgivare till bolagets ledningsgrupp.• Samarbeta med våra systemutvecklare för att utveckla ändamålsenliga system och databaser.• Delta i arbetet med att utveckla den långsiktiga digitaliseringsstrategin inom bolaget.• Kommunicera och samarbeta med IT-, drift- och ekonomiavdelningarna gällande datahantering och datakvalitet.
Sökandes kvalifikationer & erfarenheter	<ul style="list-style-type: none">• En relevant master- eller civilingenjörsexamen exempelvis inom IT, datavetenskap, dataanalys eller datateknik. Alternativt har du avlagt en doktorsexamen inom ett relaterat fält där statistisk analys och maskininlärning har varit en del av ditt arbete.• Dokumenterad erfarenhet av "big-data"-analys.• Goda kunskaper inom ett eller flera statistiska programmeringsspråk, exempelvis inom Python, R eller Julia. <p>Har du avlagt en doktorsexamen kopplat till maskininlärning kan vi erbjuda dig goda möjligheter att bedriva tillämpad forskning som en del av din anställning.</p>

4 Lagring av data för digitala applikationer

Följande kapitel tar upp aspekter av molntjänster och lokal lagring kontra molnlagring som är viktiga att ta i beaktning för VA-organisationer. Lagring av data är en förutsättning för användande av densamma, då den annars bara samlas in och sedan försvinner.

Kapitlet börjar med en introduktion till data, datahantering, system och plattformskonceptet, som är viktigt att förstå för att se vilka behov och krav som finns på datahantering i sig för att kunna använda den. Detta leder sedan in till en jämförelse mellan lokal lagring och molnlagring från ett antal olika perspektiv. Hela kapitlet sammanfattas i del 4.3, med en jämförande tabell, möjliga lösningar och identifierade krav att ta i beaktning för olika lagringsmetoder. I del 4.4 presenteras avslutningsvis tips på vidare läsning.

Översiktlig checklista för att påbörja utvärderingen kring vad som är rätt lagringsmetod för er organisation

Har ni idag insikt i vilka data som hanteras i organisationen?

Om nej, skapa en komplett översikt inklusive ansvar/ägandeskap.

Har ni vetskap om vilken säkerhetsklass era data har?

Om nej, påbörja informationsklassningen av organisationens data.

Har översikt över säkerheten hos dagens system och organisation, möjliga risker samt om krav enligt säkerhetsklass uppfylls?

Om nej, ta reda på vilka krav som måste uppfyllas och utvärdera systemet och organisationen.

Vet ni vilka behov som finns internt kring dataanvändning?

Om nej, se över hur data används inom organisationen, och hur ni vill använda data framåt.

Följande översiktliga checklista kan användas för att påbörja kartläggningen och utvärderingen för vad som måste tas i beaktning för just er organisation vid val av lagringsmetod.

Baserat på analysen av svaren på checklistans punkter kan organisationen bättre förstå sina behov kring datahantering, nödvändiga förändringar kring dagens system och organisation, och därmed förutsättningar för användande av olika typer av lösningar. Detta ligger till grund för att göra en kostnads-, värde- och riskanalys för olika lösningar eller för att kunna formulera krav på tjänsteleverantören om organisationen redan bestämt sig för att utkontraktera datalagringen.

4.1 Det uppkopplade VA-systemet och dess tekniska och organisatoriska krav

Hela samhället rör sig mot att vara mer digitaliserat och uppkopplat, och det finns flera anledningar till detta. För VA-branschen innebär det att bättre och snabbare analyser samt uppföljningar kan göras på flöden och förbrukning i realtid. Genom att applicera AI-analyser kan systemet även själv varna för anomalier eller optimera flöden, och fel kan upptäckas mycket tidigare än förut. Små avvikelser kan därmed följas upp med en gång, och stora problem eller driftstopp förhindras eller hanteras tidigt. I bästa fall kan negativa konsekvenser undvikas helt. I förlängningen kan det leda till såväl bättre service som resursbesparingar och effektivare arbete vilket ökar möjligheterna till utveckling av kärnverksamheten och konkurrenskraft. Automatisk insamling och tillgängliggörande av data skapar också ökad transparens kring verksamheten, vilket är viktigt både för nyttjare av tjänsterna samt för tillsyn och uppföljning.

För att nå denna vision krävs mer än bara installation av uppkopplade mätare. Mätarna måste vara uppkopplade och insamlade data måste kunna hanteras, analyseras och lagras. Det måste även finnas dokumentation kring mätare och nödvändiga metadata (data om data) för att kunna göra korrekta analyser. Det är viktigt att systemarkitekturen är tydlig och att data kan delas på ett kontrollerat sätt. Annars finns risken att data blir inlåst i vissa delar av organisationen vilket motverkar syftet med att optimera verksamheten. Det är även viktigt att identifiera olika överlämningspunkter för data, särskilt ifall de ska delas mellan verksamheter eller externt, samt att datamängder har någon som ansvarar för kvalitet (en ansvarig). Ägandeskap för data samt säkerställande av kvalitet ska dokumenteras och är viktigt för att kunna säkerställa att data hanteras säkert och kontrollerat samt att analyser blir korrekta. Automatiserad insamling kräver också tydliga protokoll för hantering av olika data, och dokumentation av system, plattformar, datamängder, hårdvara, metadata, applikationsprogrammeringsgränssnitt (API), med mera. Samhällskritisk infrastruktur behöver skyddas, och det inkluderar såväl data som hård- och mjukvara vilket innebär att allt från sensor till AI-modell och styrsystem måste ha skydd kan vara mot fysiska- och/eller cyberattacker. Olika komponenter har olika krav på skydd och kraven kan även bero på hur systemet är uppbyggt eller hur risken och konsekvensen för otillräckligt skydd bedöms.

Det är alltså flera aspekter än bara det tekniska som är viktig vid val av datahantering och system. Möjliga lösningar och viktiga frågor som måste hanteras vid automatiserad insamling av data kan se olika ut beroende på VA-organisation. Om en VA-organisation är flerägt eller styrs av ett kommunalförbund måste alla organisationer och verksamheter vara införstådda i strukturen, och ägandeskaps- och ansvarsfrågorna kan bli ännu viktigare att reda ut.

4.1.1 Modulära system är strategiskt smarta

I en VA-organisation samlas många olika typer av data in. Data skiljer sig både gällande vad data visar (exempelvis flöden av dagvatten, dricksvatten och spillvatten) men även vilka metadata som är nödvändiga för att insamlade data ska kunna användas (ID, position, typ av data, med mera). Insamling och användning kan ske i olika verksamheter av organisationen, och olika datamängder kan också kräva olika säkerhetshantering (läs mer nedan i *Säkerhetsaspekter och risker*). Genom att ha en modulär struktur för de olika processerna (lagring, analys, delning) skapas både tydlighet i systemuppbyggnaden, samt gör systemen mer lättanpassade. Agiliteten ger en möjlighet att exempelvis koppla på externa tjänster, plattformar, byta ut moduler, separera data beroende på säkerhetsklassning eller liknande. Detta skapar ett system med mindre inlåsning, som även kan fylla behov som kommer upp i framtiden, oavsett hur systemet och behoven ser ut i dagsläget. I och med att organisationen med tiden kommer behöva hantera mer data kommer även kraven och behoven kring kapacitet förändras, och det är också tänkbart att krav kring analys och delningsmöjligheter kommer förändras. Det är därmed strategiskt att ta höjd för detta tidigt, så dessa förändringar kan välkomnas utan att medföra stora förändringar eller kostnader. I en värld av ökande mängder data gör också modulära system att datahantering kan optimeras, och inte behöver sparas i flera upplagor med olika typer av metadata.

Exempel på möjligt scenario som gynnas av modulärt uppbyggda system

Kommunen inför krav på realtidsmätning av flöden i dagvattensystemet respektive bräddningspunkter för i tillsynssyfte.

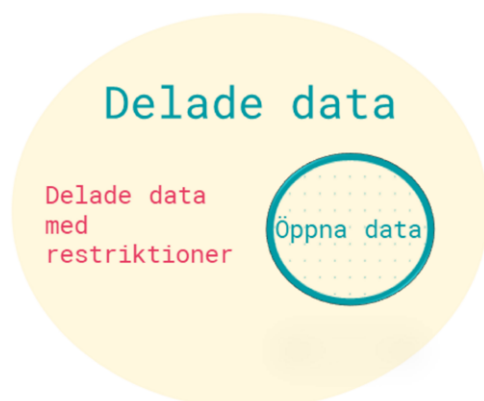
Effekt: VA-organisationen måste kunna samla in, hantera och dela realtidsdata till kommunen i den upplösning som krävs.. VA-organisationen vill inte ge kommunen tillgång till ett system som också är kopplat till styrning då inhämtning av data får inte störa andra funktioner.

Lösning: Genom att ha utformat ett modulärt uppbyggt system där datainhämtning, -delning och styrning inte påverkar varandra tillåts denna integration med mer flexibilitet och fyller behov från såväl VA-organisation och kommun.

4.1.2 Öppna och delade data

Med öppna data avses digitala data som är fritt tillgänglig utan inskränkningar i form av exempelvis upphovsrätt (Intellectual Property Rights, IPR). Allt fler offentliga organisationer tillgängliggör öppna data genom en webbportal, och det kan handla om data så som trafikinformation, dagstider, geodata, med mera. Öppna data är fritt att använda för vem som helst utan restriktioner, även för kommersiella applikationer.

Det är viktigt att separera begreppen öppna och delade data. Så snart det finns restriktioner - även om data är tillgängligt för flera personer - är det per definition inte öppna data. Begreppet delade data kan dock användas. Delade data är mängden av öppna data samt data med restriktioner. Alltså, i begreppet delade data ingår alla öppna data, men alla delade data är inte per definition öppna.



Figur 4.1

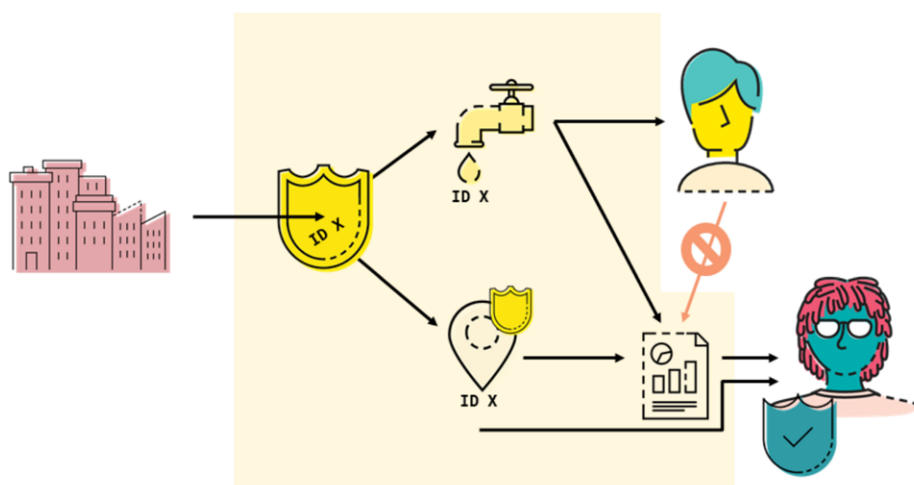
Hur öppna och delade data relaterar till varandra.

Öppna data delas eller exponeras med fördel på Sveriges dataportal (www.dataportal.se). På Sveriges dataportal kan även delade data exponeras genom att visa vilken typ av data som finns tillsammans med en länk till ansvarig organisation. Informationsägaren kan då kan bedöma vem som får komma åt delade data. Fördelen med öppna data är bland annat att de kan användas för andra syften, så som forskning, och det skapar en transparens som är viktig i ett demokratiskt samhälle. Det går även att hitta synergier med andra datakällor som är öppna och som kan behövas för egen dataanalys. Potentialen för nya innovativa applikationer ökar genom att andra kompetenser kan använda data på nya sätt. För att främja utvecklingen av en informationsmarknad där data kan nyttjas av andra aktörer och för andra användningsområden och syften finns PSI-lagen (Public Sector Information) (SFS 2010:566, 2010). Den baseras på EU:s PSI direktiv, och omfattar information som tas fram eller samlas hos offentlig verksamhet (2 §). PSI direktivet innebär att offentlig verksamhet inte får begränsa möjligheterna för vidarenyttjande, och endast får bevilja exklusiv rätt för nyttjande av data om det är nödvändigt för att tillhandahålla en tjänst av allmänt intresse (5, 8 och 10 §§). Data som inte undantas lagen ska också kunna lämnas elektroniskt och utan avgift (11 §). PSI ska inte blandas ihop med

OSL eller liknande, vilka diskuteras närmre under sektion 4.2.1: Juridiska aspekter. I praktiken innebär PSI att offentlig verksamhet så långt som möjligt är skyldiga att dela data som öppna data, och det inte finns anledning att ha restriktioner. Detta kan regleras av andra lagar, exempelvis om det finns avtal eller risker med att dela data.

Exempel på data med restriktioner och som därmed inte tillgängliggörs öppet för alla är data som innehåller personuppgifter, data som kan röja affärshemligheter, data som har ett ekonomiskt värde för ägaren eller data där tillgängliggörande kan utgöra en risk för samhället, exempelvis position för kritisk infrastruktur. Det kan finnas olika nivåer av restriktioner vilket inkluderar allt från att data absolut inte får lämna sin organisation till att en dataanvändare lovar att inte vidarefördla eller vidare dela data. Delning av data mellan aktörer i branschen kan också begränsas på grund av ovilja att visa data från sin kärnverksamhet för sina konkurrenter. Samtidigt finns medvetenhet om att gemensam optimering behövs. Även analyser eller beräknade data kan vara värdefulla att dela för att kunna göra jämförelser och uppföljningar på system eller förändringar nationellt. Det kan hjälpa organisationer att exempelvis göra mer effektivt förändringsarbete, och för att kunna belysa goda eller mindre goda exempel.

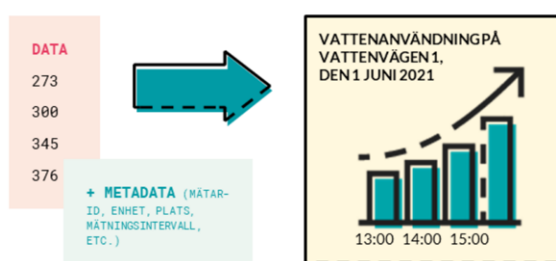
Alla data som delas måste ha en tydlig informationsägare och det måste finnas en väldefinierad överlämningspunkt. Detta gäller både inom organisationen samt vid överlämning till en extern aktör (så som en kommun eller tjänsteleverantör). Informationsägaren ansvarar för datas kvalitet (runt data i sig och även leveransen av data), att en informationsklassning gjorts och för att hålla metadata och liknande uppdaterad. Informationsägaren är också den som beslutar kring vem som får komma åt data och på vilka villkor. Det kan exempelvis vara så att data används på flera håll i organisationen, men på olika sätt och den tillsammans med vissa kompletterande data blir sekretessbelagd. Då måste data och kompletterande data kunna separeras, men ändå analyseras tillsammans av de med behörighet. Det kan även vara så att insamlade rådata är känsliga, men inte analysresultaten. En lösning är att koppla alla insamlade data till en insamlingskälla med ett ID. Källan kan vara en sensor, en databas eller en tredje part en köpt data från. ID:t är vidare kopplat till associerade kompletterande data och metadata. Kompletterande data kan sedan vara skyddat med exempelvis lösenord, eller lagras på en annan plats, beroende på säkerhetsklassning, och endast vara tillgängligt för de med behörighet. Dessa typer av strukturer måste framgå tydligt, och protokoll för delning måste finnas på plats. Om systemet är modulärt uppbyggt sker också en form av delning när data övergår i en ny modul (exempelvis från insamling till lagring, eller från lagring till analys) eller till ett annat system, även om det är internt.



Figur 4.2

Bild över separation av data med olika säkerhetsklass i olika moduler, och användning av behörighetscertifiering för åtkomst.

Delade data kan vara associerade med licenser eller bestämmelser om hur data får användas eller delas vidare. Det kan också vara så att det sker en förädling av data, och detta blir då till en ny datamängd som i sin tur kan behöva en ny informationsägare. En licens kan bestämma ifall delade data får eller inte får förädlas, hur informationsägarskapet då förs vidare, eller ifall information får eller inte får spridas. En licens kan formuleras både som vad som är tillåtet eller vad som inte är tillåtet, beroende på hur data behöver skyddas eller vad syftet med delningen är. Observera att data från ett datavetenskapligt perspektiv först blir till information när det finns i en kontext. Idag finns nästan de flesta data på ett VA-bolag i en kontext eftersom det finns system där data används. Men när data börjar delas och kan användas för helt andra ändamål kan det vara vettigt att skilja på data och information som två olika saker. Det betyder att det egentligen borde differentieras mellan begreppen dataägare och informationsägare, men eftersom begreppet informationsägare är så inarbetat har vi här vald att inte använda oss av begreppet dataägare.



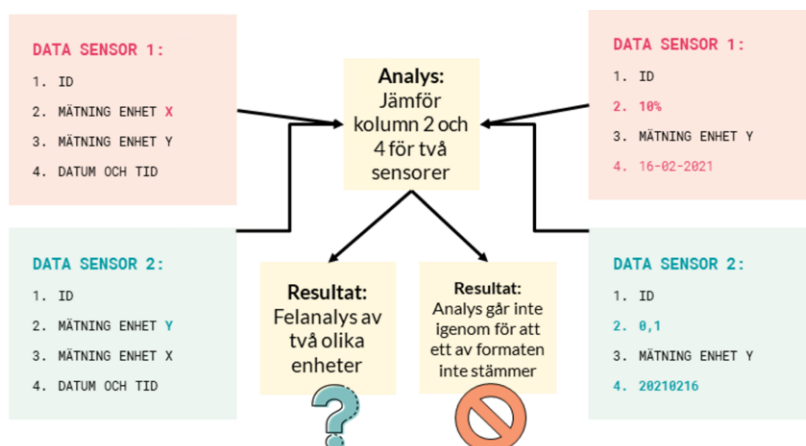
Figur 4.3.

Skillnaden mellan data och information.

En situation där delning av data blir realitet och bör diskuteras är vid användning av hårdvara med kravställning på användande av tillhörande mjukvara. Flera hårdvaruleverantörer har utvecklat egen mjukvara och vill att kunden använder denna. Det är inte ovanligt att ett bolag kan ha ett tiotal mjukvarusystem på grund av detta. Ifall data har olika format ger det bristande flexibilitet, begränsad tillgång och kontroll på data, och inläsningseffekter. Ifall en organisation har en egen IoT-plattform kan data automatiskt samlas in från dessa olika leverantörer och då hanteras enligt organisationens protokoll. Dock kräver detta delning av data från leverantör till kund (i detta fall VA-organisationen). Att möjliggöra detta kräver avtal och överenskommelser om ägandeskap och ansvar och bör inkluderas i ett uppandlinsskede. Punkter att kravställa kring kan vara ägande- och nyttjanderätt, möjlighet att strömma data via API, tillgång till viss system- och/eller datadokumentation för att kunna översätta data.

4.1.3 Standarder och format för optimalt nyttjande av data

Som tidigare diskuterat är det önskvärt att data kan delas vid behov, antingen internt över moduler i systemet, eller med externa system. Detta är också en förutsättning för att minska inläsningseffekter. Många hårdvaruleverantörer har egna plattformar och kräver att dessa används, vilket också kan innebära att data kan ha olika format beroende på hårdvaruleverantör. Detta diskuteras mer under sektion 4.1.2 ovan. För att delning ska kunna ske på ett korrekt sätt måste data ha ett format som systemen känner igen och kan hantera. Om data också ska kunna analyseras med andra dataset eller förädlas måste informationen vara strukturerade på ett sätt som algoritmerna kan förstå (datamodell) så att resultatet blir korrekt.



Figur 4.4

Hur varierande dataformat och modeller kan leda till problem i analyser.

För att kunna dela data med andra, speciellt när det gäller data med restriktioner, behövs någon typ av plattform (se exempelvis Inspirationskatalogen, Exempel 1). För dynamiska data som uppdateras i realtid (sakernas internet, IoT) krävs exempelvis en IoT-plattform. Dessa typer av plattformar är den koordinerande funktionen för inkommande data. Den kopplar ihop hårdvaran, accesspunkter och nätverk med andra funktioner, så som lagring eller andra tjänster. Plattformen behövs helt enkelt för att data ska hamna rätt, beroende på dess egenskaper. De skulle kunna likställas med en postcentral för brev och paket.

För att en användare så som en tjänsteleverantör ska kunna komma åt data behövs tydliga och väldefinierade applikationsprogrammeringsgränssnitt, så kallade API. EU pekar i sin *Rolling plan for ICT standardisation* (European Commission, 2021) på API-standarden NGSI (ETSI, 2019) för dynamiska data. Genom att gemensamt följa dessa typer av rekommendationer förenklas datadelning mellan organisationer.

Det finns olika datamodeller och format, och för det mesta går det att översätta mellan olika varianter. Om man har en valmöjlighet är det bra att välja ett så etablerat alternativ som möjligt, exempelvis Fiware (FIWARE, n.d.) eller Schema.org (Schema.org, n.d.) som båda är relativt väletablerade och accepteras av NGSI. Genom att välja etablerade modeller skapar organisationen förutsättningar för att snabbt kunna nyttja nya IoT-funktionaliteter och tjänster, så som koppling till BIM-system, integration och visualisering i digitala tvillingar och självstyrningssystem. Det finns ibland krav eller standarder att ta i beaktning, så som ifall data ska delas med Sveriges dataportal. Oavsett så är det viktigt att dokumentera val, så att det är tydligt för andra ifall formatet eventuellt behöver översättas eller bytas.

Enligt ISO/EIC 17788:2014 definieras en molntjänst som “en eller flera möjligheter som möjliggörs via ett datamoln och som åberopas via ett definierat interface”, och datamoln som “en modell för möjliggörande av nätverksåtkomst för en skalbar och formbar mängd av delbar fysisk eller virtuell resurs via själv-service levereras och administreras. [...] Exempel på resurser inkluderar servrar, operativsystem, nätverk, mjukvara, applikationer och lagring”. Vidare definieras datalagring som en molnservicekategori (Data Storage as a Service, DSaaS).

Molnlagring är alltså en typ av molntjänst som innebär att data inte lagras lokalt, utan på en internetbaserad lagringsplats i ett separat datacenter (serverhall). Man kan från molntjänsten hämta och använda data så länge användaren har kommunikation med lagringsplatsen i molnet, vilket kräver nätverksuppkoppling samt någon form av mjukvaruplattform för att hämta data. Denna plattform kan också vara en molntjänst (Plattform as a Service).

Det finns olika typer av molnorganisationer att använda (så kallade cloud deployment models); privata-, gemensamma-, publika-, och hybridmoln. Dessa beror på i vilken grad hårdvara och virtuella resurser delar plats, och vilken kontroll som finns över dessa.

- *Publika molntjänster* är då en extern molntjänst används rakt av, och flera användare delar servrar och tjänster. Detta innebär inte att resurser delas fritt med alla som använder molntjänsten, de kan vara skyddade och åtkomliga endast med behörighet.
- *Privata molntjänster* kan sättas upp av den egna organisationen eller köpas av en tredje part, men skillnaden från publika molntjänster är att resurserna isoleras mer, vilket skapar mer kontroll och högre säkerhet. Detta kan exempelvis vara genom att lägga de på egna servrar och instanser.
- *Hybridmolntjänster* är då en kombination av privata och publika tjänster används. Detta kan exempelvis vara genom att separera data och lagra i olika moln beroende på hur känslig informationen är, men att resurserna är tillgängliga genom samma plattform.
- *Gemensamma eller delade molntjänster*, även kallat *partnermolntjänster*, är då en grupp organisationer går ihop och använder sig av samma privata molntjänst. Ofta har dessa gemensamma behov och riktlinjer.

4.2 Lagring av data

Det finns positiva och negativa aspekter med såväl lokal lagring som molnlagring. Samtidigt är det tydligt att organisationer och myndigheter generellt går mot utveckling av IoT-system, insamling av stora mängder data och generell digitalisering i övrigt. Utökningen av datainsamling sätter press på både tekniska och organisatoriska kompetenser, och ofta kan besparingar göras genom att köpa in tjänsterna (Statens servicecenter, 2017) snarare än att sätta upp egna system. Det är möjligt att sätta upp egna molnlagringssystem, men då försvinner många av de positiva aspekterna så som minskningar i behovet av IT-kompetens, uppdatering, löpande säkerhetshantering och serverbesparingar. Därför avgränsas diskussionen nedan till molnlagring inköpt som tjänst. Observera dock att även om system och teknisk kompetens utkontrakteras återstår behovet av organisatoriska kompetenser för att kunna hantera sina data på rätt sätt.

4.2.1 Jämförelse kring molnlagring gentemot lokal lagring

2011 identifierade Cisco följande som möjliga problem med molnlagring (Macias & Thomas, 2011):

- Kontroll,
- säkerhet,
- pålitlighet,
- kvalitet,
- ägarskap,
- interoperabilitet,
- bärbarhet,
- standarder,
- leverantör,
- styrning,
- kultur,
- efterlevnad och
- risk.

Även om det var ett tag sedan rapporten publicerades så återstår fortfarande flera av dessa diskussioner. Vissa punkter diskuteras mer än tidigare tack vare den snabba digitaliseringen, så som säkerhet och ägandeskap. Allteftersom såväl internationella som nationella lagar kring datahantering skärps eller implementeras blir också frågan kring molntjänster större och svaren mer osäkra. Nedan diskuteras olika aspekter av molnlagring som inköpt tjänst gentemot lagring i lokala servrar utifrån de flesta av aspekterna nämnda ovan.

Styrning och kultur

Det finns en generell kultur kring att molnlagring är osäkert. Detta kan delvis ha att göra med att användning av molntjänster är relativt nytt, och cybersäkerhet har varit ett reellt hot med låg beredskap kring. Denna uppfattning påverkas också av internationella skeenden så som politik. Policyförändringar utomlands kan ha stor inverkan på nationell skala, och även nyheter kring teknikbolagens aktiviteter internationellt skapar spekulation kring säkerhet och dataanvändning. Svår och otydlig lagstiftning, såväl nationellt som internationellt, skapar osäkerhet som bromsar digitaliseringen (Thorslund, 2019).

Det är även viktigt att ta intern kultur och vilja kring att förändra system och processer i beaktning när förändringsarbete sker. Även om denna påverkas av den generella kulturen kan även demografi och tidigare upplevelser spela in. Om det finns missnöje med tidigare systembyten eller digitaliseringsförändringar kan det vara en god idé att undersöka anledningarna till detta. Om det finns konkreta anledningar kan det ge viktiga insikter kring hur framtida förändringar bör ske och vad som ska undvikas.

Kulturen håller dock på att ändras. Då långsiktig digitalisering idag är en realitet diskuteras frågor kring data och säkerhet på en större skala, och lösningar utformas för att minska osäkerheterna kring datahantering för alla typer av aktörer. Politiska mål och visioner kring digitalisering nationellt och internationellt visar detta tydligt, så som Regeringens mål att Sverige ska vara bäst på att använda digitaliseringens möjligheter (Regeringskansliet, 2021). Det har också kommit flertalet utredningar de senaste åren kring olika aspekter av datahantering, och då främst utvärderingar av molntjänster samt ifall detta bör centraliseras nationellt för att säkerställa enkel och behovsanpassad användning för offentliga aktörer (Statens servicecenter, 2016; Föräkringskassan, 2019). Mer styrning kring detta förväntas även framåt.

Det är också viktigt att poängtera att studier och undersökningar gjorda kring kulturen kring uppfattningen av molntjänster inte tittar på kulturen kring lokal lagring. Det är därför inte säkert att den generella IT-användaren reflekterat över sin ställning gentemot lokal lagring, vilket gör att det är svårt att jämföra kulturen kring molntjänste användning mot något annat. Flera av de kommande aspekterna kring molntjänster tar dock upp ämnen som anknyter till kultur, så som att lokal lagring uppfattas som mer kontrollerat och säkert.

Leverantör, ansvar, ägande och kontroll

Vid lokal lagring är kontrollen på data högre, då allt kontrolleras och styrs internt och ingen förutom betrodda personer i organisationen har åtkomst till servrar eller system. Det blir också väldigt tydligt exakt var data finns rent fysiskt. Dock kommer mycket ansvar med kontrollen, exempelvis kring säkerhet, funktionalitet och riskhantering. Det måste finnas en organisation för datahantering med tydliga ansvarsområden samt tillräckligt med fysisk plats. Vid IT-strul eller kris ligger ansvaret helt på organisationen och det måste finnas funktioner för support och åtgärdande av fel. Även detta utkontrakteras vid inköp av en molntjänst. Genom att upphandla bra service-level-agreements (SLA:s) kan snabb support, felsökning och åtgärdande säkerställas.

I pensionsmyndighetens rapport *Molntjänster i staten* från 2016 belyses även vikten av att ha översikt över leverantörsförhållanden. Ifall underleverantörer används måste ansvarsförhållanden och avtal gentemot inköparen vara tydliga, och processer

vid underleverantörsbyte och liknande bör stämmas av. Avtalsförhållanden i flera led försämrar också transparens och kontroll över dataflödet. Att införa regler kring detta lyfts även i Cirios rapport från 2020 (Cirio, 2020).

Åtkomstfrågan är en av de aspekter som tydligast skiljer molnlagring från lokal lagring. Molnlagring kräver nätverksåtkomst, och problem med att nå data kan därför uppstå på två håll; hos leverantören eller hos användaren. Det är ofta lätt att få tag på snabb och stabil nätverksuppkoppling idag även om det primära nätverket ligger nere, men det är ändå en risk som måste beaktas. Om nätverket hos leverantören ligger nere blir problemen större, då användaren inte har åtkomst till data och kan inte heller kontrollera problemet eller lösningen. Vid lokal lagring finns alltid möjligheten att komma åt data oavsett nätverksåtkomst. Dock kan det skapa vissa begränsningar hos organisationen i det att den delvis blir mer geografiskt bunden.

Fysisk lagring och användning

Även om molnlagring insinuerar att data inte är knuten till en fysisk hårdvara, krävs fortfarande fysisk hårdvara som lagrar data. Molnet speglar data i serverna och gör den tillgänglig oavsett plats (se definitionen i *Vad är molntjänster?*). Möjligheten att använda molnlagring, som då innebär att en tjänsteleverantörs servrar i praktiken kan ligga var som helst och att användare inte är begränsade till nationella leverantörer, skapa vissa svårigheter att tolka lagstiftning kring datahantering, ägandeskap och rättigheter.

Denna möjlighet kan dock medföra problem, då lagstiftningen kring utelämnande av data och dataskydd skiljer sig mellan länder. Ett exempel är USA:s CLOUD Act, som kan motsätta sig svensk datasäkerhetslagstiftning (eSam, 2018). Liknande problematik finns mot Ryssland och Kina. Lagenlig hantering av data hos brittiska företag är inte heller en självklarhet i och med Brexit och deras Investigatory Powers Act (2016) (Mildebrath, 2021). Det är därför viktigt att ta företagets ursprung i åtanke. Mer kring den rättsliga problematiken med detta finns under "Juridiska aspekter".

Molnlagring tillåter även mer flexibel användning av data ur en geografisk synvinkel. Det finns också vissa klimataspekter som är viktiga att ta hänsyn till. Större anläggningar är mer energieffektiva än individuella anläggningar, och nyare servrar är också mer energioptimerade. Egna servrar kan vara äldre eller inte uppdateras eller bytas ut lika ofta. Dock kan servrar utomlands drivas av fossilbaserad energi, och en lokal server är då eventuellt att föredra ur ett klimatperspektiv. Då klimatomställningen är en samhällsfråga är det viktigt att organisationer uttrycker sitt behov av exempelvis svenska serverhallar, för att möta säkerhetsbehov samtidigt som det går att räkna på kapacitetsbehov, möjlig resursoptimering samt säkerställa gröna energilag.

Juridiska aspekter

Nedan diskuteras ett antal juridiska aspekter av molnlagring och användning av molntjänster. Texten tar inte upp alla aspekter av relevant lagstiftning, men kan ge insikt kring vilka lagar som kan vara viktiga att ta i beaktning och som ofta hänvisas till i frågan.

Myndigheter omfattas av tryckfrihetsförordningen (2018:1919), TF, och offentlighetsprincipen (Justitiedepartementet, 2019). Dessa innebär att handlingar som inte omfattas av sekretess är allmänna, och medborgare har rätt att begära ut och ta del av handlingen (2 kap. 16 § första stycket, TF samt 6 kap. OSL). Offentlighets och sekretesslagen (2009:400), OSL, reglerar vilken data som omfattas av sekretess. Sekretess innebär ett förbud att sprida berörd information oavsett om det sker muntligt, genom utlämnande av handling eller på annat sätt (3 kap. §1). Data belagda med sekretess är sekretessreglerade och får inte lämnas ut till obehöriga (8 kap. §1). Sveriges Kommuner och Landsting (SKL, idag Sveriges Kommuner och Regioner, SKR) gjorde 2015 ett uttalande som påpekade att man vid användande av en molntjänsteleverantör måste inkludera en klausul i avtalet kring att tjänsteleverantören inte får ta del av eller vidarebefordra data belagt med sekretess. Annars kan uppgifterna anses som röjda, och OSL har brutits.

Denna diskussion är dock inte helt tydlig, och det råder delade meningar om hur molntjänsthantering av sekretessbelagda handlingar ska uppfattas. eSamverkan (eSam) anser att bedömning av sekretessröjande ska göras i två steg, och om något av stegen brister ska uppgifterna ses som röjda direkt vid delning till tjänsteleverantören (eSam, 2019; Cirio, 2020). Först bedöms avtalet mellan tjänsteleverantören och uppdragsgivaren där en prövning görs kring huruvida avtalet reglerar tjänsteleverantörens rätt att ta del av eller dela vidare uppgifter, och sedan kring hur omständigheterna påverkar sannolikheten att tjänsteleverantören ändå tar del av eller delar uppgifterna vidare.

Dataskyddsförordningen (GDPR, kompletterad av dataskyddslagen 2018:219) innefattar lag om behandling av personuppgifter. Syftet är att skydda människor mot att deras personliga integritet kränks. Detta inkluderar att insamlaren av data ansvarar för att veta vilken data som samlas in, hur de samlas in, varför, hur de behandlas samt vem som har tillgång till den. Den personuppgiftsansvarige har även ansvar för att visa att detta följs, och verksamheten måste ha ett dataskyddsombud. Ofta finns personuppgifter kopplade till data hos offentlig sektor, där den enskilde inte kan motsätta sig mot att de behandlas, och det kan finnas integritetsrisker kopplat till användning av externa molntjänster om de då når privat sektor (Integritetskommittén, 2016). Oavsett val av lagringsmetod måste båda dessa funktioner vara införstådda i systemen om vem som har tillgång till data och det måste finnas skydd mot att personuppgifter hanteras eller syns av obehöriga. Vid inköp av tjänst regleras detta i avtal och vid lokal lagring måste det finnas behörighetsfunktioner och åtkomstbegränsningar.

Leverans och distribution av dricksvatten omfattas av Lagen om informationssäkerhet för samhällsviktiga och digitala tjänster, NIS-lagen (SFS 2018:1174, 2018), baserad på NIS-direktivet, EU 2016/1148. Denna tar bland annat upp skyldigheter som leverantörer av samhällsviktiga tjänster har kring säkerhetsåtgärder och riskanalyser. Även incidentrapportering och anmälningsskyldighet framgår. Leverantörer av digitala tjänster ska bedriva ett systematiskt informationssäkerhetsarbete, riskhantering och incidentrapportering. Om en organisation själva sätter upp någon form av molntjänst, kan detta falla inom ramarna för att vara en digital tjänst och man måste då även uppfylla kraven för leverantörer av digitala tjänster. EU-kommissionen presenterade i december 2020 ett förslag på en uppdatering/utökning av NIS-direktivet, kallat NIS 2. I förslaget inkluderas även avlopp som en viktig facilitet, och innehåller även mer omfattande beskrivning av risker, åtgärder, samarbetskrav i EU samt synkronisering av rapportering/efterlevnad och sanktioner (European Commission, 2020b).

Den äldre versionen av säkerhetsskyddslagen ersattes 1 april 2019 (SFS 2018:585, 2018). Några av ändringarna som gjorts är att även privata aktörer omfattas av lagen, och att alla som omfattas av lagen ska dela in säkerhetsskyddsklassificerade uppgifter i säkerhetsskyddsklasser enligt:

1. kvalificerat hemlig vid en synnerligen allvarlig skada
2. hemlig vid en allvarlig skada
3. konfidentiell vid en inte obetydlig skada
4. begränsat hemlig vid endast ringa skada

Detta innebär att verksamheter som ansvarar för säkerhetsskyddsklassade uppgifter är ansvariga för att göra en säkerhetsskyddsklassning och anteckna denna, samt följa reglerna om hantering och åtkomst (2 kap. 2 §.). Säkerhetsskyddsklassade uppgifter är uppgifter som omfattas av sekretess enligt OSL, eller skulle omfattas av OSL om den varit tillämplig, och detta kan innebära enskilda eller ackumulerade uppgifter. Alltså, data som kombineras kan uppnå en högre säkerhetsklass, och måste därför hanteras med mer varsamhet. En vägledning om informationssäkerhet finns hos Säkerhetspolisen (Säkerhetspolisen, 2019). Säkerhetsskyddsklassificerade uppgifter omfattas också av Säkerhetsskyddsförordningen (SFS 2018:648). I 3 kap 5 § specificeras krav på kryptering

ifall information ska kommuniceras till ett system utanför verksamhetens kontroll. Krypteringen ska vara godkänd av Försvarsmakten. Om man själv ansvarar för informationssystemet finns även krav för att vidta lämpliga skyddsåtgärder specificerade i 3 kap 4 §, inklusive fysiska åtgärder för att skydda uppgifterna (4 kap. 1 §).

En statlig utredning sker i skrivande stund kring hur molntjänster får användas inom offentlig sektor. Denna ska publiceras hösten 2021. En stor fråga som hanteras är lagstiftningen kring tjänsteleverantörens ursprung. Detta med grund i den amerikanska lagstiftningen CLOUD Act som trädde i kraft 2018 samt Schrems II-domen 2020 (EU-domstolen mål C-311/18). Lagstiftningen CLOUD Act innebär att amerikanska myndigheter har rätt att begära ut data från molntjänster skrivna i USA i samband med brottsutredning eller liknande. Detta oavsett geografisk placering av servrar. Detta sätter sig över lagar som gäller europeisk datahantering, då företagen faller under amerikansk lagstiftning. Dock kan det innebära brott mot annan lagstiftning, så som OSL ifall data är sekretessbelagd (Kammarkollegiet, 2019). Detta faller då på tjänsteinköparen, som ansvarar för sekretessen. Schrems II-domen innebär att det Privacy Shield-avtal som upprättades mellan EU och USA ogiltigförklarades. Privacy Shield var en överenskommelse som möjliggjorde behandling av personuppgifter i USA utan att bryta EU-rättens etablerade skyddsnivå. Schrems II konstaterar att skyddsnivån inte uppfylls, bland annat baserat på CLOUD Act. Konsekvenserna av dessa förändringar är inte tydliggjorda än, och skapar stor osäkerhet kring hantering av data i servrar ägda av amerikanska företag.

I skrivande stund utreder Statens inköpscentral hur en upphandling kan se ut för att tillgodose lagkrav för myndigheter, och föreslår att ett ramavtal ska etableras när marknaden utvecklas något (Säkerhetspolisen, 2019). Denna kommer kunna hjälpa även andra verksamheter som har hand om känsliga data.

Säkerhetsaspekter och risker

Säkerhet är det största hindret för införande av molntjänster (Kammarkollegiet, 2019). Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har identifierat dricksvatten-distribution och avloppshantering som samhällsviktiga tjänster (MSB, 2019b). Det är därmed av yttersta vikt att de digitala systemen ska kunna motstå haverier som påverkar dess funktion. Valet av exempelvis lagringsplats eller tjänsteleverantör måste därför ta detta i beaktning, och det kan gälla såväl säkerställd dataåtkomst som behörighetsaspekter (diskuteras närmre under juridiska aspekter). Lagring av data påverkar inte processerna om dessa är manuellt styrda, men skulle kunna vara viktiga för funktionalitet. Ett exempel är om AI används för styrning av system, och historiska data används för optimering av styrningsalgoritmer. Säkerhetspolisen har identifierat externa IT-system, så som upphandlade molntjänster som en risk, särskilt då olika kunders system och information hanteras i samma system, så störningar hos en kund kan påverka andra (Säkerhetspolisen, 2018).

En av de största diskussionerna kring molntjänster generellt är informationssäkerhet. Detta har också lyfts i EU:s molnstrategi (European Commission, 2012) som en viktig aspekt att utreda. Generellt finns fyra typer av säkerhetsrisker:

- Datarisker (bland annat stöld och intrång)
- Tekniska fel
- IT-störningar på större skala
- Hanteringsfel

Den största risken med molnlagring är så kallade datarisker, där data blir åtkomliga för obehöriga. Detta kan även ske vid lokal lagring vid exempelvis inbrott, felhantering eller riktad hackning. För både moln- och lokal lagring finns risker med otillgänglighet eller i värsta fall försvinnande av data ifall det sker tekniska fel, skada av servrar, större IT-störningar eller liknande. Dessa rör dock inte säkerhet i samma utsträckning,

och diskuteras mer i avsnittet ovan kring *leverantör, ansvar, ägande och kontroll*. IT-störningar eller tekniska fel kan utgöra en säkerhetsrisk ifall exempelvis krypteringsnycklar eller lösenord exponeras eller om data tillgängliggörs på ett okontrollerat sätt.

Informationsklassning ligger till grunden för allt säkerhetsarbete. Detta innebär att data som samlas in klassas utefter vilken konsekvens det kan få ifall data har bristande skydd gällande konfidentialitet, riktighet och tillgänglighet, och det ska ske för varje datatillgång som innehas. Det måste inte vara utifrån ett samhällssäkerhetsperspektiv, men kan även botten i hur privat informationen i fråga är, alltså om den omfattas av lagstiftning så som GDPR och PUL. Informationsklassningen behövs oavsett typ av lagring, men beroende på vilken klass data har krävs olika skyddsåtgärder. Vägledning kring informationsklassning finns hos Säkerhetspolisen (Säkerhetspolisen, 2019).

Som en säkerhetsåtgärd kan data krypteras eller lösenordskyddas. Kryptering innebär att informationen översätts, och att en nyckel krävs för att återställa informationen. Detta gör att även om data läcker, hackas eller på andra sätt hamnar fel så kan informationen inte utläsas. Lösenord skyddar information genom att bara låta de som anger det korrekta lösenordet få tillgång till informationen. Det är dock viktigt att även nycklar och lösenord sparas på ett säkert ställe, och hanteras korrekt.

Många antar att molnlagring är en större risk än egen hantering av data. Detta är mycket kopplat till den kontroll man har över data som lagras lokalt, och att en tredje part inte är inblandad. Dock är det viktigt att tänka på att denna säkerhet är totalt beroende av den kompetens som finns i organisationen, vem som ansvarar för datasäkerheten, hur de fysiska förutsättningarna ser ut och vilken molntjänst man jämför med. Större leverantörer av molntjänster har ofta specialkompetenser gällande säkerhet och datahantering, med tätare uppdateringar av hård- och mjukvara och mer rigorösa regler kring vem som har access till servrar och fysiska utrymmen. Om samma typ av kompetens, processer och fysiska accessrestriktioner inte finns hos företaget kan valet av en molntjänst potentiellt vara säkrare. Vid lokal lagring är ansvaret för korrekt hantering och planering för kris eller tekniska fel större. Tjänsteleverantörer har också stora incitament för att säkerställa säkerheten och kan ofta investera mer i säkerheten än en enskild organisation då infrastrukturen erbjuds till flera kunder. Vid upphandling av molntjänst kan ofta säkerhetsåtgärder som backup-lagring, kryptering, säkerställning av krishanteringsprocesser och service-level agreements inkluderas för att skydda organisationen och säkerställa datasäkerhet (något som många leverantörer erbjuder ändå, och initiativ i EU pågår för att standardisera och säkerställa att det finns (European Commission, 2020a). Organisationer måste säkerställa att säkerhetsskyddet uppnår samma nivå som skulle ställts om man hanterade frågan inom organisationen, genom att upprätta korrekta säkerhetsavtal med tjänsteleverantören (Säkerhetspolisen, n.d.). Att säkerställa dataåtkomst av nödvändig information när det krävs regleras också i säkerhetsskyddslagen (se Avsnitt 4.2.1 – Juridiska aspekter). Även kartläggning av lagringsstrukturer kan krävas för att kunna jämföra dessa mellan uppdateringar, så man vet hur data lagras och att säkerheten inte minskar över tid. Det begränsade utrymmet som ofta finns vid lokal lagring skapar också mer sårbarhet ifall denna hårdvara skulle gå sönder. Det är då större risk att data försvinner, om det inte finns back-up. Desto mer data som hanteras, desto mer måste investeras för att hantera denna risk.

En risk med molnlagring som inte är en konkret säkerhetsrisk är förändringar i leverantörsförhållanden. Vikten av att ha koll på hur tjänsteleverantören använder sig av underleverantörer, samt hur avtal gentemot olika parter ser ut, diskuteras även under delen "Leverantör, ansvar, ägande och kontroll" ovan. Ifall en tjänsteleverantör byts ut eller går i konkurs ska inte påverka inköparens användande, även om detta är en risk.

Tekniska aspekter

För att kunna göra analys på data krävs delning av denna data, och inte bara lagring. Detta kan skapas med någon typ av IoT-plattform, men det kan även vara så att en person får inlogg till databasen. Det senare påverkar dock skalbarheten av lösningen. Om det är flera aktörer som vill ha tillgång till data måste det finnas en modulär uppbyggnad

av lagring, delning och analys. Om de olika modulerna inte utvecklas parallellt kan det skapa problem.

Alla olika moduler (lagring, IoT-plattform och analyser) kan vara interna eller externa. Alla kräver dock mycket arbete för att säkerställa säkerhet, funktionalitet, och support. Desto mer som är internt desto mer arbete och resurser måste läggas på dem, och det är även ovanligt om lika mycket resurser kan läggas som hos en extern leverantör som endast fokuserar på dessa kompetenser. Att separera moduler hos olika leverantörer eller internt gör att det är fler gränssnitt och överlämningar som ska ske, vilket kan skapa problem. Dock kan det också vara problematiskt att bli för leverantörsberoende ifall det visar sig att vissa krav inte uppfylls eller om man måste byta leverantör av andra anledningar.

Leverantörer av molntjänster har ett system som är anpassat för snabb hantering av mycket data. Detta genom att ha fler servrar, utrymme för lagring och bättre delningskapacitet. Detta kan göra att lokala system upplevs som långsammare och sämre.

Kostnadsaspekter

Molntjänstanvändning är kopplat till vissa rullande kostnader i form av tillgång till tjänsten (prenumeration/abonnemang). Det kan även behövas en investering i att göra en stark upphandling och val av tjänst. Att lagra i lokala servrar kan verka som ett billigare alternativ men det är viktigt att komma ihåg att det krävs både hårdvara, utrymme för denna, kompetens, kontinuerligt säkerhetsarbete, samt ajourhållning av system, hård- och mjukvara, samt support för medarbetare. Mängderna data påverkar baskostnaden för lokal lagring då servrar kräver mycket energi, som även denna räknas in som en kostnad. Det ska även tas höjd för extra kostnader vid driftstörning, tekniska fel eller krissituationer, och det är svårt att förutse vad de kan landa på beroende på omfattning av problem. Systemuppdateringar och utvecklingar blir också mer kostsamma och tar även längre tid att implementera vid lokal lagring. Det krävs också mindre förarbete för att säkerställa att systemets standarder och krav uppfylls vid användande av en extern tjänst.

Vid molntjänstinköp betalar man för den kapacitet som används. Detta betyder att en organisation både kan skala upp och ner datainsamling, utan att ha gjort en "dålig investering" i form av hårdvara som inte längre används. Detta kan vara en viktig aspekt att ha i åtanke för en organisation som är osäker på hur behoven för datainsamling kommer se ut i framtiden.

Exempel på verksamheter som valt molnlagring där kostnadsbesparingar varit ett argument är Botkyrka kommun och Finlands stadsförvaltningar och offentliga aktörer (Statens servicecenter, 2016; Teknik- och fastighetsnämnden, 2020).

Standarder och interoperabilitet

En bakgrund kring standarder och interoperabilitet finns i avsnittet *Modulära system är strategiskt smarta* (ovan). Det är lättare att skapa flexibla system vid användning av molnlagring även om det går att ha externa tjänster kopplade till lokala system också. Det är dock lätt att systemet blir för specifikt och oflexibelt vid utformning av egna system, vilket kan skapa problem vid förändrade behov. Magnituden av lagringsutrymme kommer också ständigt behöva uppdateras och den utvecklingen måste tas i beaktning från början.

EU:s Cyber Security Act (komplement till NIS-direktivet och GDPR) verkar också för att förenkla val av tjänster och leverantörer genom att låta dem ENISA-certifiera sig eller sina produkter. Detta innebär att de uppfyller vissa standarder, krav och processer.

4.2.2 Generell kommentar om nuläget

Som diskuterat ovan är nuläget kring användande av molnlösningar komplext. Detta främst på grund av snabb utveckling, rättslig osäkerhet, växande hotbilder och ökade eller förändrade risker. Flera myndigheter har slutat använda tjänster som är ägda av

Microsoft (så som Office365) då säkerheten inte kan säkerställas (Skatteverket, 2021). Adda Inköpscentral, tidigare SKL Kommentus Inköpscentral, har också valt att inte upphandla ett nytt volymavtal med Microsoft (Adda, 2021)

EU arbetar med att öka lagstiftade krav på cybersäkerhet i förslaget på NIS 2, samt i etablering av gemensamma standarder och liknande. Efterfrågan för en marknad av tjänster och plattformar där en hög säkerhetsnivå säkerställts har lyfts, såväl nationellt som gemensamt för EU. Detta skulle öppna upp för företag att använda molnlösningar samt även kunna öka den generella säkerheten hos organisationer som inte har kapacitet att själva säkerställa säkerhet vid egen hantering. I och med ökat fokus på cybersäkerhet och efterfrågan på säkra molntjänster i en uppkopplad värld kommer förhoppningsvis tydligare riktlinjer komma, och därmed kan lösningar tas fram.

4.3 Sammanfattning – insamling, lagring och delning av data

Att organisationen ser över sina behov och förutsättningar för insamling, lagring och delning av data generellt är en nödvändighet. Organisationen måste ha en tydlig systemöversikt, protokoll för datahantering och göra strategiska beslut för att kunna hantera data i framtiden. Modulära och flexibla system är att föredra för att inte skapa inlåsning och även för att tillåta för förändrade behov och krav. I upphandlingar av såväl hårdvara som andra tjänster måste frågorna kring delningskrav, dataägarbeskydd, med mera, tas i beaktning. Det kan vara så att det krävs en gemensam efterfrågan från organisationer kring flexibilitet från leverantörer för att utforma marknaden efter de behov som finns.

Risker med molnlagring beror helt på valet av molntjänst samt vad organisationen upphandlat. Olika typer av data kräver olika högt skydd. Det är möjligt att separera data och lagra på olika sätt även om detta kan medföra vissa svårigheter i att exempelvis veta var data finns. I tider med snabb digital utveckling kan investeringar i lokal lagring vara ostrategiskt, då det ofta resulterar i vissa inlåsningseffekter och seghet i utveckling. Ofta är flera olika molntjänster beroende av varandra, och att blanda interna och externa lösningar kan leda till stora kostnader då flera system måste vara kompatibla och organisationen får kostnader kopplade till alla typer av lösningar. Husering av egna molntjänster kan vara ett alternativ, men det är kopplat till stora kostnader och krav på organisationen (tekniska, organisatoriska, kompetensmässiga).

Lagstiftningen kring molnlagring är idag otydlig och osäker. Det förväntas dock tydligare riktning kring detta, och det diskuteras även om upphandling av en offentlig molntjänstleverantör för offentliga organisationer i Sverige för att kunna säkerställa att data behandlas rätt och enligt kravställda standarder. Oavsett val av lagringstjänst finns krav kring säkerhetsklassning av informationen, och säkerställande av säkerhet i systemen de hanteras. För extern hantering (av tjänstleverantör) krävs då avtal som reglerar detta, medan vid man vid intern hantering måste identifiera och upprätthålla nödvändiga skyddsåtgärder kontinuerligt.

Det viktigaste är att organisationen funderat över denna fråga: Vilka behov finns inom organisationen idag gällande datainsamling och delning, och hur förutspår ni detta kommer förändras? Beroende på komplexiteten av insamlingen och delning, olika datakällor och säkerhetsbehov för dessa, kommer behov kring system och organisation se olika ut. Det är dock inte bara dagens behov som ska uppfyllas, utan även kommande behov.

Försäkringskassan sammanfattar nyttjandet av publika molntjänster i privat regi på följande sätt (Försäkringskassan, 2019):

De publika molntjänster som marknaden erbjuder medför enligt vår mening många fördelar. Övergången till sådana molntjänster har i många fall lett till ökad verksamhetsnytta, ökad teknisk säkerhet och tillgänglighet till rimliga kostnader. Det är därför önskvärt och ofta nödvändigt att myndigheterna kan använda tekniken som sådan och dra nytta av innovationsförmågan i den privata sektorn. De positiva effekterna får emellertid inte innebära att svenska myndigheter använder publika molntjänster utan att först bedöma konsekvenserna ur ett samhällsperspektiv och för individers personliga integritet.

Översiktlig checklista för att påbörja utvärderingen kring vad som är rätt lagringsmetod för er organisation

Har ni idag insikt i vilka data som hanteras i organisationen?

Om nej, skapa en komplett översikt inklusive ansvar/ägandeskap.

Har ni vetskap om vilken säkerhetsklass era data har?

Om nej, påbörja informationsklassningen av organisationens data.

Har översikt över säkerheten hos dagens system och organisation, möjliga risker samt om krav enligt säkerhetsklass uppfylls?

Om nej, ta reda på vilka krav som måste uppfyllas och utvärdera systemet och organisationen.

Vet ni vilka behov som finns internt kring dataanvändning?

Om nej, se över hur data används inom organisationen, och hur ni vill använda data framåt.

Krav på system och organisation, oavsett lagringsmetod

- Integrerade system för insamling, lagring och analys.
- Separation av information och data beroende på säkerhet.
- Tydliga och dokumenterade dataprotokoll, informationsägare, dataägare, riskanalyser och informations- samt säkerhetsklassningar. Ska finnas för alla insamlade data.
- Tydlig dokumentation om till vilka data delas, och licenser/överenskommelser för detta.
- Kryptering

Använd ett vedertaget verktyg för stöd i informationsklassning som exempelvis SKR:s KLASSA (SKR, 2021a).

Krav vid molnlagring

Några viktiga aspekter som skiljer sig från krav vid lokal lagring är:

- Säkerhetsavtal enligt informationsklassning.
- Service-level-agreement.
- Tillgång till dokumentation av system, protokoll och åtkomst.
- Tillgång till dokumentation av leverantörsförhållanden, och riskhanteringsplan om leverantörsförhållanden förändras.

Följ rekommendationer från MSB (MSB, 2018b, 2019a) och SKR (SKR, 2021b). Vägledning för upphandling och standarder finns även på informationssäkerhet.se. SIS har också material och standarder att tillgå, så som:

- ISO/IEC 27040:2015, IDT Information technology - Security techniques - Storage security
- ISO/IEC 17789:2014 Information technology – Cloud computing – Reference architecture

Använd även KLASSA för stöd i upphandling.

Krav vid lokal lagring

- Dokumentation av fysiska säkerhetsåtgärder.
- Regelbunden uppdatering och ajourhållning av hård- och mjukvara.
- Kompetens för risk- och krishantering för cyberattacker.

Tabell 4.1

Jämförelse av för- och nackdelar för molnlagring och lagring på egna servrar.

	Fördelar	Nackdelar
Molnlagring	<ul style="list-style-type: none">• Mindre ansvar och kostnad för drift och säkerhet• Mer flexibilitet för systembyte och integration av andra tjänster• Bättre verksamhets- och kostnadseffektivitet• Skalbarhet (upp och ner)• I linje med IT-politiska mål	<ul style="list-style-type: none">• Risk för läckage av data.• Internationell lagstiftning är komplicerad<ul style="list-style-type: none">- Det man är rädd för är att information blir begärd ut• Krävs starka avtal för att uppnå fördelar och undvika nackdelar• Nätverkskrav
Egna servrar	<ul style="list-style-type: none">• Kan vara billigt• Hög kontroll• Data finns tillgängligt oavsett nätverksaccess	<ul style="list-style-type: none">• Besvärligt att hantera säkerhet<ul style="list-style-type: none">- Mycket kontinuerligt arbete- Krav på hög och specifik kompetens- Dyrt med uppdateringar/åtgärder för endast en organisation• Ständig uppgradering i och med utveckling och ökad datainsamling• Dålig skalbarhet• Inlåsnings i egna system• Större sårbarhet på grund av den mänskliga faktorn och mindre kompetenser tillgängliga• Kan bli mycket dyrt i och med krävande förarbete kring arkitektur, modeller och strukturer, standarder, krav, behov, risker, säkerhet, m.m.<ul style="list-style-type: none">- Krav på hög och specifik kompetens• Fysiska/geografiska restriktioner av verksamheten.

4.3.1 Möjliga åtgärder och lösningar för ett uppkopplat VA-system

- Kryptering av data med högre säkerhetsklass, där krypteringsnyckeln hanteras separat från molntjänsten.
- Användning av svenskt servercenter möjliggör molnlagring i större grad då internationell lagstiftning inte komplicerar.
 - Gynnar också Sveriges konkurrenskraft med utländska it-företag
 - Enklare att säkerställa att de följer PUL, SUA, OSL etc.
 - Exempelvis RISE ICE (<https://www.ri.se/sv/ice-datacenter>) eller Interxion (<https://interxion.com/se>).
- Hybridmolntjänster
 - Separera data baserat på klassning.
- Allt måste inte ske samtidigt. Skapa en strategi eller roadmap för hur övergången bör ske. Byt de delar där behovet är störst först.
 - Ska någon IT-tjänst/del bytas ut inom en snar framtid? Kan denna virtualiseras? Kan andra utbyten synkas?
- Titta på andra verksamheter som gjort förändringar eller kommit längre i dessa frågor. Förutsättningarna för el-bolag är delvis lika som för VA-bolag, och kan bidra med viktiga insikter kring organisation, kostnadseffekter och juridiska aspekter.
- Workshop med VA-bolag och konsult som går igenom infoklassningsverktyg.
- Gemensam kartläggning av behov och specifika krav.
- Gemensam efterfrågan på flexibilitet från tjänsteleverantörer och hårdvaruleverantörer, samt formulering av gemensamma datadelningskrav.
- Gemensam workshop kring upphandling av molntjänster.
- Branschgemensam analys och kartläggning av tjänster och utformningar, snarare än att alla VA-bolag gör egna analyser.

-
- Federerade data, system och lösningar kan utformas.
 - Branschen efterfrågar att VA-bolag inkluderas i framtida statliga molntjänster.

4.4 Vidare läsning

- [Informationssäkerhet och outsourcing - SKR](#)
- [Samordning och omlokalisering av myndighetsfunktioner - delrapport juni 2016](#)
- [Säker och kostnadseffektiv it-drift – rättsliga förutsättningar för utkontraktering \(SOU 2021:1\) \(regeringen.se\)](#)
- [Mät din informationssäkerhet - Gap-analys](#)
- [Vitbok \(forsakringskassan.se\)](#)
- [Molntjänster, offentlighet och sekretess i offentlig sektor \(Cirio\).](#)

5 Cybersäkerhet för samhällskritisk infrastruktur – fallet VA

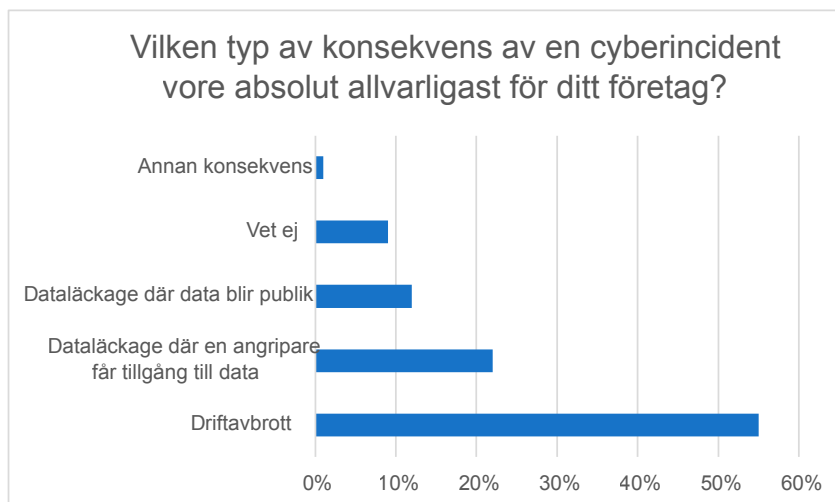
Vad är cybersäkerhet?

Begreppet cybersäkerhet används flitigt i samband med digitalisering. Den exakta innebörden kan dock vara något oklart för de flesta. Ordet "cybersäkerhet" finns inte i Svenska Akademiens ordboklistor som däremot innehåller ord som cyberrymd ("en sorts datorsimulerad verklighet") och cyberpunk ("science fiction med visioner om informationsteknologins utveckling").

Cybersäkerhet är en direkt översättning från engelska "cyber security" som helt enkelt betyder digital säkerhet d.v.s. metoder för att skydda digitala tillgångar och enheter (till exempel kryptering och behörighetskontroll). Cybersäkerhet är en del av informationssäkerhet, som även innefattar säkerhet för icke-digitala tillgångar som till exempel fysiska dokument.

Notera att cybersäkerhet normalt inte täcker alla typer av digitala problem, dock kan många normala IT-problem utnyttjas av en (fiktiv) attackerare och faller därför även under cybersäkerhet. Till exempel, om någon raderar en viktig fil av misstag anses det vara ett IT problem men om en utomstående lyckas förmå en anställd att radera samma fil ser man det som en cybersäkerhets incident.

Medan digitalisering ofta kan förenkla och effektivisera industriella system, så kan uppkoppling och sammankoppling även öka risken för obehörig åtkomst och skapa nya sårbarheter. Detta uppmärksammas av German Water Partnership (2015) som något som kan hindra och fördröja digitalisering medan Sarni *et al.* (2019) efterfrågar nya tekniker, standarder och processer för att kunna möta cybersäkerhetshoten. Här nämns skydd av data som den viktiga komponenten, men en färsk internationell granskning av incidenter i VA-branschen visar att i endast ett fall av 15 var företagets data målet för attacken (Hassanzadeh *et al.*, 2020). Franke (2020) visar i en ny studie att medan dataläckage anses vara ett problem så rankas incidenter som leder till driftstopp betydligt allvarigare av de svenska företagen, se Figur 5.1.



Figur 5.1
Hotuppfattning hos svenska företag och myndigheter (Franke, 2020).

Exempel på cyberattacker mot vattenförsörjningssystem

En aktuell händelse som uppmärksammades även i svenska medier var attacken mot en vattenförsörjningsanläggning i Oldsmars, Florida. I februari 2021 lyckades en ännu okänd aktör bryta sig in i de datorsystem som styr stadens vattenverk. Attackeraren ökade därefter tillförseln av natriumhydroxid från 100 ppm till över 10 000 ppm.

Höga halter av natriumhydroxid i dricksvatten är giftiga och kan leda till allvarliga permanenta skador hos människor (t.ex. blindhet). Ändringen uppmärksammades dock av en operatör som kunde återställa processen och kontakta berörda myndigheter. Men vad hade kunnat hända om vattenverket var helt automatiserat utan någon manuell översyn?

5.1 Regelverk och processer

Att regelverk inte är uppdaterade för att täcka digitalisering och cybersäkerhet är ett stort problem. Livsmedelsverkets föreskrifter ("Lås och Bom") (LIVSFS 2008:13, 2008) och branschens egna riktlinjer (Svenskt Vatten, 2011) tar endast upp fysisk säkerhet. Problemet är att uppkopplade enheter har en logisk placering som ofta är viktigare än dess fysiska position. En kritisk enhet kan vara inlåst i ett säkert rum men nås av hela världen via en oskyddad internetanslutning.

Den uppdaterade säkerhetsskyddslagen (SFS 2018:585, 2018) uppmärksammar behovet av informationssäkerhet medan lagen om informationssäkerhet för samhällsviktiga och digitala tjänster (SFS 2018:1174, 2018) beskriver leverantörers skyldigheter. Bland annat kräver lagen att leverantörer av samhällsviktiga tjänster ska

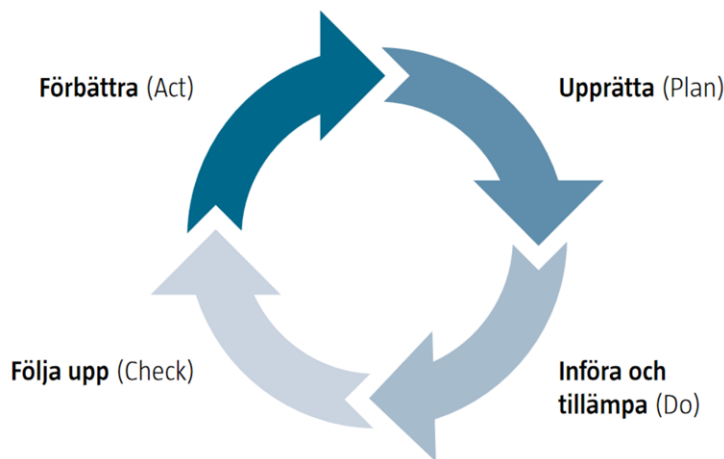
1. Bedriva ett systematiskt och riskbaserat informationssäkerhetsarbete
2. Göra en riskanalys som ska ligga till grund för val av säkerhetsåtgärder
3. Vidta ändamålsenliga och proportionella tekniska och organisatoriska åtgärder
4. Vidta lämpliga åtgärder för att förebygga och minimera verkningar av incidenter

Organisationer kan ha svårt att avgöra vad som anses vara lämpligt och proportionerligt. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har därför publicerat flera dokument med rekommendationer och riktlinjer (MSB, 2009, 2014, 2018a). Svenska organisationer bör också kunna utnyttja rekommendationer framtagna i andra länder, till exempel den europeiska cybersäkerhetsorganisationen ENISA (ENISA, 2016), amerikanska NIST (NIST, 2018) och tyska BBK och BSI (BBK, 2008; BSI, 2014).

5.2 Säkerhet som en process

Cybersäkerhet är en återkommande process som aldrig avslutas och inte ett tidsbestämt projekt som avslutas med, till exempel, inköp och installation av ett antal säkerhetsprodukter.

Något förenklat kan en organisations säkerhetsarbete ses som en iterativ process i flera steg som innefattar bland annat en inledande analys, implementation och återkoppling. Se till exempel PDCA-modellen i Figur 5.2 (MSB, 2018a).



Figur 5.2

PDCA-modellen (Plan-Do-Check-Act) är exempel på en iterativ säkerhetsprocess. (Bild från MSB, 2018a)

Cybersäkerhetsprocessen är något som bör involvera alla i organisationen. Tyvärr är det ofta först under implementationen som de flesta medarbetare kommer i kontakt med cybersäkerhet, till exempel vid utrullning av en ny IT-policy. Detta kan leda till flera problem:

1. Åtgärder kan sakna förankring i organisationen och därför ignoreras.
2. Medarbetare kan besitta viktig information som inte fångas upp vid säkerhetsanalysen.
3. Viktig återkoppling uteblir då medarbetare inte inser betydelsen av vissa händelser.

Det är därför önskvärt att involvera så många som möjligt i säkerhetsprocessen. Men hur involverar man medarbetare i något de saknar erfarenhet av och kanske uppfattar som något ointressant? En möjlig lösning är att involvera medarbetarna redan under första steget i säkerhetsprocessen. Även när medarbetare saknar rätt kompetens för att utföra hot- och sårbarhetsanalyser kan de ofta utgå från sina egna arbetsuppgifter och bidra med värdefull information om verksamheten.

Exempel på aktiviteter som alla kan ta del av

Vi lät projektdeltagarna med utgång från egna arbeten förslå hypotetiska attack-vektorer för följande attackscenarion (baserade på verkliga incidenter):

Sabotage i reningsverk leder till miljökatastrof

Manipulering av faktureringsystemet

Någon tar över kritiska system och kräver lösensumma

Experimentet resulterade i ett antal s.k. attack-träd som mycket väl täckte de verkliga fall som studerades senare i projektet. De identifierade attack-vektorerna kunde användas senare för att motivera olika säkerhetsåtgärder. Vi tror en tydlig koppling mellan hot och åtgärd kan även öka medarbetarnas engagemang i processen.

5.3 Isolering och separation

Digitalisering innebär ofta att nya enheter introduceras i företagets nätverk, både för att ersätta gamla manuella system eller för att implementera helt nya funktioner. Många gånger placeras kritiska komponenter i ett befintligt nätverk avsett för annan verksamhet. Enligt en svensk studie från 2010 är många organisationers kontorssystem fysiskt sammankopplade med kritiska styrsystem och man saknar teknisk kompetens och processer för att kartlägga och åtgärda dessa risker (Johansson, 2010). Hassanzadeh *et al.* (2020) påpekar att detta ökar risken att enklare IT-incidenter leder till allvarliga

driftstörningar. I ett fall från 2019 slogs flera viktiga system ut på en VA-anläggning när en dator tillhörande en av kommunens poliser blev infekterad med ransomware.

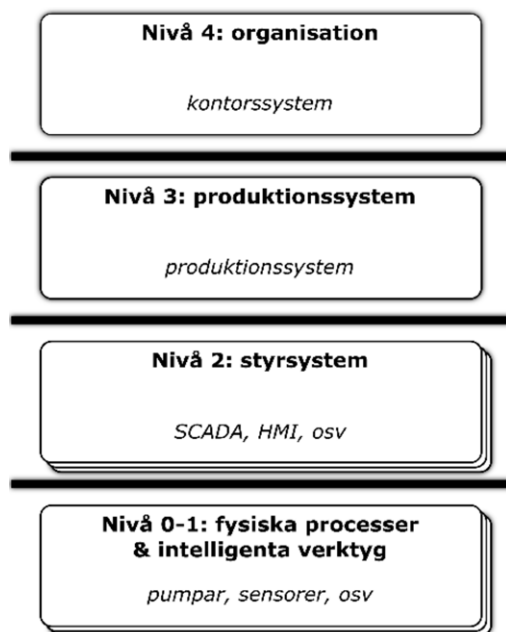
För varje ny enhet som introduceras i ett nät måste man uppmärksamma två risker:

1. Enheten kan användas som ingångsport till företagets nätverk
2. En attackerare som redan har tillgång till företagets intranät kan nå och manipulera enheten för att åstadkomma mer skada.

För att minimera problemet bör man därför dela organisationens nätverk i mindre delar där kommunikation mellan dessa undernätverk är förbjuden eller sker genom en begränsad och kontrollerad kanal.

5.3.1 Partitionering i industriella nätverk

Flera modeller för partitionering av nätverk i industriella verksamheter existerar idag. Ett exempel är den föråldrade men fortfarande populära Purdue modellen (som egentligen heter PERA) av Williams (1994), Figur 5.3. I denna modell delas organisationen i fem nivåer Figur 5.3. Kommunikation kan endast ske mellan två angränsande nivåer. Det är också vanligt att separera dessa ytterligare efter fysisk placering, t.ex. om organisationen har kontor i flera städer.

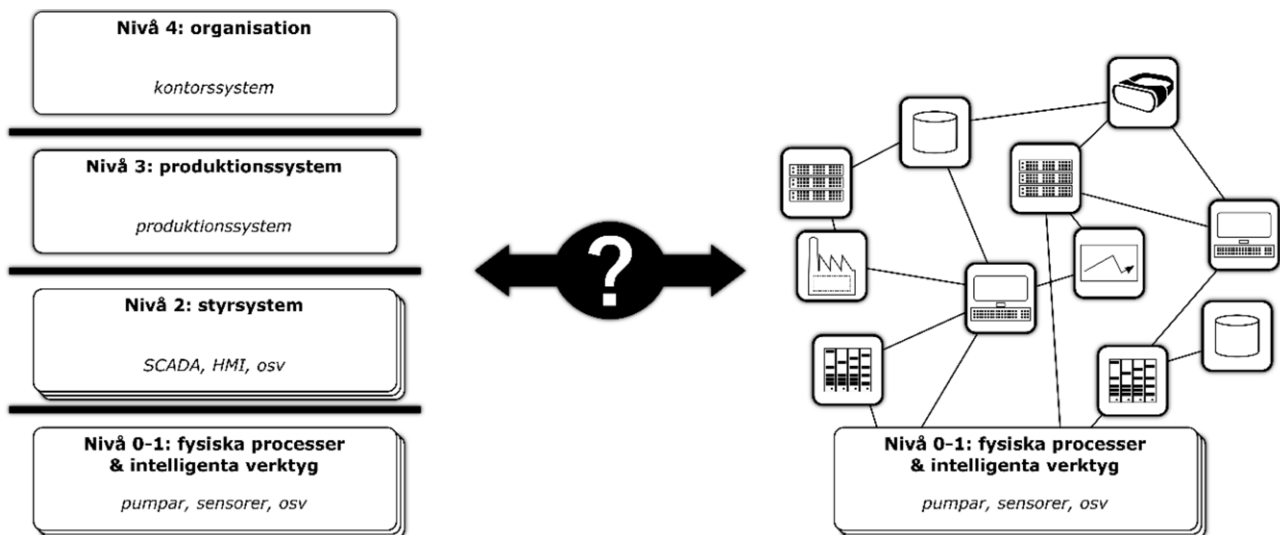


Figur 5.3

Purdue Enterprise Reference Architecture (PERA).

Efterföljande ANSI/ISA-95 och ISA99 (ISA-62443) tar även upp säkerhet och föreslår olika tekniska lösningar. NIST 800-82-r2 utforskar olika tjänster och nätverksprotokoll och ger exempel på olika lösningar med brandväggar, DMZ, med mera.

PERA och liknande modeller har en enkel struktur och är lätta att förstå, men det strikt hierarkiska informationsflödet kanske inte alltid lämpar sig för moderna industriella system, med till exempel IoT, AR och andra komponenter som måste kommunicera över partitionsgränserna och/eller är direkt nåbara över internet (Figur 5.4).



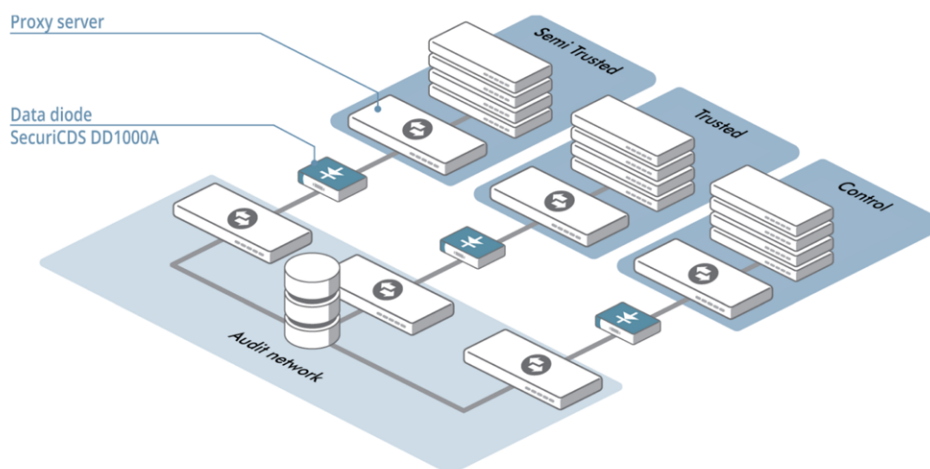
5.3.2 Brandväggar, datadioder och dataslussar

En organisations nätverk kan ses som en sammanslagning av flera mindre nätverk som måste hållas helt eller delvis isolerade från internet och från varandra. Många företag använder olika typer av brandväggar för att åstadkomma detta. Kritiska komponenter kan även placeras i helt isolerade nätverk (så kallade "air gap").

En datadiod är en relativ ny typ av nätverksutrustning för partitionering av komplexa nätverk. I sin enklaste form tillåter en datadiod överföring av information i endast en riktning, se Figur 5.5.

Figur 5.4

PERA-modellen är svårare att tillämpa när vertikal kommunikation förekommer, något som är vanligt i Industri 4.0.



Figur 5.5

Datadioder kan användas för säkra enkelriktad överföring av information (bild från Advenica).

Enklare datadioder lämpar sig bäst nätverksprotokoll med blind kommunikation, t.ex. överföring av loggar eller mätdata. Den mer komplexa datadioden klarar av komplexa protokoll (t.ex. epost) som kräver dubbelriktad kommunikation (t.ex. för handskakning och synkronisering). Dessa går under benämningen "datasluss" (eng. "Information Gateway").

Jämfört med traditionella brandväggar kan datadioder och dataslussar vara enklare att konfigurera och underhålla, vilket brukar leda till bättre säkerhet. Notera att s.k. IoT-hubbar och liknande nätverksutrustning är en form av dataslussar.

Referenser

- Adda (2021). Adda Inköpscentral tackar nej till nytt volymavtal med Microsoft. <https://www.adda.se/aktuellt/adda-inkopscentral-tackar-nej-till-nytt-volymavtal-med-microsoft/> (accessed 24 juni 2021).
- Andersson S. L., Åmand L., Samuelsson O. and Nilsson S. (2019). Instrumentera rätt på avloppsreningsverk. Report 2019-14, Svenskt Vatten AB, Stockholm, Sverige.
- Arbetsförmedlingen (n.d.). Yrken och yrkesområden. <https://arbetsformedlingen.se/for-arbetsokande/yrken-och-framtid/hitta-yrken/> (accessed 6 maj 2021).
- BBK (2008). Protection of critical infrastructures – Baseline protection concept recommendation for companies, German Federal Ministry of the Interior, Berlin, Germany.
- Bossen H. and Ingemansson J. (2016). Digitalisering av svensk industri – Kartläggning av svenska styrkor och utmaningar, Roland Berger AB, Stockholm, Sverige.
- BSI (2014). ICS security compendium test recommendations and requirements for product suppliers of components. Report Version: 19.11.2014, German Federal Office for Information Security (BSI), Bonn, Germany.
- Cirio (2020). Molntjänster, offentlighet och sekretess i offentlig sektor, Cirio Advokatbyrå AB, Stockholm, Sverige.
- ENISA (2016). Communication network dependencies for ICS/SCADA systems. Report TP-06-16-344-EN-N, The European Union Agency for Network and Information Security (ENISA), Heraklion, Greece.
- eSam (2018). Rättsligt uttalande om röjande och molntjänster. Dnr/ref: VER 2018:57. e-samverkansprogrammet, Stockholm, Sverige.
- eSam (2019). Kompletterande information om molntjänster. e-samverkansprogrammet, Stockholm, Sverige.
- ETSI (2019). Context information management (CIM); NGSI-LD API, Reference: DGS/CIM-009-NGSI-LD-API. ETSI, Sophia Antipolis, Frankrike.
- European Commission (2012). Unleashing the potential of cloud computing in Europe. European Commission, Bryssel, Belgien.
- European Commission (2020a). The European cloud initiative. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/european-cloud-initiative> (accessed 19 maj 2021).
- European Commission (2020b). Factsheet: Revised directive on security of network and information systems (NIS2). European Union, Brussels, Belgium.
- European Commission (2021). Rolling plan for ICT standardization. Rolling plan 2021; Smart cities and communities. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/smart-cities-and-communities> (accessed 18 maj 2021).
- FIWARE (n.d.). Smart data models. <https://github.com/smart-data-models> (accessed 18 maj 2021).
- Föräkringskassan (2019). Vitbok – Molntjänster i samhällsbärande verksamhet – Risker, lämplighet och vägen framåt. Report Dnr. 013428-2019, Försäkringskassan, Stockholm, Sverige.
- Franke U. (2020). Cybersäkerhet för en uppkopplad ekonomi. Report ISBN: 978-91-89301-12-2, Entreprenörskapsforum, Örebro, Sverige.
- German Water Partnership (2015). Water 4.0, German Water Partnership e. V., Berlin, Tyskland.

Grievson O. (2020). Digital water – The role of instrumentation in digital transformation, International Water Association, London, UK.

Hansson M. (2021). Tesla visar att det går att bygga fabrik snabbare och effektivare. <https://sverigesradio.se/artikel/tesla-visar-att-det-gar-att-bygga-fabrik-snabbare-och-effektivare> (accessed 23 juni 2021).

Hassanzadeh A., Rasekh A., Galelli S., Aghashahi M., Taormina R., Ostfeld A. and Banks M. K. (2020). A review of cybersecurity incidents in the water sector. *Journal of Environmental Engineering* 146(5).

Integritetskommittén (2016). Hur står det till med den personliga integriteten? (SOU 2016:41). Justitiedepartementet, Stockholm, Sverige.

Investigatory Powers Act (2016). Investigatory Powers Act 2016 c.25.

Johansson E. (2010). Kartläggning av SCADA-säkerhet inom svensk dricksvattenförsörjning. Report MSB311, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap och Svenskt Vatten, Stockholm, Sverige.

Juhlin M. (2018). Faktisk innovation i bygg- och anläggningsbranschen – Slutrapport, Policy Impact AB, Stockholm, Sverige.

Justitiedepartementet (2019). Offentlighetsprincipen och sekretess – Kortfattat om lagstiftningen. Regeringskansliet, Stockholm, Sverige.

Kammarkollegiet (2019). Förstudierapport webbaserat kontorsstöd. Report Dnr. 23.2-6283-18, Kammarkollegiet, Stockholm, Sverige.

Kapelan Z., Weisbord E. and Babovic V. (2020). Digital water – Artificial intelligence solutions for the water sector, International Water Association, London, UK.

LIVSFS 2008:13 (2008). Livsmedelsverkets föreskrifter om åtgärder mot sabotage och annan skadegörelse riktad mot dricksvattenanläggningar. Livsmedelsverket, <https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/lagstiftning1/gallande-lagstiftning/livsfs-200813?AspxAutoDetectCookieSupport=1>.

Macias F. and Thomas G. (2011). Cloud computing concerns in the public sector – How government, education, and healthcare organizations are assessing and overcoming barriers to cloud deployments. Cisco Systems, Inc., San Jose, CA, USA.

Malm A., Mårtensson H. and Persson K. (2019). Framtidens smarta VA-ledningsnät – lägesrapport. Report Nr 2019-7, Svenskt Vatten, Bromma, Sverige.

McMahan B. and Ramage D. (2017). Federated learning: Collaborative machine learning without centralized training data. <https://ai.googleblog.com/2017/04/federated-learning-collaborative.html> (accessed 18 maj 2021).

Mildebrath H. (2021). EU-UK private-sector data flows after Brexit: Settling on adequacy. Report PE 690.536, European Parliamentary Research Service (EPRS), European Union, Brussels, Belgium.

MSB (2009). Vägledning till ökad säkerhet i industriella kontrollsystem, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, Sverige.

MSB (2014). Vägledning till ökad säkerhet i industriella informations- och styrsystem. Report MSB718, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Stockholm, Sverige.

MSB (2018a). Systematiskt arbete med skydd av samhällsviktig verksamhet – Stöd för arbete med riskhantering, kontinuitetshandling och att hantera händelser. Report MSB932, Stockholm, Sverige.

MSB (2018b). Upphandla informationssäkerhet – en vägledning. Report MSB1177, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, Sverige.

MSB (2019a). Molntjänster inom ICS. Report MSB1339, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, Sverige.

MSB (2019b). Vägledning för identifiering av samhällsviktig verksamhet. Report MSB1408, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Karlstad, Sverige.

Nationalencyklopedin (n.d.). big data. Nationalencyklopedin, <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/big-data> [hämtad 2021-05-05].

NIST (2018). Framework for improving critical infrastructure cybersecurity, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD, USA.

Norström A. (2019). Räcker högskole- och civilingenjörerna även till VA i framtiden? Vattenstämman 2019, Svenskt Vatten AB, Örebro, Sverige.

Oxford English Dictionary (n.d.). artificial intelligence. Oxford English Dictionary, https://www.lexico.com/definition/artificial_intelligence [hämtad 2021-05-05].

Regeringskansliet (2021). Mål för IT-politik. <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/it-politik/mal-for-it-politik/> (accessed 19 maj 2021).

Säkerhetspolisen (2018). Säkerhetspolisens årsbok 2017, Säkerhetspolisen, Stockholm, Sverige.

Säkerhetspolisen (n.d.). Säkerhetsskydd vid upphandlingar och affärsavtal. <https://www.sakerhetspolisen.se/sakerhetsskydd/sakerhetsskydd-vid-upphandlingar-och-affarsavtal.html> (accessed 19 maj 2021).

Säkerhetspolisen (2019). Vägledning i säkerhetsskydd – Informationssäkerhet, Säkerhetspolisen, Stockholm, Sverige.

Sarni W., White C., Webb R., Cross K. and Glotzbach R. (2019). Digital water – Industry leaders chart the transformation journey, International Water Association, London, UK.

Schema.org (n.d.). <https://schema.org/docs/about.html> (accessed 18 maj 2021).

SFS 2010:566 (2010). Lag (2010:566) om vidareutnyttjande av handlingar från den offentliga förvaltningen. Svensk författningssamling, https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2010566-om-vidareutnyttjande-av-handlingar_sfs-2010-566.

SFS 2018:585 (2018). Säkerhetsskyddslag. Svensk författningssamling, https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/sakerhetsskyddslag-2018585_sfs-2018-585.

SFS 2018:1174 (2018). Lag om informationssäkerhet för samhällsviktiga och digitala tjänster. Svensk författningssamling, https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20181174-om-informationssakerhet-for_sfs-2018-1174.

Skatteverket (2021). Promemoria om ersättning av Skype i Skatteverkets och Kronofogdens verksamhet. Dnr: 8-958696. Skatteverket, Solna, Sverige.

SKR (2021a). KLASSA, informationsklassning. <https://skr.se/naringslivarbetedigitalisering/digitalisering/arkitektursakerhet/informationssakerhet/klassinformationssakerhet/7558.html> (accessed 19 maj 2021).

SKR (2021b). Vägledningar, molntjänster. <https://skr.se/naringslivarbetedigitalisering/digitalisering/arkitektursakerhet/molntjanster/vagledningarmolntjanster.29885.html> (accessed 19 maj 2021).

Statens servicecenter (2016). Samordning och omlokalisering av myndighetsfunktioner – Delrapport juni 2016. Report Dnr. 10052-2016/1121, Statens Servicecenter, Gävle, Sverige.

Statens servicecenter (2017). En gemensam statlig molntjänst för myndigheternas it-drift – Delrapport i regeringsuppdrag om samordning och omlokalisering av myndighetsfunktioner. Report R:001 / Dnr. 10052-2016/1121, Statens servicecenter, Gävle, Sverige.

Svenskt Vatten (2011). Råd och riktlinjer – Fysiskt och tekniskt skydd för dricksvatten, Svenskt Vatten AB, Stockholm, Sverige.

Svenskt Vatten (2020). Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp – en analys av investeringsbehov 2020-2040, Svenskt Vatten AB, Bromma, Sverige.

SWAN Forum (2019). Smart water report – Navigating the smart water journey: From leadership to results, Water Online & The Smart Water Network (SWAN) Forum, Horsham, PA, USA.

SWAN Forum (n.d.). A layered view of smart water networks. <https://www.swan-forum.com/swan-tools/a-layered-view/> (accessed 2021-05-04 2021).

Teknik- och fastighetsnämnden (2020). Kallelse/föredragningslista 2020-03-16. Botkyrka kommun, Botkyrka, Sverige.

Thors A. (2019). Detta är blockchain - så fungerar den stekheta tekniken. PC för alla, <https://pcforall.idg.se/2.1054/1.699910/blockchain-blockkedjor> [hämtad 2021-05-05].

Thorslund J. (2019). Ställningstagande om informationshantering i vissa molntjänster. Dnr. 19/00087. Sveriges Kommuner och Landsting, Stockholm, Sverige.

United Nations (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: A/RES/70/1 – Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations, New York, NY, USA, pp. 1-35.

Valverde-Pérez B., Johnson B., Wärrff C., Lumley D., Torfs E., Nopens I. and Townley L. (2021). Digital water – Operational digital twins in the urban water sector: case studies, International Water Association, London, UK.

van der Meulen R. (2018). Edge computing promises near real-time insights and facilitates localized actions. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders/> (accessed 18 maj 2021).

Williams T. J. (1994). The purdue enterprise reference architecture. Computers in Industry 24(2-3), 141-158.

Wise IT (n.d.). Data scientist. <https://www.wiseit.se/yrkesguide/data-scientist/> (accessed 6 maj 2021).

Inspirationskatalog

Goda exempel på digitalisering

1. LakeIT – om att tillgängliggöra data och smarta analyser
2. Beslutsstödsystem för planering av dricksvattenproduktion
3. DOS-modell, AI-stödd dosering av fällningskemikalier på dricksvattenverk
4. Digitala stöd för läcksökning
5. Rätt åtgärd på rätt plats och vid rätt tillfälle. Nu och i framtiden
6. Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk
7. TwinPlant – digital tvilling för avloppsreningsverk
8. Ordning i RörANN –proaktivt underhåll av dricksvattenledningar
9. Modellprediktering av badvattenkvalitet efter nederbörd
10. Exempel på nya möjligheter med befintliga data

1 LakeIT – om att tillgängliggöra data och smarta analyser

På många sätt går det att se data som mat för en VA-organisation. På NSVA försöker vi bygga det perfekta köket. Vi har ett tillflöde av olika råvaror som måste hålla god kvalitet, det finns en kock som tillagar kreationer, det finns serveringspersonal, hovmästare samt kunder som har olika krav på kvalitet, kostnader och trygghet. En kund önskar en specialanpassad rätt som består till största delen av råvaran – likväl vill kunden att råvaran ska vara kvalitetsgranskad av köket. Andra kunder har ett stort intresse av gastronomi där råvarorna bearbetas till perfektion och serveras i helt annan form än när de kom in i restaurangköket.

Författare: Ingemar Clementson, NSVA

Viktigaste fördelarna

- Tillgängliggöra data för organisationen
- Samköra data från olika system
- Renodla driftssystem för ökad säkerhet
- Industrialisera analyser
- Kvalitetsgranska data
- Skapandet av en plattform för framtidens AI-tekniker
- Etiam placerat sem eget interdum imperdiet

Bakgrund

Ovanstående är kanske en märklig ingress till en text om datahantering men i grund och botten vill en modern VA-organisation kunna behandla ett stort antal råvaror, kvalitetsgranska, tillaga och servera dessa på ett så smakligt och prisvärt sätt som möjligt.

NSVA har en stor mängd data som används dagligen. Data har historiskt hanterats i många olika system som har kompletterats med fler nya system efterhand. Detta har gjort att sammanställningar och en överblick blir komplicerad och kräver mycket manuell handpåläggning. Det har också inneburit problem vid implementering av nya tekniker. Hur mycket intelligens och analyser får vi lägga in i drift och övervakningssystem? Hur många personer ska ha tillgång till den högst skyddsklassade informationen? Hur många anställda nyttjar data? Och hur påverkar driftsdata de långsiktiga besluten gällande utredning och investering?

En viktig frågeställning för oss har också varit hur vi, i så stor utsträckning som möjligt, ska förbereda oss inför framtidens tekniker. Till stor del finns idag effektiva och starka maskininlärningsalgoritmer, chansen är stor att du läser detta på någon form av teknisk utrustning som nyttjar dessa tekniker. För att VA-branschen ska kunna nyttja dessa tekniker fullt ut har ett behov blivit tydligt: vi måste samla och standardisera data för att kunna jobba med business intelligens på riktigt.

Beskrivning av digital applikation

LakeIT drivs i grund och botten via ett datawarehouse. Ett datawarehouse är i sig självt ingen revolutionerande teknik, de används i många olika sammanhang runtomkring oss. Då vi inom överskådlig framtid inte ser någon möjlighet att fullt ut använda ett system för hela organisationen har vi valt att organisera oss på sådant sätt att vi har kvar ett stort antal system men möjliggör för automatiserade analyser samt för datadistribution. På så sätt kan vi jobba aktivt med säkerhet och redundans inom driftssystem samtidigt som vi kan skräddarsy lösningar som levererar data.

I korthet går det att beskriva processen som att vi, till en central lagringsenhet, ansluter våra viktigaste källsystem. Data kopieras, tvättas, bearbetas och aggregeras till en sådan nivå att vi får bra data med jämförbara tidsintervall. Därefter kan vi, via script eller via programvaror, göra sammanslagningar av olika typer av data samt genomföra analyser. Därefter skickas data och analysresultat vidare till en visualiseringsportal där användare snabbt och smidigt kan skapa kartor, nyckeltal samt automatiserade rapporter tillgängliga för våra medarbetare.

För att illustrera nyttan presenteras ett praktiskt exempel:

Efter ett nederbördsrikt dygn har ett flertal pumpstationer levererat larm i driftssystemet. Under natten sker analyser och databearbetning i LakeIT. En driftstekniker kan, innan ankomst till jobbat, därmed få en kartöversikt över var det är lämpligast att påbörja insatser och var man bör åka därefter. Samtidigt har det genererats automatiska bräddrapporter som kan skickas in till länsstyrelsen för en snabb och transparent rapportering. Utöver detta har adekvata nyckeltal för de senaste dygnet genererats vilka visar på en stor ökning av tillskottsvatten i en region. Planering för att hitta ett eventuellt rörbrott påbörjas omgående. Genom att jämföra elförbrukning med uppmätta nivåer noteras också märkligheter i en större pumpstation. Vid inspektion på plats upptäcks att en pump i serien ej fungerar. Reparation påbörjas, det är bråttom då prognossystemen visar på stora flödemängder inom de kommande dygnet.

Ovanstående är en vision men att arbeta med datahantering kräver både en verklighet och en vision.

Erfarenheter från implementation och drift

I likhet med många andra projekt har vi under implementeringen av LakeIT genomfört en inventeringsprocess. Data som vi trodde oss ha full koll på visade sig innehålla fel, hanteras på fel sätt eller helt enkelt vara redundant. Vi har också insett värdet av kompetent IT-personal och vikten av att dessa har ordning och reda.

Vi har också märkt av att intresset från våra kollegor är stort. Många vill vara med och driva utvecklingen framåt och ser projektet som en möjlighet att ta del av många av de fantastiska tekniker som finns tillgängliga idag. Vi har också insett vikten av att involvera våra medarbetare. Digitaliseringen är en process som kräver en organisationsförändring. Ska medarbetare arbeta mer med digitala verktyg gäller det att visa på en nytta för den enskilda medarbetaren.

En insikt vi också har fått under projektets gång är att vi nog aldrig blir hundra procent färdiga. Datahantering och integration av IoT-anordningar kommer att bli större och viktigare för oss framöver. Vi kommer framöver behöva utveckla vår kompetens inom dataanalys, IT och systemförvaltning, något som blir extra viktigt när vi i framtiden kommer att få in data från tusentals IoT sensorer.

Effekt mål och resultat

Inom projektet har vi visat att en integration av olika typer av förvaltningssystem är rimlig att genomföra. Vi har också testat möjligheten att använda oss av olika typer av maskininlärningsalgoritmer i större skala. Slutsatsen från detta är att teknikerna

fungerar men att den stora nyttan kommer erhållas om vi får möjlighet att använda oss av molnlösningar. Kostnaden kommer då reduceras drastiskt och potentialen att använda flera olika tekniker kommer öka explosionsartat.

I dagsläget är inte projektet klart. Vi har centraliserat datahanteringen och påbörjat processen med hur vi ska visa och kommunicera data samt analysresultat på bästa möjliga sätt. Vi arbetar också intensivt med hur NSVA på ett så smidigt sätt som möjligt ska kunna ansluta data från nya externa system såsom väderradar och meteorologiska prognoser. Här krävs arbete inom plattformstänk och integration mot olika typer av datasystem. Inom kort kommer vi att bygga på fler komponenter till LakeIT båda gällande indata, datahantering, visualisering och smarta analyser.

LakeIT är för oss en språngbräda in i digitaliseringens tidevarv. Vi ser med spänning fram emot dialog med våra branschkollegor kring gemensamma lärdomar och erfarenheter som förhoppningsvis kan komma oss alla till nytta.

2 Beslutsstödsystem för planering av dricksvattenproduktion

I ett förändrat klimat kan produktionen av säkert dricksvatten bli en utmanande uppgift. Att kombinera hydrologiska, geohydrologiska och massbalansmodeller i ett ramverk och integrera det med SCADA-system innebär att en mer hållbar och motståndskraftig dricksvattenproduktion kan ske. Det framtagna beslutsstödsystemet ger en rekommendation om råvattenuttag som uppfyller kriterierna för kvalitet, tillgänglighet och hållbarhet baserat på de utvecklade modellerna.

Författare: Magnus Rahmberg, IVL Svenska Miljöinstitutet

Viktigaste fördelarna

- Underlättar när produktionen behöver klara av en anpassning till nya yttre villkor
- Möjliggör tester av olika scenior och hur dessa påverkar råvattentäkten.
- Samlar all information på ett ställe.

Bakgrund

Alla råvattenkällor har naturliga svängningar. Utmaningen ett vattenverk har är att kunna anpassa produktionen efter dessa. I ett kort perspektiv handlar det om att justera i realtid på ändrat innehåll i inkommande vatten och ur ett längre perspektiv att planera för kommande förändringar i klimatet med intensivare och förändrad nederbörd samt varmare temperaturer. För en operatör på vattenverket blir det många signaler att ta in och många modeller att beräkna om detta ska göras på bästa sätt. Därför har vi arbetat med framtagande av modeller för råvattentäkterna, automation och processintegration, för att ge operatören begriplig information att använda för driften av vattenverket. Vi har utfört test och implementation av beslutstödet vid Rökebo dricksvattenverk i Sandvikens kommun. Rökebo utnyttjar både ytwater från sjön Öjaren samt grundvatten som råvatten.

Beskrivning av digital applikation

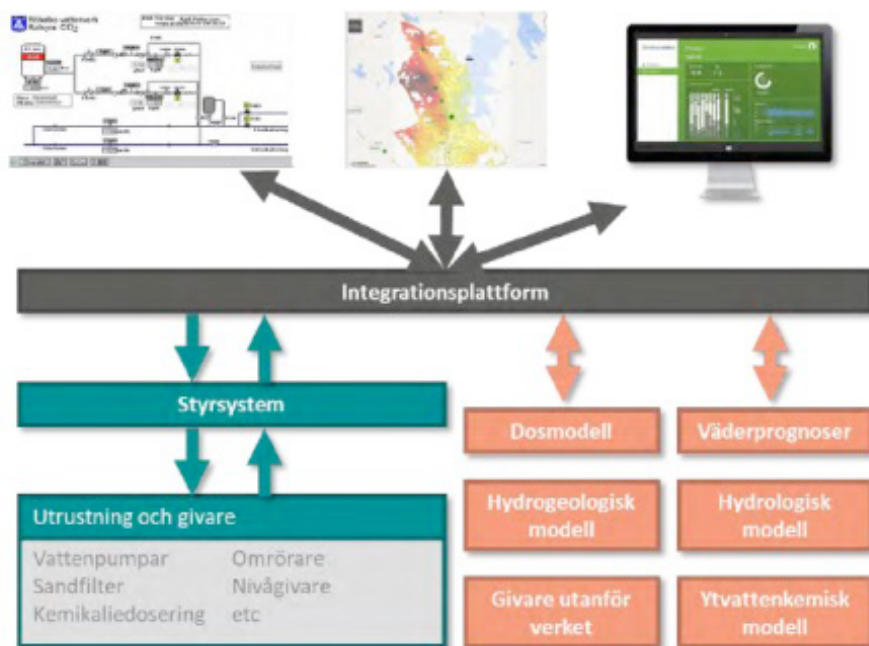
För att inte landa i en situation där man måste klicka sig runt bland många olika program och dessutom behöva lägga samman informationen från dem manuellt, har vi tagit fram en prototyp för en integrationsplattform. Den har byggts i Genesis64 från Iconics. Det är en mjukvara som arbetar ovanför befintliga styrsystem, PLC:er och signalgivare. Genesis64 bildar ett lager ovanför befintlig mjukvara dit alla datakällor kan integreras, bland annat processignaler (från alla kommunens VA-anläggningar), databaser, web-tjänster eller modeller som vi utvecklat i detta projekt.

Erfarenheter från implementation och drift

Beslutsstödsystemet har implementerats i en testmiljö, en så kallad virtuell maskin. Alla funktioner i de utvecklade modellerna har körts och levererar indata som ligger till grund för de beslut som ska tas. Vid skarp drift i en produktionsmiljö är i princip allt förberett men viss anpassning behövs innan en full integration är möjlig.

Effektmål och resultat

En av grundförutsättningarna för att hantera förändring är att ha bättre kontroll på råvattentillgången, idag och i framtiden. Att flytta perspektivet, från vattenverkets intagspunkt till att omfatta hela tillrinningsområdet, möjliggör detta. Processen blir genast mer komplex i och med detta, men genom moderna sensorer som kommunicerar realtidsdata och modeller som kan beräkna prognoser blir det görbart. Givet det klimatscenario som använts för beräkningarna, antas årsmedeltillrinningen till sjön Öjaren att öka med 15 % och grundvattenbildningen med 13 %. Mängderna kommer därmed inte vara något problem givet dagens uttag. Kvaliteten på sjövattnet, och i och med detta också det inducerade grundvattnet, kommer att bli sämre sett ur ett dricksvattenperspektiv.



Schematisk bild över ingående komponenter i beslutsstödsystemet.

Läs vidare här. IVL rapport B2389. Dricksvattenproduktion när spelreglerna ändras. -Digitalisering och automation som hjälp för klimatanpassning. <https://www.ivl.se/download/18.4c0101451756082fbad7b/1603698658804/B2389.pdf>

3 DOS-modell, AI-stödd dosering av fällningskemikalier på dricksvattenverk

Ett modellbaserat beslutstöd för dosering av fällningskemikalie har utvecklats och implementerats på ett antal olika dricksvattenverk. Med hjälp av befintliga sensorer på inkommande råvatten som kompletteras med ett instrument för mätning av UV-absorbans har en AI-algoritm tagits fram som beräknar dosen av fällningskemikalie. Efter implementation reducerades variansen med en faktor tre på det utgående UV-absorbansen.

Författare: Magnus Rahmberg, IVL Svenska Miljöinstitutet

Bakgrund

Vid rening av ytvatten sker det en tillsats av fällningskemikalie för att fälla ut humusämnen och partiklar ur råvattnet. Dosering av fällningskemikalie på inkommande råvatten kan ske på ett antal olika sätt, det kan till exempel vara flödesproportionell dosering eller att driftpersonal ändrar dosering manuellt.

Ett modellbaserat beslutstöd för dosering av fällningskemikalie har utvecklats och implementerats på fyra dricksvattenverk. Produktionsvolym på de studerade vattenverken varierar mellan 2 000 - 600 000 personekvivalenter. För en mindre anläggning var enklare instrumentering en förutsättning så det medför att beslutstödet måste kunna hantera olika nivåer av instrumentering.

Målet med beslutstödet är att kunna reagera snabbare på förändringar i råvatensammansättning och därigenom minimera kvalitetsvariationerna i det utgående dricksvattnet.

Beskrivning av digital applikation

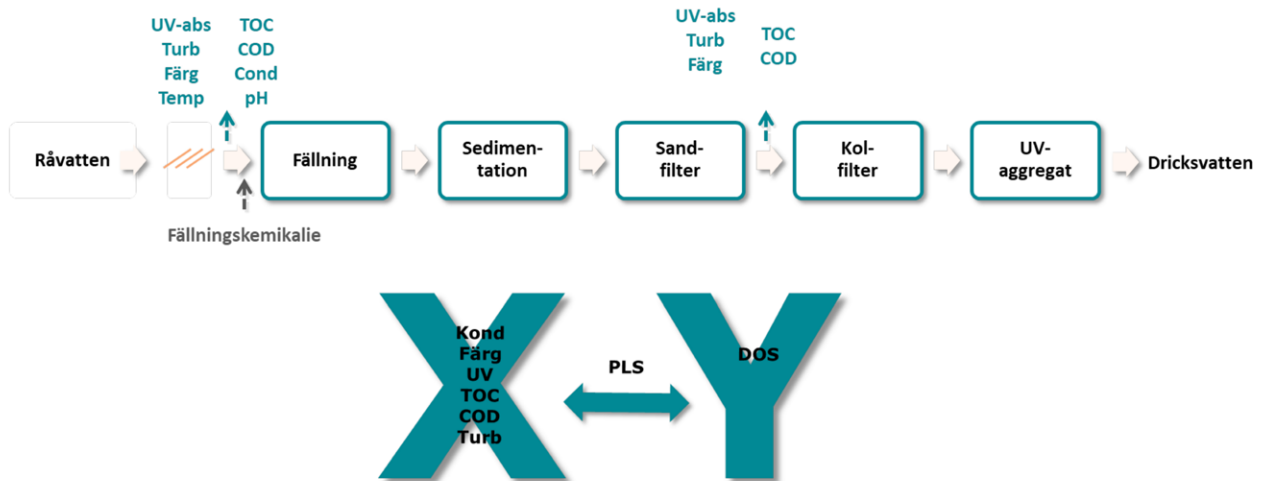
Doseringsrekommendationen baseras på en modell (AI-algoritm) som efterliknar operatörernas manuella dosering av fällningskemikalie. Modellen använder historiska data för uppmätta variabler för inkommande vattenkvalitet och historiska data för manuell operatörsdosering för att förutsäga den optimala dosen. Modellen bygger enbart på sammansättningen av råvattnet som beskrivs i termer av en kombination av värden för UV-absorbans, färg, COD, TOC, pH och konduktivitet och används för att förutsäga dosen från observerad dosering.

Erfarenheter från implementation och drift

Den första modellen introducerades i februari 2015. Eftersom modellen var preliminär lades det också till möjligheten för operatören att manuellt lägga till/subtrahera en offsetdos i steg om 1 [mg/l]. Den manuella korrigeringen ersattes senare av en återkoppling från UV-absorbansen efter sandfiltret. Efter att ha testat den rekommenderade dosen under en period till dess att driftpersonalen litade på det föreslagna doseringsmängden implementerades den till att automatiskt styra doseringen.

Effektmål och resultat

Variationen i kvaliteten på det utgående dricksvattnet minskade efter att modellen implementerades och samtidigt bibehölls kemikalieförbrukningen. Detta visade sig genom en 75 % minskning av variationen av UV-absorbansen på utgående vatten efter sandfiltret. Kvaliteten på dricksvattnet ökade därmed också.



Blockschema som beskriver vilka parametrar som har används och vart i reningsprocessen de har mätts.

Läs vidare här: Nilsson S., Hallgren F. 2015 Quicker response to quality changes in incoming water with decision support for coagulant dosage at Görväln drinking water plant. *Journal of Water Management and Research*. 71, 183–190.

4 Digitala stöd för läcksökning

Vattenförlusterna i Sverige uppgår till ungefär 20 % och en majoritet av förlusterna är på grund av vattenläckor. Digitaliseringen möjliggör för VA-organisationers att effektivisera arbete med att hitta vattenläckor och åtgärda dessa.

Författare: Simon Granath, VA Syd

Bakgrund

Att som VA-organisation arbeta med att upptäcka vattenläckor kan ofta vara en vinstaffär. Det vatten som läcker ut har kostat betydande summor pengar i produktion och distribution. Att upptäcka en läcka i ett tidigt skede så att den kan lagas under kontrollerade former innebär också många fördelar. Att laga akuta läckor bryter upp arbetslagens planering och ofta kommer de på olämpliga tidpunkter så att jourpersonal behöver kallas in.

Ett tydligt exempel på fördelarna att arbeta proaktivt med läcksökning och kunna laga dem innan de blir akuta har kunnat påvisas hos VA SYD. I februari 2020 inträffade i centrala Malmö en akut vattenläcka och med hjälp av intern personal och konsulter kalkylerades den totala kostnaden, inklusive samhällskostnaderna. I det fallet var vattenläckan på ett busstråk vilket på vardagarna påverkade 22 000 resenärer per dag. VA SYDs utgifter uppgick till 1 790 000 SEK plus en andra återställning 2 år senare på 700 000 kr. Räknas där emot samhällskostnader in beräknas läckan totalt ha kostat 13,3 miljoner kr.

Förutom miljömässig vinning kan det alltså finnas stora ekonomiska incitament för kommuner att arbeta proaktivt med att hitta vattenläckor.

Beskrivning av digitala applikationer

Läcksökning med satellit

Flera skandinaviska kommuner har senaste åren testat olika metoder för att upptäcka vattenläckor mer hjälp av satelliter.

Det största företaget verksamma inom området är det israeliska bolaget Utilis, som köper in data från en SAR (Syntetisk aperturradar) placerad på en japansk satellit. Med hjälp av dataanalys kan de inte bara upptäcka om det finns vatten under markytan (ned till ca. 2m), utan även vad för vatten. Detta sker genom att analysera konduktiviteten då dricksvatten generellt sett har helt annan konduktivitet än grundvatten eller ytvatten. Resultatet från Utilis fås i form av kartbilder med cirklar med 200 meter diameter där läckan misstänks vara och metoden ska fungera både i stadsmiljö och på landsbygd.

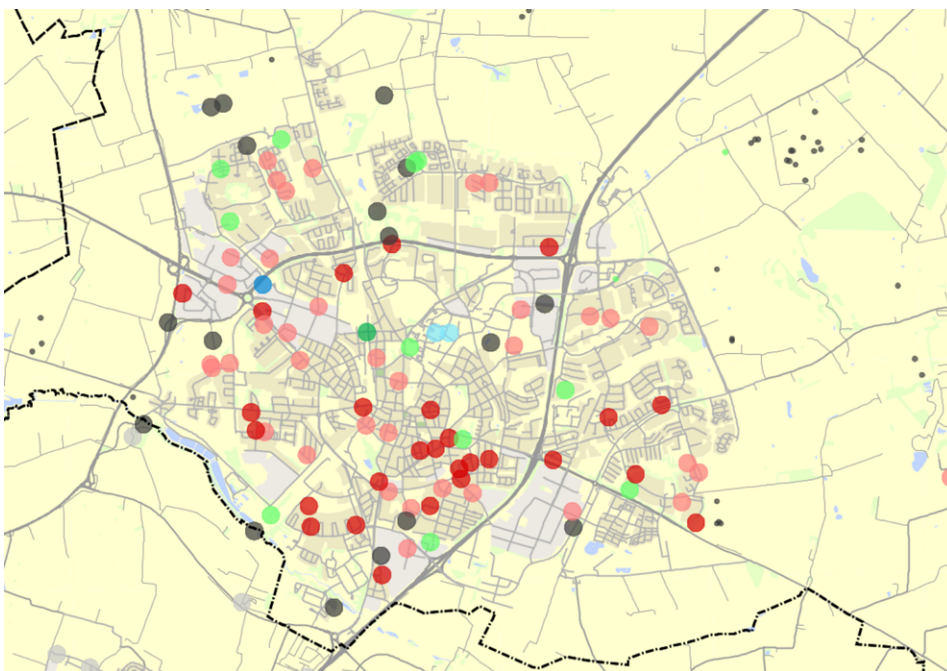
Metoden testades av 6 olika VA-organisationer i västra Skåne under 2020. VA SYD var en av de organisationer som testade metoden och under 4 veckors fältarbete kunde 66 läckor upptäckas på 175 genomsökta punkter som Utilis levererat. Där emot fanns inte alla inom 200 meters cirkeln, det gjorde endast 58 % av läckorna. Resterande hittades mellan 5 och 300 meter utanför cirkeln. Ur en ekonomisk synvinkel var det ett lyckat projekt för VA SYD, efter 4 månader beräknades kostnaderna för metoden vara intjänade genom minskade driftskostnader.

I efterföljande analyser var det där emot svårt för VA SYD att statistiskt bevisa om metoden lämpar sig för svenska förhållanden eller ej. Företaget har i andra internationella projekt mycket högre träffsäkerhet.

Utöver Utilis har även det svenska bolaget Metria länge använt radarbilder för att mäta markfuktighet och använder EU:s satellit Sentinel-1. Styrkan på radarn är svagare

än den Utilis använder vilket gör att metoden endast lämpar sig för analys utanför tätbebyggda samhällen. De svarar även bara på om det finns vatten under markytan, inte vad för vatten. Till skillnad från Utilis som endast analyser en ögonblicksmätning, analyserar Metria flera radarbilder för att upptäcka trender över tid i markfuktigheten. VA SYD och Sydsvatten har testat metoden utan framgång men de har fortfarande förhoppningar om att den ska kunna användas i framtiden.

Ett annat exempel på hur satellitdata kan användas är det brittiska företaget Rezatec. De använder sig primärt av spatial dataanalys och tittar efter trender och mönster genom satellitdata. Till exempel kan de se hur marknivåerna förändras över tid där en sättning kan indikera att där finns en vattenläcka. Genom att analysera bilder kan de även se om växtligheten är grönare på specifika punkter än andra och en potentiell källa till ökad tillgång till vatten än närliggande växter kan vara en vattenläcka.

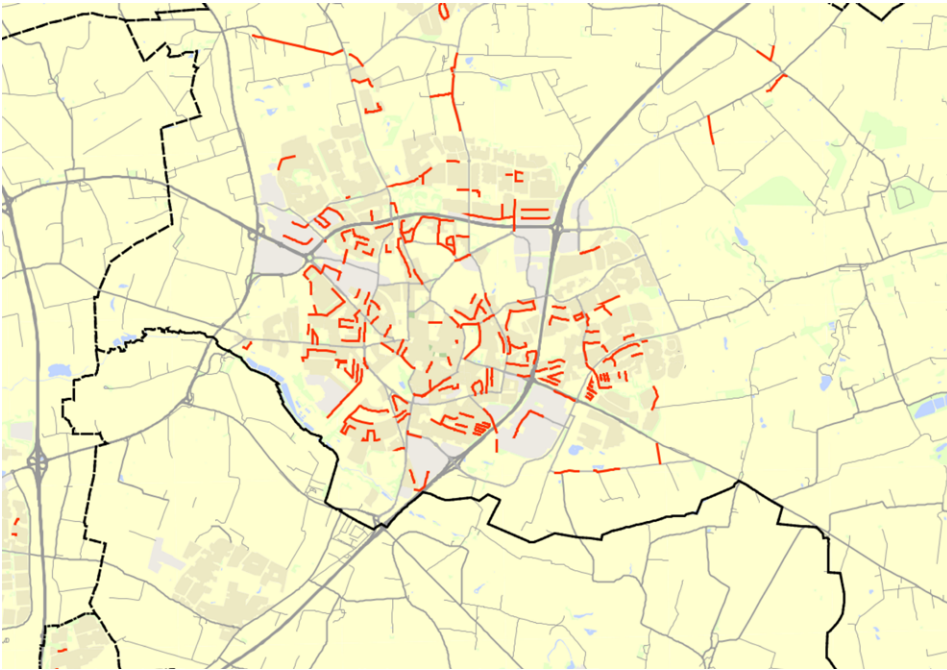


Punkter för misstänkta läckor från Utilis importerade i VA SYDs GIS-system. Färgsättning som avgör prioritering (metallrör eller plaströr samt om det historiskt varit läckor inom området eller ej)

RörANN

ANN-modellen som ursprungligen utvecklats vid Stockholm Vatten och Avfall är ett mycket bra underlag att använda sig av i prioritering av områden där läcksökning ska ske. ANN-applikationen finns tillgänglig för svenska VA-organisationer via Svenskt Vattens VASS-portal. Se vidare beskrivning av RörANN i exempel nr. 8.

VA SYD har under början av 2021 börjat prioritera den aktiva läcksökningen till områden där stor del av vattenledningarna har risk på >0.9 (max 1.0). Sedan underlaget började användas har genomsnittsvärdet för hittade läckor per månad dubblats.



Exempel på hur det kan se ut när högriskledningarna för att vattenläckor ska uppstå läggs in i GIS-system som läcksökare kan använda som underlag.

Mjukvaruprogram för läckagedetektering

Det finns idag många olika program på marknaden för att analysera data från flödesmätare på anläggningar och ledningsnätet för att få larm om potentiella vattenläckor. Det vanligaste är fortfarande att använda sig av sitt SCADA-system för att sätta upp olika larmgränser där man oftast fokuserar på att analysera nattflöden till tryckzoner eller mätzoner.

Senaste åren har det kommit flera olika mjukvarusystem specialiserade på att just hitta vattenläckor vilka använder sig av mer avancerad dataanalys. Maskininlärning används ofta för att beräkna vad flödet borde vara och jämför det mot uppmätt värde, vilket gör att man under dygnets alla timmar kan få larm om vattenläckor med god precision.

Ett gott exempel på ett mer avancerat system är Siemens SIWA LeakPlus powered by Buntplanet som använder artificiell intelligens tillsammans med hydrauliska modeller. Detta möjliggör att man kan skapa "virtuella mätzoner" som i korta drag innebär att VA-organisationer markant skulle kunna minska antalet flödesmätare som installeras då modellen gör att alla zoner inte behöver avgränsas med fysiska mätare. Om läckan är tillräckligt stor kan systemet lokalisera läckan ned till gatunivå vilket effektiviserar läcksökningsarbetet markant. Installation av systemet har skett hos VA SYD och genom att simulera läckor (öppna brandposter) kunde läckor ned till 0,5 l/s upptäckas. Konceptet med virtuella mätzoner ledde även till att VA SYD i test-samhället kunde få 7 olika mätzoner genom att installera 2 flödesmätare. Bara där sparas mycket pengar eftersom en fysisk installation av flödesmätare på ledningsnätet beräknas kosta drygt 250 000 kr på VA SYD.

Digitala vattenmätare

Allt fler VA-organisationer går nu över till att installera digitala vattenmätare med fjärravläsning hos kunder. Detta innebär många fördelar, inte minst för läcksökningsarbetet. Genom att jämföra mätdata för hur mycket vatten som går in i ett område mot hur mycket vatten som gått till slutkonsument, får man svart på vitt hur mycket vattenförluster som finns. En sådan analys sker ofta i samma mjukvarusystem som nämnt ovan.

Det har även lanserats en digital vattenmätare från Kamstrup med en funktion som ”lyssnar” på ledningsnätet. Det möjliggör upptäckande av vattenläckor på servisledningarna och ibland även kommunens ledningar. Många svenska kommuner har börjat använda mätaren med mycket bra resultat och det har effektiviserat deras läcksökningsarbete markant. Mätaren är påtagligt dyrare än flera konkurrenter på marknaden men det skulle kunna räknas hem genom minskad arbetsinsats på andra områden.

Läckaloggrar

Ett proaktivt sätt att tidigt upptäcka vattenläckor är att placera ut läckaloggrar på strategiska punkter (t.ex. på viktiga ledningar, ledningar som har förhöjd sannolikhet för läckor, ledningar till samhällskritisk verksamhet, ledningar under väg / järnvägs-knutpunkter med risk för stor samhällspåverkan). Genom att upptäcka läckor medan de är små på viktiga platser kan samhällskonsekvenserna minska markant. Det är sensorer som oftast mäter ljudnivå och frekvens och med leverantörens digitala stöd kunna korrelera var vattenläckan är och larma. Det har kommit flera nya sensorer som använder sig av IoT-teknik (bl.a. LoRaWAN och NB-IoT) som möjliggör långa batterilivslängder.

5 Rätt åtgärd på rätt plats och vid rätt tillfälle – nu och i framtiden

Oavsett om fokus är ledningsnät, reningsverk eller strategisk planering, har beslutsstödsystemet Future City Flow ett klart mål: att minska utsläpp av orenat vatten i miljön som följd av tillskottsvatten.

Future City Flow är en lösning som kombinerar data från SCADA och GIS med tillförlitliga väderprognoser och modeller, ett lättanvänt verktyg för att:

- styra infrastruktur optimalt i realtid utifrån väderanpassade styrstrategier baserat på förväntat belastning.
- planera hur och var pengar ska investeras för att med störst effekt minska konsekvenserna av tillskottsvatten.

Författare: Dennis Jursic Wanninger, DHI

Viktigaste fördelarna

- Få insikt i tillskottsvatten och vilka åtgärder som lämpar sig bäst här och nu, och i framtiden.
- Jobba strukturerat med tillskottsvatten och skapa ett beslutsunderlag som alla aktörer kan samlas runt.
- Förbered dina anläggningar i realtid för kommande belastning, och undvik översvämningar, bräddningar och förbiledning.

Bakgrund

Trollhättan Energi AB valde i 2017 att påbörja etableringen av Future City Flow Planering. Bakgrunden var att Trollhättan Energi AB hade erhållit krav från tillsynsmyndighet att andelen tillskottsvatten av det totala inkommande flödet till avloppsreningsverket inte fick överstiga 60 % från och med år 2023. Därutöver skulle Trollhättan Energi, som en uppföljning av deras 10-årsplan för sanering av tillskottsvatten, årligen redovisa en uppdaterad åtgärdsplan samt uppföljning av tidigare plan till tillsynsmyndigheten.

Trollhättan har en hög andel tillskottsvatten som huvudsakligen kan härledas dels från kombinerat ledningsnät och dels från felkopplat dagvatten och dränering som hamnar i spillvattenledningar. Även stadens lokalisering förvärrar problemet då årsnederbörden är större än riksgenomsnittet och jordarterna är generellt täta vilket minskar infiltration. En jämförelse med andra svenska städers tillskottsvattenarbete visar att Trollhättan följt nationella riktlinjer för hur tillskottsvattenarbete bör organiseras, samt också att Trollhättan nått förhållandevis god effekt av de åtgärder som genomförts i jämförelse med likvärdiga kommuner i Sverige. Genom riktade åtgärder har bräddad avloppsvolym i Trollhättan sjunkit med 90 % de sista 10 åren och ligger idag på ca. 2 % av den totala avloppsvolymer ett normalår.

Beskrivning av digital applikation

Future City Flow-plattformen är utformad så att aktörer med olika kompetensområden och intressen enkelt ska kunna fatta samhällskritiska beslut. Det var ett krav från projektets början, att plattformen skulle tillgodose de aktörer som har djup insikt i VA-frågor samt de aktörer som på en överordnad nivå vill förstå konsekvenserna av olika situationer.

Det webbaserade gränssnittet erbjuder tre olika vyer: Historiskt (analys) – Realtid (operativ styrning) – Framtid (strategisk planering).

Navet i Future City Flow är en karta, där information om varje delavrinningsområde finns lätt tillgängligt.

- I realtidsdelen av plattformen varnas användaren via en karta i realtid där de områden/punkter som kommer att belastas vid ett kommande regn markeras. Sedan kan användaren lätt få en översikt över den kommande belastningen, och hur belastningen skulle kunna se ut om man använder de av systemet föreslagna väderanpassade styrstrategierna.
- I planeringsdelen är det också kartan som står i centrum, där de olika delavrinningsområden klassificeras utifrån vilket nyckeltal man som användare fokuserar på. Sedan föreslår Future City Flow vilka åtgärder som lämpar sig bäst för att adressera det problem man vill förebygga. Allt presenteras i ett överskådligt kostnads- / nytto-diagram, där alla användare direkt kan se effekterna av valda åtgärder, samt simulera egna scenarion direkt med omedelbar konsekvensberäkning och presentation av resultatet.

Erfarenheter från implementation och drift

Trollhättan Energi AB har jobbat i enlighet med Svenskt Vattens rekommendation för åtgärder avseende bräddningar och tillskottsvatten. Det saknades dock en möjlighet att visa på dessa åtgärders effekt.

En stor del av arbetet i samband med etableringen av Future City Flow lades därför på att lägga in historiska åtgärder för att kunna visa på deras effekt, samt underlag för kommande 10 års plan. Det fanns – och finns – en hög ambition hos Trollhättan Energi AB att:

- Få en större förståelse för tillskottsvatten-problematik, snabba / långsamma flöden etc.
- Vilka åtgärder som bör sättas in
- Ge flera personer i verksamheten möjlighet att se data såsom regn, flöden m.m.
- Kunna kommunicera med tillsynsmyndigheten (Länsstyrelsen) ännu bättre

Den implementeringen man valde hos Trollhättan Energi AB baseras på en moln-lösning, där användaren får tillgång till en webb-klient. Ett tidigt beslut om plattform och nära samverkan mellan IT-avdelningarna hos VA-organisationens och leverantören underlättade vid implementationen. Den löpande driften sköts av leverantören, och ingår i den serviceavgift som utgår för den valda versionen.

Effektmål och resultat

För att kunna presentera åtgärdsplan för 10 år samt uppföljning av tidigare plan, valde Trollhättan Energi AB att dela upp etableringen av Future City Flow i två delar:

1. För den första delen av etableringen, valde Trollhättan Energi AB att registrera samtliga åtgärder som hade gjorts inom kommunen för att minska tillskottsvatten. Detta gjorde man för att kunna visualisera och kommunicera effekterna av åtgärderna.
2. Den andra delen av etableringen hade fokus på målvärden i deras affärsplan och hur dessa skulle kunna realiseras på bästa sätt, inom rimlig tid och till lägsta investering:
 - Minskning av direkt regnpåverkan, DRP

Trollhättan Energi AB ska minska den direkta regnpåverkan (DRP) på avloppsreningsverket, genom att koppla bort snabba dagvattenytor.

- Minskning av bräddningar
Trollhättan Energi AB ska minska den totala bräddningen, på ledningsnätet och vid avloppsreningsverket, för att på sikt närma sig minsta möjliga bräddning, i syfte att minska sin miljöpåverkan.

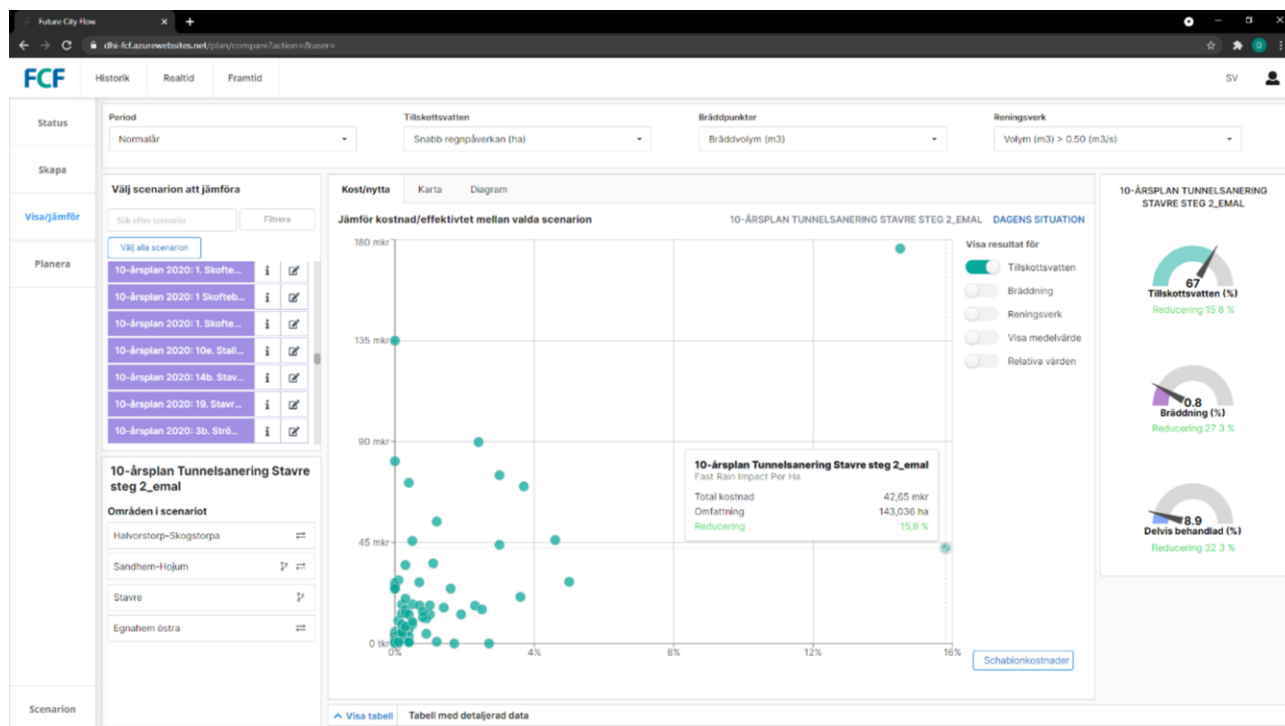
Genom att ha delat in Trollhättan i 30 delavrinningsområden, där information fanns om vilka flödeskomponenter som bidrog mest i det givna området, samt tillgång till ett urval av åtgärdsalternativ med kostnader och effekt på de problem Trollhättan försökte att lösa, kunde applikationen användas för att ta fram ett antal rekommendationer som lades till grund för ny tillståndsansökan:

Rekommendationen från analysen visade att Trollhättan borde fokusera på:

- *Rätta till felkopplingar*
- *Täta spillvattenledningar* i utvalda separerade delavrinningsområden
- *Börja använda tillgänglig volym i avloppstunnelnätet* för tillfällig magasinering
- *Slutföra separering av ej verksamma duplikatsystem* där god kostnadseffektivitet för detta kan påvisas
- Se över möjligheten att *minska förbiledningen* på reningsverket, tex genom att öka kapaciteten för intag och försedimentering.

Utifrån rekommendationerna, simulerade Future City Flow flera hundra olika åtgärds-scenarior, med syfte att identifiera den optimala kombinationen av effekt och pris. Utifrån samtliga åtgärdsscenario, visualiserades resultaten i ett kost/nytto-diagram, där Trollhättan Energi AB sedan valde ut ett antal åtgärder för kommande 10 åren.

Detta kost/nytto-diagram – tillsammans med den föreslagna 10 års planen – skapade förutsättningarna för förenklad kommunikation internt och externt, och förutsättningarna för att ha en kvalificerad dialog kring åtgärdsplaner, budget och effekter.



Kost/Nytta diagram över utförda simuleringar för Trollhättan Energi AB.

6 Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk

Denna text baseras på valda delar ur rapporten: IVL rapport B2399. Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk.

En tidskritisk aspekt vid införandet av nya styrsystem är kontrollera att den nya styrningen är korrekt implementerad. Detta görs idag genom s.k. Factory Acceptance och Site Acceptance Tests (FAT och SAT). Dessa tester är tidskrävande och kan ta månader att genomföra.

I detta projekt visas hur digitala tvillingar kan användas för att göra ett virtuellt acceptance test (VAT) och därmed förbättra och effektivisera driftsättningen av ny processtyrning.

Författare: Erik Lindblom & Oscar Samuelsson, IVL Svenska Miljöinstitutet

Viktigaste fördelarna

- Förenklat användande av komplicerade processmodeller
- Realistisk operatörsträning och intrimning
- Snabbare utvärdering av driftändringar utan risk att störa den verkliga processen.
- Effektivare och säkrare test av programmerad styrning

Bakgrund

VA-kollektivet i Sverige står inför stora investeringar om 2-3 miljarder kronor/år för ny- eller ombyggnationer av reningsverk. I Stockholmsregionen och på Stockholm Vatten och Avfall (SVOA) specifikt byggs avloppsreningsverken för närvarande om i stora och tidspressade projekt.

Kraven på dagens reningsverk ökar; utgående koncentrationer av både traditionella föroreningsparametrar (BOD₇, kväve, fosfor) och nya fokusämnen som läkemedelsrester behöver kontinuerligt hållas allt lägre, miljöpåverkan genom resursförbrukning (t.ex. energi- och kemikalieförbrukning) och växthusgasutsläpp skall minimeras och biogasproduktionen maximeras. För utbyggnationerna är dessutom ofta platsbrist en utmaning vilket i kombination med ovan leder till att mer avancerade reningstekniker, baserade på till exempel biofilms- och membranteknik, ofta behöver användas.

Utmaningarna innebär också att den automatiska processtyrningen blir både mer komplex och allt viktigare för att målen skall kunna nås. En förutsättning för att processtyrningen ska ge önskat resultat är en korrekt implementering och intrimning av de hundratals regulatorer och tusentals signaler som används inom styrsystemet. Vidare förutsätts det att den operativa personalen är väl införstådd med både processens och styrsystemets funktion samt i hur dessa samverkar.

Henriksdals reningsverk i Stockholm byggs om vilket kräver nya styrsystem för den nya reningsprocessen. En tidskritisk aspekt vid införandet av nya styrsystem är kontrollera att den nya styrningen är korrekt implementerad. Detta görs idag genom s.k. factory acceptance och site acceptance tests (förkortas FAT och SAT). Dessa tester är tidskrävande och kan ta månader att genomföra eftersom de i hög grad utförs manuellt

genom att exempelvis utvärdera effekten av ett ändrat signalvärde för var och en av de tusentals signaler och hundratals regulatorer som utgör styrsystemet. Trots det omfattande arbetet är det ändå vanligt att fel upptäcks först efter verklig driftsättning. Detta kan även bero på missförstånd mellan alla aktörer som samverkar under processen att implementera ett styrsystem. Hur själva styrningens processmässiga funktion ska beskrivas i termer av styrsystemskod kan vara svårt att beskriva i text. En ytterligare komplicerande faktor är att intrimning av regulatorerna, vilken är avgörande för önskad funktion, kan göras först efter driftsättning av styrsystemet med den verkliga processen. Kombinationen av möjliga (okända) fel i styrsystemet och intrimning av regulatorer som i sin tur ska styra en ny och för driftpersonal obeprövad process med bibehållen reningsgrad, gör driftsättningsperioden kritisk.

Beskrivning av digital applikation

SVOA har i samarbete med bl.a. IVL under lång tid arbetat med att utveckla dynamiska processmodeller för reningsstegen i de befintliga (Bromma/Henriksdal) och planerade (Stockholms framtida avloppsrening, SFA) avloppsreningsverken, en så kallad digital tvilling. Med modellerna kan i stort sett alla biologiska, kemiska och fysikaliska reningsprocesser beskrivas och både reningsresultat och resursförbrukning kan simuleras. Genom att även modeller för generering av olika scenarier (t.ex. nuvarande och framtida belastning, kraftiga regnhändelser) och modeller över processtyrsystemen (t.ex. luftning, kemikalietillsats, recirkulationspumpning) har utvecklats kan reningsverken som helhet simuleras verklighetstroget och resurseffektiva styrstrategier kan utvecklas.

Det befintliga styrsystemet på SVOA:s avloppsreningsverk är Siemens system SIMATIC PCS 7. För att möjliggöra (1) kommunikation mellan den verkliga styrsystemkoden och processmodellen och (2) snabbare simulering än realtid användes Siemens programvara Simit. Applikationen byggdes upp så att processmodellen i MATLAB®/Simulink® kommunicerar med Simit.

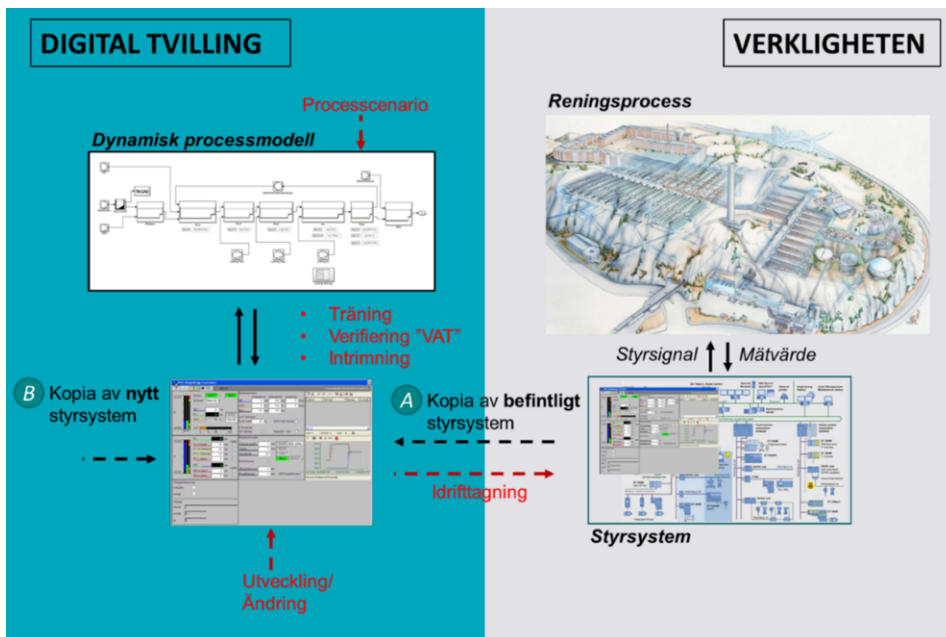
Erfarenheter från implementation och drift

Den fallstudie som implementerats i projekt kan köras utan kända problem. Med processmodellen i MATLAB®/Simulink® kan scenarier med diverse processtörningar och ändringar i inkommande avloppsvatten testas. I det för projektet uppbyggda styrsystemet kan användaren titta på resultat och göra ändringar i inställningar i en miljö som är identisk med den verkliga styrsystemmiljön.

Effektmål och resultat

En digital tvilling finns nu implementerad på en dator inom Stockholm Vatten och Avfalls nätverk. Den kan köras upp till fem gånger snabbare än realtid utan kända problem och följande slutsatser kan dras:

- Det är tekniskt möjligt att skapa en digital tvilling bestående av verklig styrsystemskod och en dynamisk processmodell.
- Den digitala tvillingen kan användas för att:
 - Upptäcka fel i styrsystemet
 - Ta fram realistiska startvärden på regulatorer
 - Säkerställa önskad funktion från styrsystemet vid kritiska driftfall, till exempel att anti-windup fungerar tillfredsställande
- Det simulerade styrsystemet är identiskt med det verkliga vilket gör den digitala tvillingen realistisk och väl lämpad för operatörsträning



Schematisk bild över den digitala tvillingen i projektet. Genom att använda en exakt kopia av styrsystemet och koppla denna med en dynamisk processmodell kan ändringar i styrsystemet utvecklas och testas virtuellt (VAT) innan verkliga driftsättning.

Läs vidare här: IVL rapport B2399. Virtuellt driftsättning av styrsystem på reningsverk <https://www.ivl.se/download/18.72fab6cc1761c7ad2944d5/1607067557765/B2399.pdf>

7 TwinPlant – digital tvilling för avloppsreningsverk

Den digitala applikationen TwinPlant syftar till att, genom en digital plattform som kombinerar data, databearbetning, modellering och beslutsalgoritmer med ett användarvänligt gränssnitt, representera det fysiska reningsverket i en digital tvilling. Den utbyggda plattformen är fullt automatiserad, prognosticerande och intelligent och används för att automatiskt styra och optimera driften av avloppsreningsverket.

Författare: Trine Dalkvist och Jan Krejcik, DHI

Bakgrund

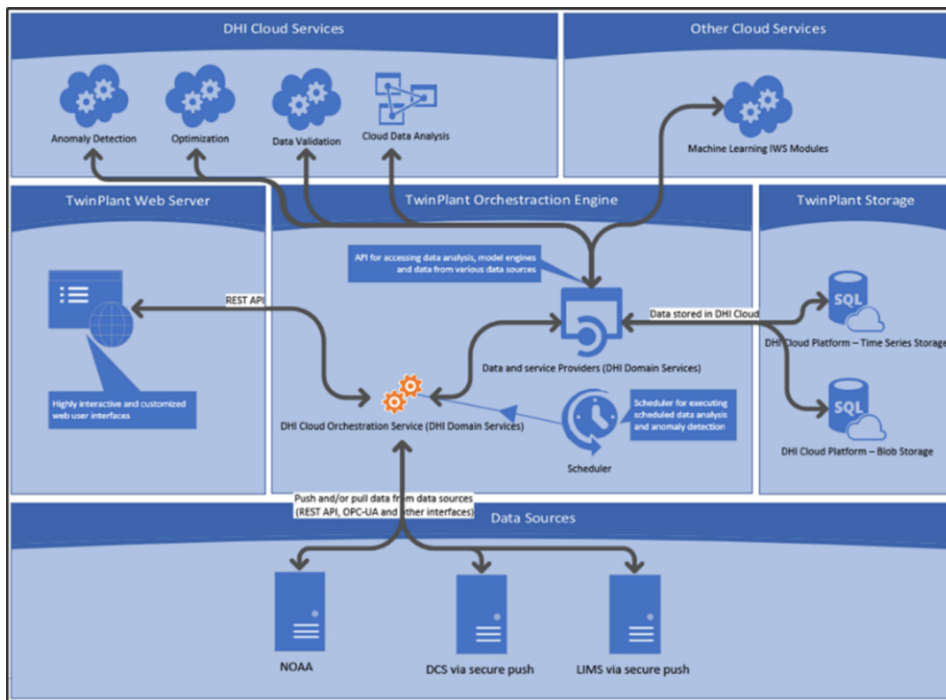
Bakgrunden till applikationen baseras på mångårig erfarenhet av optimering av avloppsreningsverk utifrån energiförbrukning, kemikalieanvändning, resursåterföring med mera. Utformning och processoptimering samt avancerad databearbetning har gjorts sedan lång tid med stöd av applikationer för processmodellering och datahantering kombinerat med processkunskap. Utifrån dessa erfarenheter har DHI tagit steg och byggt ihop de olika tekniska komponenterna som används för optimering in i en realtidsfungerande en digital tvilling för styrning och processautomation.

Beskrivning av digital applikation

TwinPlant-plattformen kombinerar hantering och bearbetning av data, processmodellering, optimering, prognostisering och resultatpresentation samlat i en gemensam plattform.

Utgångspunkten för TwinPlant-plattformen är användning i Microsoft Azure molnmiljö men möjlighet finns att etablera en lokal installation vid behov. TwinPlant har utvecklats genom huvudsaklig användning av följande ingående komponenter:

- DIMS-CORE – datahantering – insamling, assimilering, gapfilling, data validering, etc
- MIKE Cloud – databibliotek
- Domain services (Generella komponenter för exekvering och styrning av interaktioner och arbetsflöden mellan de olika delarna i plattformen)
- WEST – programvara för modellering av processfunktionerna i reningsverket
- Webbaserat användargränssnitt – inloggning, användning och tillgång, daglig styrning och kontroll etc.



Arkitekturen för applikationen.

Erfarenheter från implementation och drift

DHI har i ett pilotprojekt påbörjat implementeringen av en digital tvilling för Egå reningsverk (90 000 PE), Danmark, för att bidra till Aarhus Vands mål att öka återvinningen av resurser och energi och samtidigt minska CO₂-avtrycket.

Följande arbetsmoment ingår i implementeringen av den digitala tvillingen för Egå:

Steg 1 – Prioriterade frågeställningar och värdeskapande

Relevanta måltal och fördelar och värden som förväntas uppnås som till exempel förbättrad kvalitet i utflödet, minskade kostnaderna eller lägre energiförbrukning definieras.

Steg 2 - Data

Inledningsvis fokuseras på datatillgång och kvaliteten på data. Hög kvalitet på data som används som input till TwinPlant är grundläggande för att få tillförlitliga resultat.

För fallstudien Egå saknades exempelvis realtidsdata för totalfosfor (TP) och pålitliga data för organiskt material (COD) och suspenderade ämnen (TSS). I stället har en funktion i WEST-modellen använts för att generera indata – dels för att komplettera och validera befintliga mätdata och dels för att vid brist på data beräkna inflöde och koncentrationer till verket baserat på information om tillrinningsområdet: total yta, andel exploaterad/bebodd yta, antal boende, andel separat ledningsnät etc.

En annan del kring datatillgången är att identifiera sensorer och tillgängliga analyser på verket, samt att utvärdera kvaliteten på dessa data. Målsättningen är att identifiera data med sämre kvalitet eller tillförlitlighet, vad som orsakar detta och hur det skall hanteras.

Från detta steg erhålls en detaljerad översikt av verket för att skapa erforderliga dataflöden från sensorer och provtagningspunkter som krävs av applikationen. Det är önskvärt att data för en längre period (>2 år) och en hög tidsupplösning (1 minut) för realtidsdata utvärderas.

Steg 3 - Dynamisk modell för reningsverket

I nästa steg etableras en dynamisk processmodell över reningsverket med validerade

historiska data och styrstrategier i modelleringsmjukvaran WEST.

Modellen är ett stöd för att identifiera optimala styrstrategier samt konfiguration av och virtuell testning av nya processer jämfört med befintliga förhållanden. Modellen möjliggör utvärdering av olika driftstrategier innan implementering sker i verket. En kostnadsfunktion tillämpas i kombination med funktionsbeskrivningar kring t.ex. energiförbrukning, driftskostnader, reningsgrad, kemikalieanvändning och CO₂-avtryck och för att hitta den mest optimala driftsstrategin utifrån måltal.

Resultatet från detta steg är en processmodell över reningsverket som möjliggör för driftspersonalen att analysera olika frågeställningar såsom att undersöka och identifiera orsaker till luftningsproblem samt testa och utvärdera luftningsstrategier.

Steg 4 – TwinPlant plattformen

I detta steg kopplas data och modell ihop för att automatisera utbytet av datakällor i realtid i applikationen bland annat för automatiserade kalibreringsrutiner av modellen mot mätsensorer för en tillförlitlig överensstämmelse i modellresultaten, prognostisering och slutligen också aktiv styrning av verket baserat på TwinPlants val av styrning.

Effektmål och resultat

Aktuella och identifierade utmaningar för driften för ett specifikt avloppsverk beror på de lokala förutsättningarna kring utformningen av befintligt verk, belastning från ledningsnätet och nederbördsberoende högflodesvariationer.

Målsättningen för implementeringen av TwinPlant är att applikationen tillämpar styrstrategier i realtid genom verklig styrning av verket för en optimerad drift med avseende på de effektmål som formulerats.

Implementering av energi-, resurs- och kostnadseffektiva strategier på VA verksamheten kräver nya integrerade verktyg för att hantera stora mängder data samt simulera reningsverkens drift. Den digitala tvillingen fungerar idealt som ett beslutsstödsystem för den operationella driften av reningsverket och är ett steg mot det självstyrande reningsverket.

8 Ordning i RörANN – proaktivt underhåll av dricksvattenledningar

Vi vill sätta ”glasögon” på ledningsnätägarna så att de tydligare kan se ledningar i dåligt skick. Den ANN-modell (artificiellt neuralt nätverk) som använts och utvärderats i Ordningen i RörANN tar inte fram några nya data, utan nyttjar data som nätägaren redan har samlat in (material, anläggningsår, trycknivåer etc.) eller har tillgång till hos andra aktörer (jordart, trafiklaster, demografi etc.) för att beräkna sannolikheten för rörbrott i varje ledning. Med modellen ger vi VA-huvudmännen ett verktyg till smartare beslutsstöd.

Författare: Johanna Sörensen, Lunds universitet

Viktigaste fördelarna

- Utnyttja existerande data
- Möjliggör sammanvägning av många olika attribut som påverkar risken för läcka eller brott
- Kan vägas ihop med konsekvensbedömning för fullständig riskbedömning

Bakgrund

Idéen med projektet har varit att ta till vara alla de data som VA-huvudmännen redan har tillgång till. Genom att analysera dessa med en typ av AI (artificiell intelligens), vill vi hjälpa dem att prioritera vilka ledningar eller områden av ledningar som ska undersökas vidare genom till exempel läcksökning. I Sverige går cirka 15–20 % av dricksvattnet till spillo genom läckage. Det leder till stora kostnader: för reparation, för avbrott i distributionen, för trafikförseningar vid större ledningsbrott med mera. Dessutom spillas en värdefull resurs i onödan. Projektet Ordningen i RörANN har samlat flera av Sverige mest proaktiva VA-huvudmän för att under två år testa och statistiskt verifiera applikationen på fyra ledningsnät: Malmö/Lund/m.m. genom VA SYD i söder, Umeå genom Vakin i norr, Göteborg genom Kretslopp och vatten i väst och Stockholm genom SVOA i öst. Parallellt har vi tillsammans med Svenskt Vattens VASS AI-projekt arbetat med hur små ledningsägare med ofta sämre datakvalitet kan använda likande AI-teknik. Projektet har letts av LTH med stöd från Sweden Water Research och tekniken har utvärderats av forskare på LTH. Dessutom har ytterligare fem VA-huvudmän och Svenskt Vatten bidragit med kunskap och erfarenheter.

Beskrivning av digital applikation

ANN-modellen (ANN – artificiellt neuronät, en ML-algoritm) bygger på ett tjugotal attribut såsom material, dimension, jordtyp och tryckzon. Genom att mata modellen med denna information, samtidigt som den får reda på vilka ledningar som tidigare haft skador (läckage eller rörbrott), får vi en siffra för varje ledning hur väl den överensstämmer med tidigare skadade ledningar. De ledningar som liknar tidigare skadade ledningar mest får upp mot 1 och de som är väldigt olika får ner mot 0. I projektet har vi sett att de nya skador som uppstått senare, efter att modellen körts, som förväntat oftast uppstår

på ledningar med värden upp mot 1. Vi kan alltså använda modellen till att peka ut vilka ledningar vi bör prioritera i det proaktiva arbetet med ledningsunderhåll. För att göra riskbedömningen komplett bör sannolikhetsbedömningen (värdet från ANN-modellen) vägas ihop med en konsekvensbedömning. Därför har konsekvensbedömning varit en stor del av projektet.

Erfarenheter från implementation och drift

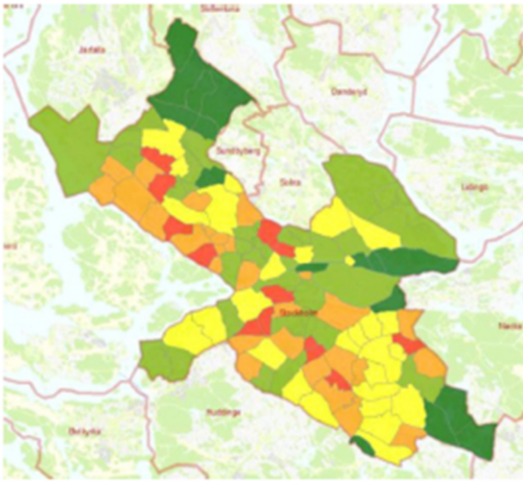
Stockholm Vatten och Avfall (SVOA), där ANN-modellen ursprungligen utarbetades, har kommit relativt långt i sitt arbete med proaktivt ledningsunderhåll. Modellen används i det dagliga arbetet med läcksökning och investeringsplanering. Dessutom håller SVOA på att utveckla sin modell för konsekvensbedömning. I Umeå avses ANN-modellen användas till förebyggande underhåll och som underlag till förnyelseplanering. Vindeln, vars ledningar sköts av VAKIN liksom i Umeå, har för dålig datakvalitet för att kunna träna ANN-modellen direkt på data från Vindeln. Därför tränas modellen på data från Umeå och appliceras på Vindelns ledningar i stället. VA SYD har testat flera digitala verktyg parallellt och använder i nuläget ANN-modellen som underlag för att planera arbetet för sitt läcksökningsteam och som en del i att identifiera vilka ledningssträckor som är intressanta att undersöka vidare i förnyelsearbetet. Modellen har även körts på data från Göteborg. Miljö- och Vatten i Örnsköldsvik AB (Miva) planerar att köra modellen inom närmaste åren. De har parallellt med Ordning i RörANN deltagit som piloter i systerprojektet VASS AI. Även MSVA har testat VASS AI-modellen och de ser ett stort behov av denna typ av verktyg. Därför följer de utvecklingen och arbetar med sina data för att kunna använda denna typ av modell skarpt i en nära framtid. Uppsala vatten har följt projektet och planerar att göra en samlad riskbedömning av sina större vattenledningar framöver. Dessutom har NSVA, och Ängelholm följt projektet. Prediktioner från ANN-modellen och VASS AI används med andra ord som prioriteringsverktyg i arbetet med strategisk förnyelse runtom i Sverige.

Effektmål och resultat

Detta projekt kick-startar arbetet med AI för ledningsunderhåll i VA-branschen. Ett viktigt resultat av projektet har varit att se att ANN-modellen ger ett vettigt resultat. Det har vi sett genom statistisk analys av nyinkomna rapporter om läckor och ledningsbrott, vilka väl följer en binomialfördelning (dvs den statistiska fördelningen för *ja* eller *nej*, eller som i detta fall *läcka* eller *inte läcka*).

Tekniken kommer att ge bra förutsättningar för att kunna hitta de ledningar som har störst risk för olika negativa händelser. När risken är känd kan både kontinuerligt underhåll och planering av investeringar göras mer effektivt. Förhoppningen är att investeringarna i slutänden kan vara mer effektiva än 1:1, det vill säga att en investering medför att flera problem (läckor) löses vid samma tillfälle och därmed undviks i framtiden.

Inom kort publiceras en längre artikel om projektet i Tidskriften VATTEN. Håll utkik där!



Exempel på visualisering av resultat från ANN-modellen. Sannolikhet för läcka eller ledningsbrott ledningsvis (till vänster) och områdesvis (till höger). Sannolikheten indikeras med färg där röd visar högre sannolikhet och grön visar lägre sannolikhet.

9 Modellprediktering av badvattenkvalitet efter nederbörd

Stranden Beauport Bay Beach i Quebec, Kanada hade inte hållits öppen för bad i över 50 års tid på grund utav otillräcklig badvattenkvalitet. Under denna period investerades närmare en halv miljard CAD för att förbättra vattenkvalitén i stadens vattendrag. Efter analyser gjorda under 2014 och 2015 utvecklades en prediktiv modell av badvattenkvalitén av forskare vid Universite Laval vilket gjorde det möjligt att hålla stranden öppen under 39 dagar sommaren 2016, utan att riskera besökarnas hälsa.

Författare: Marcus Ahlström, RISE

Viktigaste fördelarna

- Relativt enkel typ av modell att testa och implementera med redan tillgängliga data och mjukvara
- Effektivt beslutsstöd
- Handfasta resultat som är lätt att kommunicera med allmänheten

Bakgrund

Badvattenkvaliteten i Beauport Bay påverkas å ena sidan av de föroreningar som når bukten via tillrinning (bräddningar, avrinning från jordbruksmark, vattenfåglar och olyckor), och å andra sidan av de tillrinnande vattnens förmåga att späda ut och transportera bort föroreningar. Den största floden i Quebec, S:t Lawrencefloden vilken direkt gränsar till stranden, är starkt påverkad av tidvatten vilket orsakar stora ändringar i vattenströmmarna och komplicerade och varierande flödesmönster.

För att badvattenkvaliteten i Quebec ska vara att betrakta som godtagbar krävs det att halten av *Eshcherichia coli* (*E.coli*) är lägre än 200 CFU/100 ml (colony forming units per 100 ml) i badvatten-prover. Mätkampanjer vid Beauport Bay Beach under 2014 och 2015 visade att detta kvalitetskrav uppnåddes under 65 % av tiden. Dock togs inte dessa prov med någon regelbundenhet (som bäst ett prov per dag) vilket inte gjorde det möjligt att följa utvecklingen av badvattenkvalitet över tid med tillräcklig upplösning. Dessutom var det inte heller möjligt att få tillbaka analysresultaten förens dagen efter provtagning vilket gjorde det omöjligt för den ansvariga förvaltningen att veta om de hade tillräckliga beslutsunderlag vid starten av en arbetsdag för, att med någon säkerhet, kunna besluta om stranden borde hållas öppen eller stängas av.

Quebec-stad hade, med bakgrunden ovan, ett intresse av att hålla stranden öppen för bad samtidigt som de hade ett behov av att inte utsätta allmänheten för onödiga hälsorisker. Sammantaget fick detta staden att överväga att utveckla en prediktiv modell för badvattenkvalitén som kunde användas som beslutsstöd för att varje morgon kunna besluta om att hålla stranden öppen för bad eller inte.

Beskrivning av digital applikation

Modellen som togs fram för att prediktera halten av E.coli i badvattnet (som kan liknas med en mjukvarusensor) var en *förhållandevis enkel* multipel linjär regression på formen:

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i X_i$$

Där Y är den beroende variabeln, i detta fall \log_{10} av koncentrationen av E. coli i badvattnet, β_0 är en konstant, X_i är de förklarande variablerna i modellen och β_i är modellens parametrar.

Hundratals kombinationer av tillgängliga variabler undersöktes för prediktiv förmåga och den kombination som föll ut som den bästa modellen i detta fall bestod av endast fyra oberoende variabler. Dessa var, i fallande ordning efter påverkan på modellens prediktiva förmåga: (1) Nederbörd under det senaste dygnet, (2) tidvattnets höjd och fas, (3) antalet måsar och andra stora fåglar som befann sig på stranden, och (4) vindriktningen.

Baserat på den prediktiva modellen utvecklades ett automatiskt beslutsstödsverktyg. Det automatiska verktyget hämtade in nödvändiga data och tillgängliggjorde det för modellen som därefter predikterade den dagliga vattenkvaliteten och den tillhörande osäkerheten. Det togs också fram en manuell version baserat på *Visual Basic for Applications* (VBA) som gjorde det möjligt att köra modellen, och visualisera data snabbt, i ett Excel-blad. Den manuella versionen av verktyget gjorde det möjligt att genomföra scenarioanalyser (exempelvis effekter av olika regnväder).

En begränsning med den framtagna modellen, i och med de indata den använder, är att den inte kan ta hänsyn till varken spill / bräddningar / läckage som sker vid torr väderlek (ex. om någon komponent i systemet har gått sönder). Vid rapporter om spill / bräddningar / läckage under dessa förhållanden stängdes stranden av i förebyggandes syfte.

Erfarenheter från implementation och drift

Modellen introducerades den 24 juni, 2016 och användes varje dag fram till den 9 september, 2016. Den dagliga arbetsgången bestod av att först beräkna en prediktion innan kl. 8 för att bestämma om stranden skulle hållas öppen eller stängas, och därefter ta ett vattenprov som lämnades in för analys. Analysresultaten som kom tillbaka dagen därpå användes sedan för att bekräfta eller motbekräfta modellens prediktion.

Figur A.9.1 nedan visar, för varje dag under sommaren, modellens prediktion baserat på observationen som gjordes vid samma tidpunkt. De blå cirklarna motsvarar dagarna när simning var tillåtet och de röda trianglarna dagarna när det inte var tillåtet. Sammantaget var stranden öppen för bad 39 dagar och stängd 36 dagar. Av de 39 dagar som stranden var öppen var det bara 4 observationer som var falsk-positiva (det vill säga att modellen tillåter bad men observationen/mätvärdet från samma dag var för högt).

Flera typer av modeller kan användas för att prediktera föroreningar vid stränder: statistiska, empiriska eller hydrodynamiska modeller. I detta fall baserades valet av modelltyp på det faktum att föroreningarna främst bedöms komma från bräddningar. I Quebec är det få bräddningspunkter där denna information mäts kontinuerligt. Utöver detta har St Lawrencefloden en väldigt komplicerad flödesregim, dess ebb och flod varierar med mer än fyra meter i Quebecs hamn vilket gör det svårt att mäta vattenmassorna som når stranden och påverkar vilken utspädning som föroreningarna utsätts för. Med bakgrund i detta bedömdes det att ett statistiskt tillvägagångssätt (med multipel linjär regression) hade störst potential.

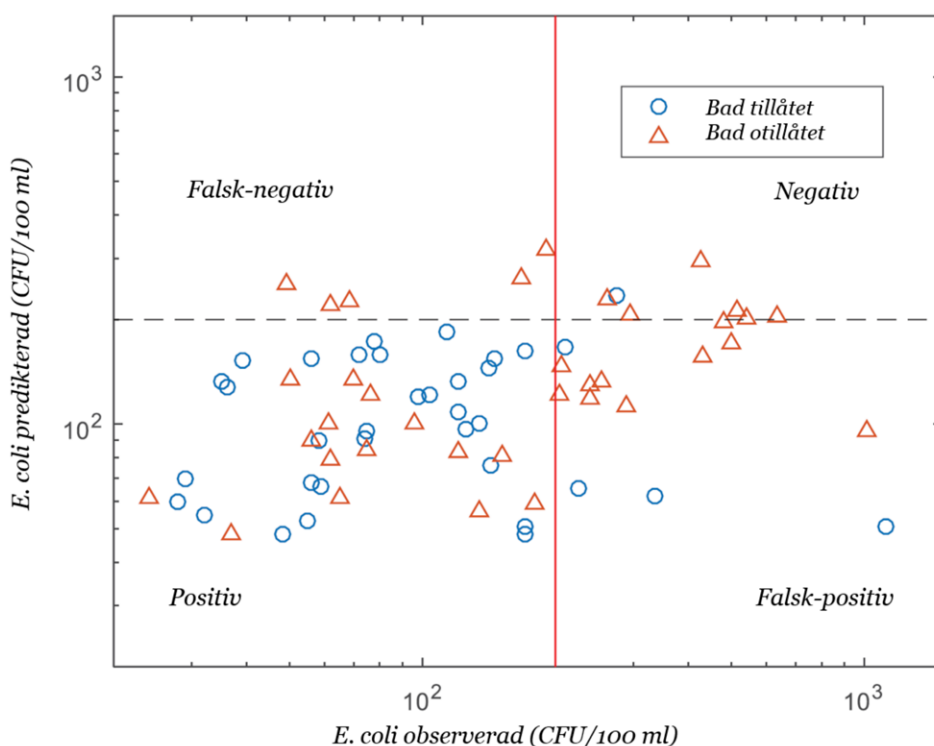
Det är viktigt att notera att en stad växer för varje år som går. Nya stadsdelar genererar nya föroreningskällor, gamla föroreningskällor identifieras och tas bort, och hanteringen av vatten i olika delar av staden kan ändras (ex. dagvattendammar), vilket påverkar vattensammansättningen och flödet i recipienten. Det är därför viktigt att med jämna mellanrum uppdatera modellens parameter och ifrågasätta vilka variabler

som används. En bra linjär modell behöver inte betyda att ett kausalt samband, utan visar endast en korrelation mellan variablerna i modellen. Dessa korrelationer kan ändras över tid.

Effektmål och resultat

Genom att samla in många olika parametrar och använda sig av relativt enkla metoder går det många gånger att hitta korrelationer mellan uppmätta parametrar och andra variabler som kan vara intressanta att övervaka men som av olika anledningar kan vara svåra att mäta med tillräcklig upplösning. Tack vare att Quebec hade en pålitlig, omfattande och uppdaterad databas med mycket tillgängliga data var det möjligt att utveckla en statistisk modell.

I detta fall var det möjligt att, bara genom att mäta och använda fyra variabler (nederbörd, tidvatten, antalet fåglar på stranden, och vindriktning), prediktera badvattenkvaliteten och därigenom hålla badet öppet 39 dagar under sommaren för första gången på 50 år.



Predikterade och observerade värden för E.coli varje dag under sommaren 2016. Modellen användes mellan 24 juni, 2016 till 9 september, 2016. Positiv: modellen och observationen klarar kvalitetskraven; Negativ: modellen och observationen klarar inte kvalitetskraven; Falsk-positiv: modellen klarar kvalitetskraven men inte observationen; Falsk-negativ: modellen klarar inte kvalitetskraven men observationen gör det.

Läs vidare här:

https://www.researchgate.net/publication/314869835_Developpement_d'un_modele_de_previson_de_la_qualite_de_l'eau

10 Exempel på nya möjligheter med befintliga data

Författare: Simon Granath, VA Syd

Svenska VA-organisationer har generellt mycket historiska data och det arbetas på många håll med att utöka antalet sensorer, speciellt i och med utökade utbudet av billiga IoT-sensorer.

Trots detta är det få VA-organisationer som har en tydlig plan för vilken data man ska spara, hur länge och med vilken upplösning. En bidragande faktor är sannolikt att drift och automation historiskt har definierat behoven för datalagring, vilka varit mer kortsiktiga än de som uppkommer i och med utökade möjligheter för avancerade dataanalyser.

VA SYD utförde inom projektets ramar en variant av ett "Hackathon" (def.: ett evenemang där programmerare träffas för att programmera och lösa en eller fler utmaningar) där den huvudsakliga frågeställningen var: "vilken potential finns det i att göra mer avancerade dataanalyser av den befintliga data VA SYD redan har?"

All data från två mindre samhällen inom VA SYD sammanställdes, vilket var: vattenflöde, tryck, temperatur, pumpars rotationshastighet & effekt, spillvattenflöden, regn, lufttemperatur, befolkningsrörelser från Telia (Telia Crowd Insight), driftstörningar (vattenläckor & avloppsstopp) samt metadata om samhällena. De flesta signaler hade 1-2 års historisk data.

Tre företag med kompetens inom data science (Bactick Technologies, Combine Control Systems och Siemens powered by Buntplanet) fick ta del av all data och ge förslag på analyser och applikationer som var möjliga att applicera utifrån denna data (Figur A.10.1 till A.10.5).

Slutsatsen är att det finns mycket potential i data och nedan är en sammanfattning av vad de på kort tid kom fram till:

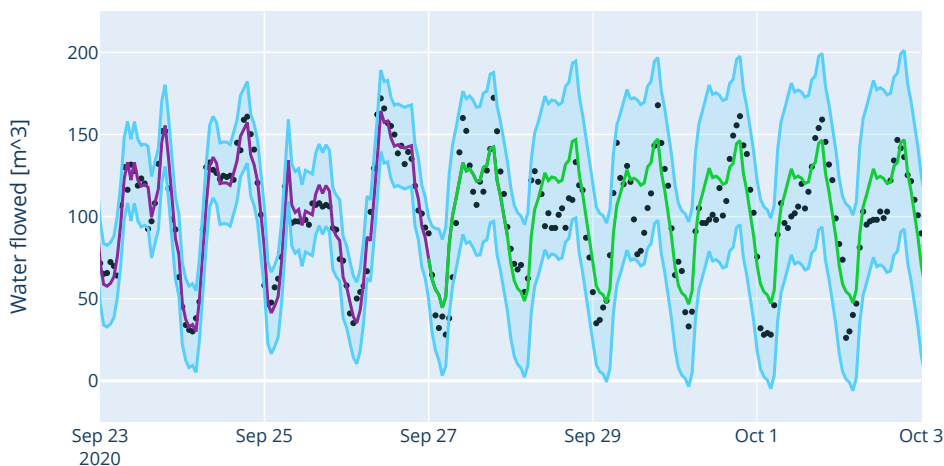
- Väldigt låg svårighetsgrad
 - Att skapa flödesprognoser med machine learning för dricksvatten- och spillvattenflöden kommande dagar eller till och med upp till en månad (osäkerheten ökar där emot med tiden). Se exempel i Figur A.10.1.
 - Dynamiska larm – idag används oftast tröskellarm i SCADA/DCS-system, dvs. om värdet under eller över ett specifikt värde skickas det ut ett larm. Med dynamiska larm anpassas larmgränserna kontinuerligt beroende på tidssteg (t.ex. klockan två på natten är det en annan larmgräns än sju på morgonen). Se exempel i Figur A.10.2.
 - Analys av pumpars effektivitet, Det finns mycket pengar att spara genom att övervaka pumpars effektivitet och byta ut dem i rätt tid. För att bedöma när ett byte bör ske är det viktigt ta hänsyn till trender, för vilket minst 5 års data rekommenderas. Se exempel i Figur A.10.3.
- Måttlig svårighetsgrad
 - Genom att övergå från att pumpar startas och stoppas med jämna intervall under normaldrift, till att ha roterande pumpstarter beroende på flöde finns mycket energikostnader att spara. Se exempel i Figur A.10.4.
- Hög svårighetsgrad:
 - Att låta pumpar aktivt styras efter flödesprognoser.

Övriga tips från bolagen:

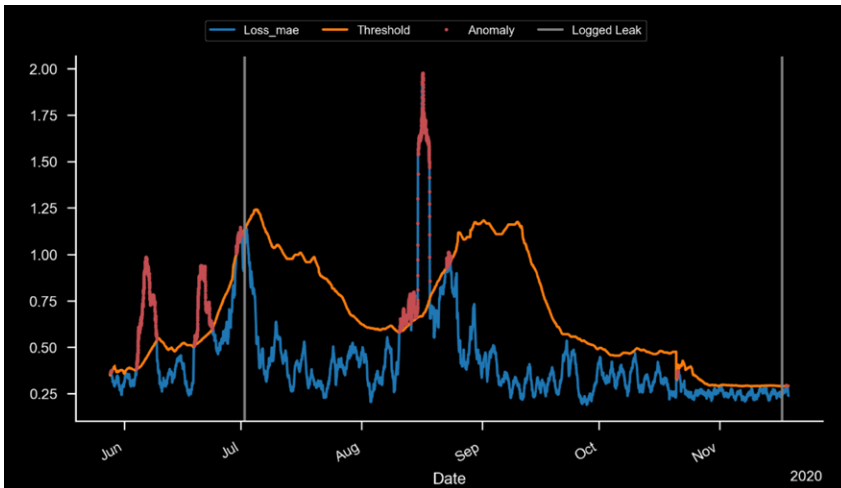
- Det behövs mer än ett års data för att göra bra analyser. De kommer ofta långt med

tim-data men för vissa användningsområden rekommenderas data i nära realtid.

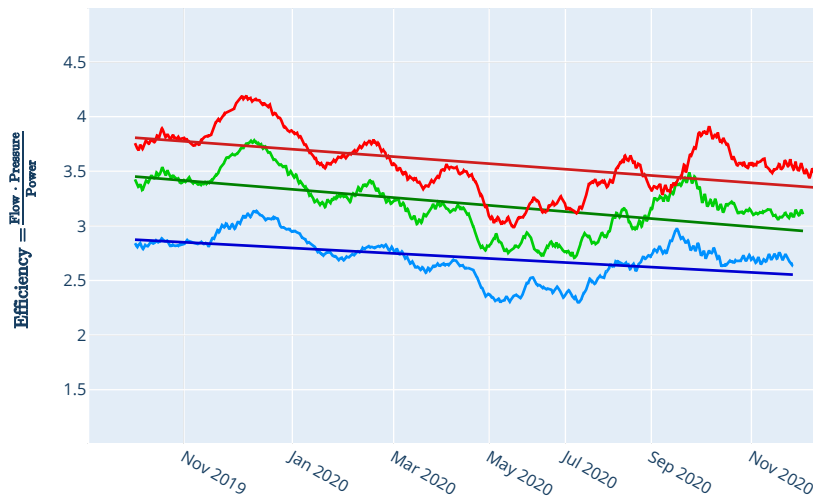
- Börja testa i liten skala för att få snabba resultat och sedan iterera sig fram.
- Att hela tiden väga arbetsinsatsen mot nyttan när applikationer ska implementeras.
- Samla så mycket data som möjligt men se till att den är kvalitetssäkrad. De ser hellre lite data av hög kvalitet än mycket data av låg kvalitet.
- Att få ordning på data tar mycket längre tid än vad man tror. Utifrån företagens tidigare erfarenheter är det inte ovanligt att 80 % av tiden består av att förstå data och strukturera den, medan 20 % av tiden är dataanalys.
- Analysera inte dricksvatten, avlopp och dagvatten var och en för sig, för att få bästa insikterna och resultaten bör de analyseras tillsammans.
- Det kan finnas stora vinningar med att använda AI tillsammans med välkalibrerade hydrauliska modeller.
- Det är väldigt viktigt med systemkännedom inom VA, att bara lämna över data och låta den analyseras av sig självt fungerar inte. Förståelsen för hur mätdata hänger ihop och varför saker beter sig som de gör är väldigt viktigt. Att engagera driftpersonal och ingenjörer är avgörande för att en data scientists ska kunna prestera bra.
- Att dokumentera alla driftstörningar med så mycket information som möjligt och inte bara en datumstämpel när den upptäcktes. Genom att träna modeller på mycket och bra data, och att undvika att låta den tränas med data som i verkligheten inte är en driftstörning, ger det bättre prediktioner.



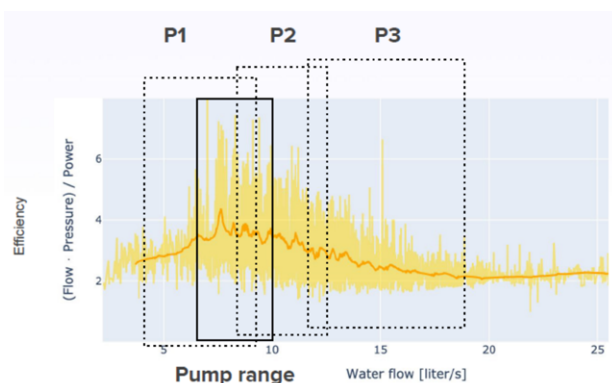
Exempel på flödesprognos (lila= historisk data, grönt=prognostiserat) där osäkerheten ritas ut som blå area. Bild: Bactick Technologies.



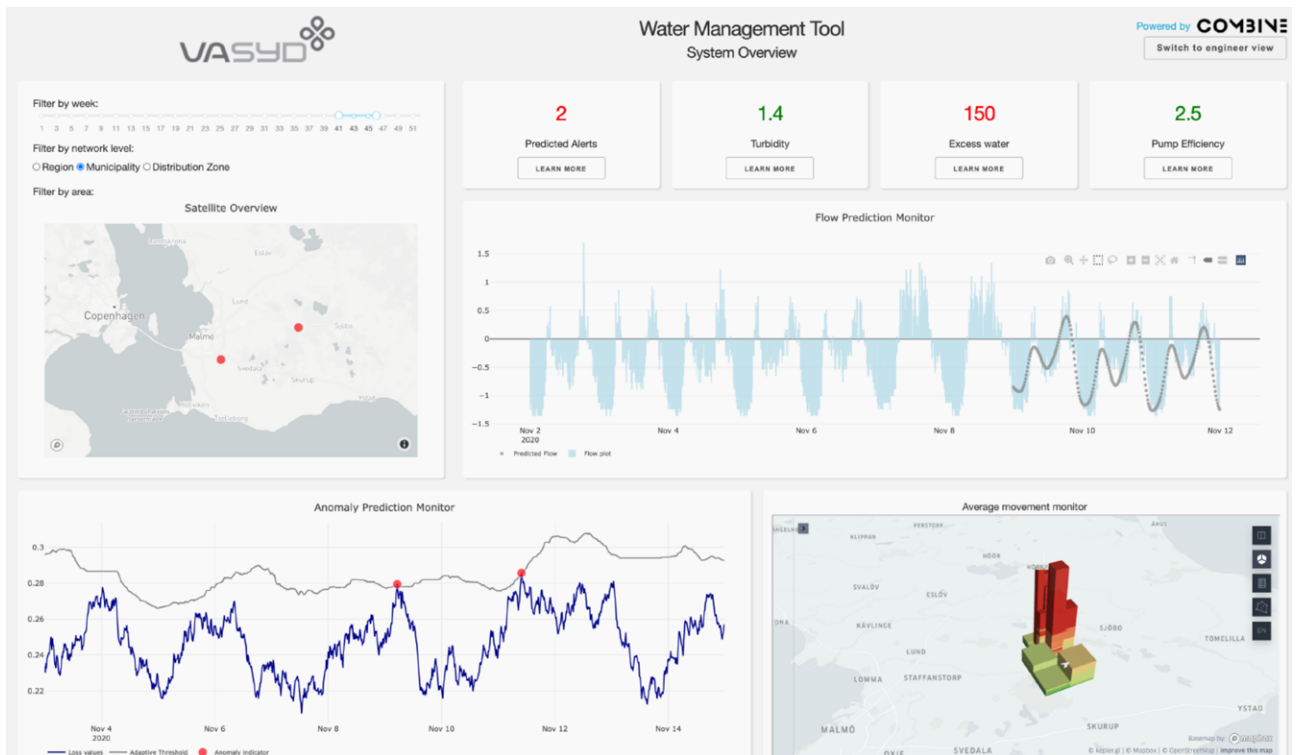
Exempel på dynamiska larmgränser som varierar beroende på årstid, dag och timme. Bild: Combine Control Systems.



Trendlinje, här över 1 år, som indikar en 5 % minskad effektivitet per år. Här ser man även att de tre olika pumparna har olika effektivitet från start. Skulle alla pumpar i det här fallet ha samma effektivitet som den bästa (röd kurva) skulle elförbrukningen minska med 10 %. Bild: Bactick Technologies.



Visar en befintlig anläggnings pumpars effektivitet i olika flöden. Det finns däremot stor potential i minskad elförbrukning och ökad livslängd på pumpar genom att styra pumpar beroende på flöde istället för regelbundna intervall. Pump 1 kör vid låga hastigheter, pump 2 i medelhöga och pump 3 vid höga flöden, respektive pump är optimerad för att vara effektiv på just dessa flöden. Bild: Bactick Technologies.



Exempel på hur en enkel dashboard kan se ut med flödesprognostisering, anomaliprediktering och detektering, pumpeffektivitetsvarning samt övervakning hur befolkningsrörelserna ser ut i olika områden. Bild: Combine Control Systems.

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se