

Smarta sensorer och molntjänster banar vägen

För alla med ansvar för logistik kopplat till avfallshantering finns mycket att hämta i den digitala teknik som är på snabb framväxt. Redan idag kan smarta sensorer och molntjänster fylla rollen som logistikens ögon och hjärna. Den nya tekniken skapar utrymme för både vinster och besparingar för insamlaren och ökad nöjdhet bland kunder och brukare.

Tillämpningsområdena för sensorer är många. Ett av dessa är effektivisering av logistik, inom vilket sensorer kan ge underlag för såväl utvärdering som proaktiv planering och realtidsanpassning av rutter för avfallshantering.

En vanlig tillämpning är att placera sensorer med RFID-transpondrar på varje separat kärl, för att samla in avfallskärlens positioner och fyllnadsgrad. Informationen kan sedan användas för ruttoptimering både i realtid, hos den som kör sopbilarna, som för mer övergripande planering hos centrala funktioner med ansvar för sophämtning. Den data från sensorerna som samlas centralt kan användas i en mängd sammanhang och syften, såväl ekonomiska som miljöbesparande.

En annan tillämpning av sensorer där man genomfört tester är i projektet ROAR (Robot-based Autonomous Refuse handling). Inom projektet kombinerades teknik för automatisk uppsamling och tömning av soptunnor med uppsamlingsrobotar och drönare. Drönaren användes för att hjälpa roboten att hitta soptunnan, som när den navigerar sig mot soptunnan undviker hinder med hjälp av sensorerna. Sensorer monterade på upphämningsroboten säkerställer att roboten inte kör på exempelvis människor, medan sensorer på avfallsbilens bakdel kan identifiera om människor kommer i närheten av avfallsbilen för att kunna avbryta tömningen och undvika personskada. På så sätt fungerar sensorerna också som en säkerhetsmekanism.

Hur funkar tekniken?

För att kunna effektivisera logistiken inom avfallshanteringen är insamling av information, både över tid och med geografisk spridning, centralt. Något som blivit möjligt med hjälp av en kombination av tekniker för insamling, lagring, överföring, bearbetning, tillgängliggörande och visualisering av den information som samlats in. Insamlingen av information sker via sensorer, med förmåga att både registrera och överföra information till databaser där den kan lagras och bearbetas. För att sensorn ska kunna överföra information behöver den antingen vara direkt kopplad till en databas via någon form av nätverk, eller så lagras datan i sensorn och överförs med jämna mellanrum från sensorn till databasen.

Det finns flera olika tekniker för överföring av information, men det är i och med utvecklingen av uppkopplade strömsnåla saker, så kallad "Internet of Things" (IoT), som utvecklingen tagit fart på allvar. Numera finns en mängd trådlösa sensorer med LPWAN-teknik till vår tjänst. LPWAN (även kallat LoRa) står för Low Power Wide Area Network, och är en standard för batteridrivna sensorer i regionala, nationella eller globala nätverk. Nätverket ger sensorerna möjlighet att trådlöst skicka data till ett överordnat system.

Numera är det vanligt förekommande att dessa system utgörs av någon form av molntjänst. En molntjänst är en IT-tjänst, som istället för att skötas lokalt på den egna datorn sköts via internet. Det är utvecklingen av tekniken för allt snabbare överföringar av data via internet i kombination med tekniken för lagring av stora datamängder som har gjort utvecklingen möjlig. Att kostnaderna för datalagring sjunkit kraftigt i takt med teknikutvecklingen är en annan förklaring till att molntjänsterna har fått snabbt fäste som stöd i vår vardag.

Utöver att de är billiga har molntjänster flera andra fördelar. Risken att data går förlorad, vilket kan vara fallet när man enbart sparar sin data på sin egen hårddisk och denna hårddisk skulle gå sönder, minskar avsevärt. Molntjänster begränsas dock inte till lagring. Idag kan man utföra tjänster i 'molnet', exempelvis göra tunga datorberäkningar när ens egna datorer inte räcker till. Idag erbjuder många företag som säljer sensorer också olika former av molntjänster, genom vilka man som kund både kan lagra data och göra olika former av beräkningar, analyser och prognoser, ofta i gränssnitt som är enkla och överskådliga.

Olika tekniker för dataanalys är på snabb framväxt och här blir användningen av så kallade algoritmer allt viktigare. En algoritm är en detaljerad steg-för-steg-instruktion över hur man löser ett matematiskt eller logiskt problem utifrån givna villkor. När algoritmer används för att med hjälp av datorer lösa olika former av problem talar man om artificiell intelligens (AI). Utvecklingen av AI har under de senaste åren tagit fart på allvar, och tillämpningsområdena inom avfallshanteringen är många.

Med tekniken kommer också utmaningar

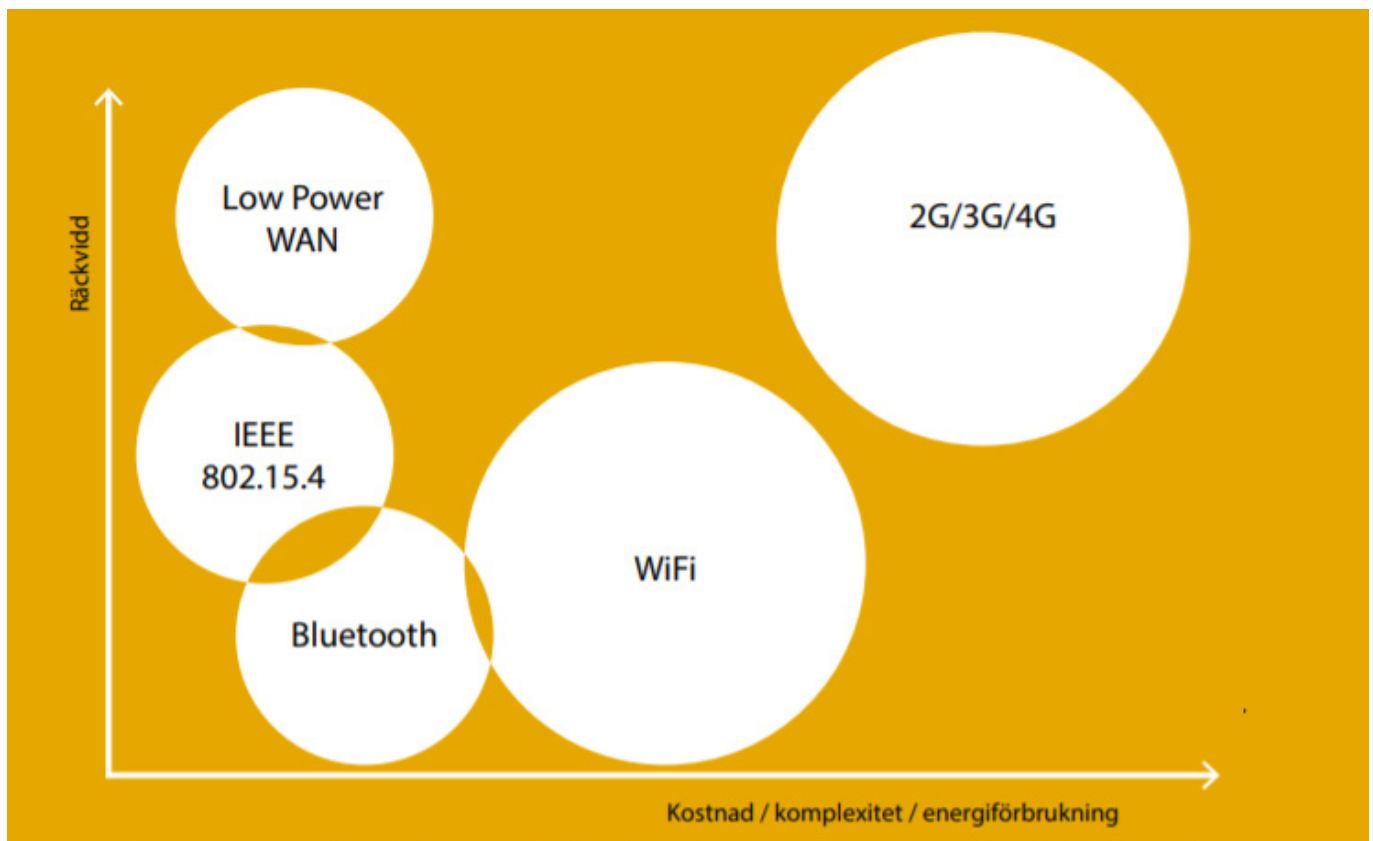
Med utvecklingen kommer dock en hel del utmaningar. För även om insamling, lagring och analys av data blivit både snabbare och billigare så krävs det en hel del av de organisationer som ska nyttja tekniken och dess fördelar. Att veta vad

man ska ha all data till är en sådan utmaning. Här kan tekniken ännu så länge bara hjälpa oss till en viss utsträckning. Andra frågor som kommer med teknikutvecklingen är vem som ska ha tillgång till den data som samlas in.

Här blir säkerhet kopplad till hantering och användning av data allt viktigare. För när allt fler saker i vårt samhälle kopplas upp, och tekniken för att aggregera och analysera denna data hela tiden ökar, behöver vi tänka till kring vem som har åtkomst till datan och informationen som finns att hämta i denna. Detta har dels att göra med frågeställningar och lagstiftning kopplade till personlig integritet. Det kan också ha att göra med andra lagar för hur data får lagras och bearbetas inte bara i vårt land utan i andra länder, då digitalisering och molntjänster bidrar till att sudda ut landsgränserna. Uppkopplade sensorer utgör också en potentiell fara eftersom de kan bli utsatta för angrepp i olika former av hackerattacker.

Organisationer som vill maximera nyttan med smarta sensorer och molntjänster har därmed mycket att vinna på att också se till att stärka kompetensen inom områden som säkerhet och integritet.

Om tekniken och de smarta lösningarna ska komma till sin fulla rätt gäller det att skapa värde för den som ska använda tekniken.



I figuren ser man hur fem olika typer av trådlösa nätverk positionerar sig mot varandra gällande räckvidd och kostnad/energiförbrukning. Varje nätverkstyp har sina för- och nackdelar. Underlag: Elys.



Vad är sensorer?

En sensor är en apparat som på något sätt läser av den fysiska omvärlden och omvandlar den informationen till en signal. Denna signal omvandlas sedan till information som är läsbar för en människa, eller som skickas vidare via ett nätverk till ett datorsystem för lagring.

Vad är IoT?

IoT (Internet of Things) är ett samlingsbegrepp för den utveckling som innebär att maskiner, fordon, gods, hushållsapparater, kläder och andra saker samt varelser (inklusive människor) förses med små inbyggda sensorer och processorer. Detta medför att dessa enheter kan uppfatta sin omvärld, kommunicera med den och på så sätt skapa ett situationsanpassat beteende; och medverka till att skapa smarta, attraktiva och hjälpsamma miljöer, varor och tjänster.

Avfallshämtning på kundens begäran

I Helsingborgsstadsdelen Mariastaden pågår ett test av smart teknik och digitala lösningar för sopkärl. Genom att utrusta hushållens sopkärl med sensorer som skickar signaler till ett ruttplaneringssystem utformar man unika körturer som både ska minska antalet turer för sophämtning. Att få nöjdare kunder är ett annat väntat resultat. NSR, som driver testet kallar det för "sophämtning on demand", för i Mariastaden är det hushållen som bestämmer när sopbilen ska komma.

Satsningen i Mariastaden är ett innovationsprojekt inom ramen för EU-projektet Cleantech TIPP (Testbed for Innovative Public Procurement) som påbörjades sommaren 2018. Testet omfattar 250 hushåll och flera olika partners, däribland Envir och Bintel.

Ett enkelt reglage, en modern variant av "stenen på kärlet"

Björn Jacobsson berättar vidare att en orsak till pilotprojektet var att man konstaterat att var fjärde kärl vid den ordinarie tömningsrutten faktiskt inte behövde tömmas. En annan orsak var att man vid en analys noterade 7529 avvikelseanmälningar under bara en vecka. I många fall var orsaken till avvikelsen att sopkärlet inte var utställt i tid för tömning den aktuella tömningsdagen. Frågan man ställde sig var: är det hushållet som glömt att ställa ut kärlet eller var det faktiskt inte i behov av tömning?

– Vi ville hitta ett mer modernt alternativ till att lägga en sten på kärlet för att indikera att tömning inte behövdes. När vi hittade tekniken där sopkärlen utrustas med ett reglage innehållande ett kretskort, som både signalerar kärlets position och när det är dags att tömma det, såg vi spännande möjligheter, berättar Björn Jacobsson, digitaliseringschef NSR.

Reglaget, som är utvecklat av Helsingborgsbaserade företaget Bintel, har en sändare som kommunicerar med det nya smarta stadsnätet LoRaWan. Detta är i sin tur sammankopplat med NSR:s system för ruttplanering – Fetchplaner. När ett hushåll ser att det är dags för sophämtning skjuter man reglaget med en enkel manöver från höger till vänster. Som följd går en beställning till systemet där körturer i testområdet läggs in. Körturen kommuniceras sedan till den som kör sopbilen via en läsplatta med en inbyggd GPS.

Resultaten så här långt

– Vi får många frågor om hur vår "sophämtning on demand" påverkar antalet sophämtningsturer. Många antar att vårt erbjudande om att hämta på kundens villkor gjort att vi får köra oftare. Faktum är att vi kunnat se att antalet tömningar i området minskat med 40-50%. Detta har delvis att göra med att vårt testområde är en hyfsat välplanerad stadsdel, vilket gör att det inte är så svårt att planera en rutt där vi kan fylla bilen varje gång den är ute, berättar Björn Jacobsson.

Det är inte bara minskat antal tömningar som är ett tydligt resultat från detta pilotprojekt. Hushållen i testområdet har hittills uteslutande ställt sig positiva till att själva få bestämma när det är dags för sophämtning. Björn Jacobsson tror att en bidragande faktor till detta är att man fokuserat på att besvara alla tänkbara frågor som kommit upp längs vägen och kommunicerat detta via nätet under rubriken "Mariastaden testar – så funkar testet av bestäm-själv-tömning". Bland frågorna finns allt från rena tekniska frågor om hur man sköter reglaget och kretskortets tålighet för väder och vind till hur man kommer i kontakt med kundservice om problem uppstår. Alla frågor och svar har samlats i en FAQ som på papper omfattar flera sidor, men som på webben kan kommuniceras enkelt och översiktligt.

Vanliga frågor från branschen

Pilotprojektet har också rönt stort intresse i avfallsbranschen och även här är frågorna många. Bland annat vill man veta mer om hur man löst uppkopplingsfrågan, så att kärlen kan kommunicera med NSR:s system och hur man löst kravet med max fjorton dagars intervall mellan hämtningar av organiskt



“Det var med hjälp av Envirs analys av avfallsströmmarna i området som vi fått informationen om vilka sopor som finns att hämta och hur mycket man kan få med sig i varje tur. Det har varit basen för planeringen av vårt projekt”

*Björn Jacobsson,
Digitaliseringschef hos NSR*

avfall. Många är också intresserade av om man infört några incitament såsom “pay as you throw” för att få hushållen bli mer medvetna om kostnader kopplade till det avfall de genererar.

Björn Jacobsson berättar att det är LoRa-nätet som står för överföringen av information. Man har tittat på andra tekniker och överväger att se om 4G-nätet kan bli ett komplement för att öka täckningen där LoRa-nätet har radioskugga. Björn Jacobsson påpekar dock att LoRa-nätet i en stad som Helsingborg har hög funktionalitet. Då det gäller hämtningsintervallet för organiskt avfall har man begärt dispens och ökat intervallet till tre veckor i det aktuella testområdet. Några praktiska problem med detta har man inte sett. Ännu har man inte laborerat med ändrade taxor i relation till hushållens avfallsmängder och antalet beställda hämtningar, men det kan bli aktuellt längre fram. Pilotprojektet är nu på väg att skalas upp för att omfatta totalt 3000 hushåll.

– Det blir ett spännande stresstest för hela vår satsning, både vad gäller tekniken och logistiken. Överlag har vi på NSR mycket spännande framför oss när vi med stöd av digitalisering ska hjälpa hushållen att bli av med sina sopor på ett smidigt sätt.

Tre lärdomar från Björn Jacobsson, digitaliseringschef hos NSR:

- 1.** Pengarna. Det kostar att bli digital och sopsmart, men har vi råd att INTE göra detta?
- 2.** Nätverket. Det gäller att ha koll på vilket nätverk och vilken teknik kommer att gälla i framtiden.
- 3.** En viktig del av vår satsning har varit att få till en hushållsnära insamling av förpackningar på begäran.

NSR

NSR AB (Nordvästra Skånes Renhållnings AB) har ansvar för avfall och återvinningsmaterial i de sex nordvästskånska kommunerna Bjuv, Båstad, Helsingborg, Höganäs, Åstorp och Ängelholm, som också är NSR:s ägare.

Bintel

Bintel är ett Helsingborgsbaserat start-up-företag som utvecklar sensorer och molntjänster för kommunala och privata renhållningsbolag, med flera pågående digitaliseringsprojekt för avfallsinhämtning.

Envir

Envir är ett företag som jobbar med plockanalyser för osorterat hushållsavfall, matavfall, förpackningsmaterial, grovsopor och verksamhetsavfall samt närliggande konsulttjänster. Företaget har ett avfallslaboratorium i Munka-Ljungby, där huvuddelen av analyserna genomförs.

LoRa och LoRaWan

LoRa, som står för Long Range, är en patenterad trådlös digital dataöverföringsteknik som utvecklats i Frankrike. En standard som vuxit och fått spridning över hela världen. LoRa används för att bygga trådlösa nät på licensfria frekvenser över större ytor. LoRa möjliggör överföring av data över långa sträckor. Fokus är låg energiförbrukning, lång räckvidd och låg BER (felfrekvens i dataöverföringen). LoRa är en hårdvaru- och fabrikatsberoende standard.

LoRaWAN är trådlösa nätverk som byggs som antingen regionala, nationella eller globala nätverk. Kommunikationen är dubbelriktad och har en acceptabel säkerhet med kryptering, där alla enheter från sensor till server är krypterade hela vägen. LoRaWAN är speciellt utformat för att trådlöst ansluta batteridrivna enheter som framförallt sensorer kopplade till internet.

Bra att tänka på vid digitalisering för effektivare logistik

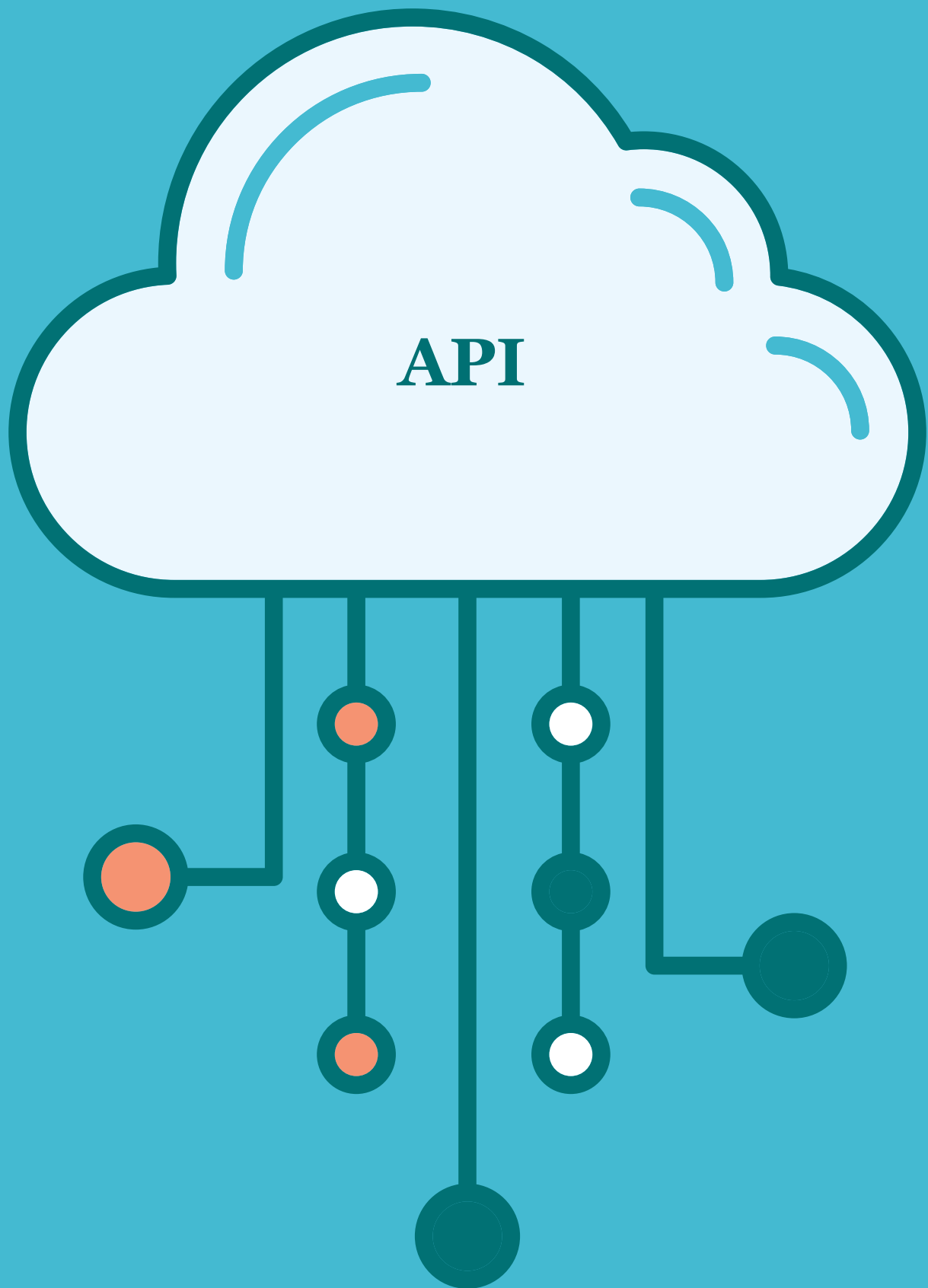
Det finns en rad exempel på digitala lösningar som har bidragit till effektivisering av logistik inom avfallshanteringen. Då nyttjandet av digitaliseringens möjligheter kräver en del implementering av teknik kan det vara bra att ha insikt i vad detta kan innebära.

I den danska digitaliseringssatsningen "Det Smarte Affalds-system" lyfter man fram några exempel på frågor som kan vara bra att besvara för kommunala verksamheter som vill använda smart teknik för effektivare logistik inom avfallshandling. Här är en sammanfattning av deras råd:

Nya tekniska lösningar har inte alltid styr-system som är anpassade för att kommunicera med andra system eller teknologier. Därför är det viktigt att fundera kring hur datan kan delas mellan systemen då flera nya system införs. Ett exempel på detta är att försäkra sig om att nya system använder sig av öppna API:er*. En kommun bör försäkra sig om att den har rättigheter att använda de data som genereras.

När en kommun ska investera i nya digitala avfallslösningar står den inför valet att skaffa mjukvara och hårdvara var för sig eller tillsammans. Att skaffa dem var för sig kan göra det lättare att försäkra sig kring rättigheterna för de data som genereras, och ett mindre beroende av mjukvaruleverantören. Detta kräver dock en kompetens kring och insyn i teknologin på förhand. Inte minst om man vill kunna kombinera data från flera olika system tillsammans med både mjuk- och hårdvaror.

Det finns en potentiell intressekonflikt mellan en kommuns önskemål om en effektivare insamling och hantering av avfall och en privat aktörs affärsmodell om denna baseras på antalet tömningar. En lösning kan vara att utforma kontrakt mellan parterna så att tömning sker vid behov istället för vid garanterade fasta intervaller.



*API: Application Programming Interface.
Ett gränssnitt med en specifikation över hur olika applikationer (appar)
kan kommunicera med specifik programvara, så att olika databaser och
program kan prata med varandra.*

Hos Renova har fokus på kunden varit en viktig del i utvecklingen

Renovakoncernen, som ägs av tio kommuner i Västsverige, har ingått i en satsning på digitala lösningar för logistik inom avfallshantering som fått stor internationell uppmärksamhet. Satsningen som gick under namnet ROAR (Robot-based Autonomous Refuse handling) gick ut på att med hjälp av robotar få en smidig och säker tömning av sopkärl. Målet var att presentera en robot som med hjälp av instruktioner från ett styrsystem i lastbilen hämtar soptunnorna, tar med dem till lastbilen och tömmer dem. Allt under ledning av sopbilens förare, som på så sätt också slipper de tunga lyften.

ROAR, som Renova drivit tillsammans med Volvo Lastvagnar, Chalmers, Mälardalens högskola och Penn State University, ska fungera som inspiration till hur vi i framtiden kan använda smarta maskiner som hjälp i samhället.

– Renova har länge varit ledande när det gäller utveckling av fordonsteknik för bättre miljö och arbetsmiljö. Här ville vi se hur framtiden ser ut när människa och maskin behöver arbeta sida vid sida, säger Hans Zackrisson, utvecklingschef på Affärsområde Logistik, Renova Miljö.

Hans Zackrisson berättar att satsningen började i och med att Arbetsmiljöverket på flera platser runt om i landet hade synpunkter på att vi backade med våra sopbilar. Något som man ville se till att ändra på. Utmaningarna var dock flera, bland annat det faktum att det sällan finns vändplatser där Renovas bilar kör för att hämta avfall. Tillsammans med Volvo Lastvagnar påbörjades därför projektet att ta fram en självkörande sopbil som för egen maskin kan backa från en soptunna till en annan, medan föraren går på trottoaren bredvid.

Den specialtillverkade lastbilen har utrustats med flera kameror, sensorer och system som ser till att fordonet bromsar omedelbart om ett hinder dyker upp på vägen. Men fordonet är inte bara säkrare för omgivningen, det är även skonsammare för föraren.

– Det här är en jätteförbättring för föraren. När en av våra medarbetare åker ut till ett område kan vi räkna med att denne behöver hoppa in och ut ur lastbilen hundratals gånger per dag. Vi har haft många belastningsskador på grund av detta, framförallt tar knäna mycket stryk. Med den här tekniken behöver föraren bara tömma tunnan och sedan klarmarkera och gå till nästa tunna, säger Hans Zackrisson.

Första gången Hans Zackrisson presenterade projektet med den självkörande sopbilen för sina kollegor möttes han av både höjda ögonbryn och oro. Många undrade om detta skulle påverka arbetsuppgifter och arbetstillfällen. Att vara transparent med projektets syfte och vara öppen och mottaglig för frågor och synpunkter från alla håll har varit en av projektets framgångsfaktorer. Att inte sticka under stol med att vissa arbetsmoment försvinner har därför varit viktigt.

– Sedan ska man inte glömma att arbetsmiljön för förarna blir bättre genom färre in- och uthopp. Avfallshanteringen är en ganska konservativ bransch där den hittills största förändringen har varit att gå från häst till bil. Den nya tekniken kommer absolut att påverka oss, men den kommer inte att ersätta oss, säger Hans Zackrisson.

Som en övrig framgångsfaktor för digitaliseringssatsningen lyfter Hans Zackrisson på Renova fram vikten av att lyssna in kunderna.

– Vi måste ha med kunderna i det här. I det kommunala tänket talar vi om vad våra kunder ska tycka. Jag frågar lite tvärtom – vad tycker kunderna? Vad innebär digitalisering för kunderna? Vi är tvungna att rätta oss efter dem mycket mer än vad vi tror.



Renova

Renova ägs av tio kommuner i Göteborgsregionen: Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal, Partille, Stenungsund, Tjörn och Öckerö.

Renovakoncernen består av två bolag. Moderbolaget Renova AB som utför ägarkommunernas direkttilldelade uppdrag och dotterbolaget Renova Miljö AB som verkar på den konkurrensutsatta marknaden för företag och offentlig verksamhet i ägarregionen.

ROAR

Projektet ROAR, Robot-based Autonomous Refuse handling, drevs under 2015 till 2017 av Volvo Lastvagnar och Renova tillsammans med Chalmers, Mälardalens högskola och Penn State University i USA. Målet med projektet var att presentera en robot som med hjälp av instruktioner från ett styrsystem i lastbilen hämtar soptunnorna, tar med dem till lastbilen och tömmer dem. Allt under ledning av sopbilens förare som på så sätt också slipper tunga lyft.

Goda exempel från branschen

Utvecklingen av teknik för effektivare logistik är snabb och en mängd olika projekt och satsningar pågår. Här är några exempel tänkta att inspirera.

EDPMobile – ett helhetssystem för datoriserad tömningsregistrering

EDP är ett svenskt företag som utvecklar programvaror för heltäckande IT-system, bland annat med tillämpningar på avfallsområdet. Ett av dessa system är EDP Mobile, som är ett fordonssystem som ska underlätta för chaufförer och administrativ personal med avseende på tömningsregistrering. Systemet är utvecklat för att förenkla kommunikationen mellan avfallsbilarna och kontoret.

EDP Mobile, som främst används för hantering av hushållssopor, slam/latrin och producentmaterial (container) består dels av en administrativ del för operativ planering - EDP Mobile Admin - och en del som fungerar som stöd i arbetet för chauffören - EDP Mobile Fordon.

EDP Mobile Admin omfattar bland annat kartstöd och möjligheten att följa fordonsflottan i realtid samt uppföljning, planering och omfördelning av uppdrag. EDP Mobile Fordon har ett kartstöd för att chauffören ska hitta till uppdraget, information kring uppdragets utförande samt system för avvikelshantering. Uppdrag går att anpassa efter avstånd för att göra anpassningar av rutten efter uppkomna hinder som snödrivor eller vägarbeten. Systemet är kopplat till avfallskärlens RFID-taggar, och vid tömning registreras bland annat kärlets ID, vikt och tidpunkten för tömning.

Fetchplanner – ett verktyg för kvalitetssäkrade avfallstransporter

Fetchplanner är ett system för planering, uppföljning och kvalitetssäkring av transporter inom avfallshanteringen, med funktioner för ruttoptimering, containerhantering och applösningar för fordonen. Systemet sparar rapporter från fordonen som innehåller information kring position, aktuellt uppdrag, jobbens utförande och avvikelser, vilket kan användas i planerings- och uppföljningssyfte. Rapporterna är tillgängliga för kunden antingen via webben eller ifrån kontoret via en kontors klient*. Chaufförerna informeras om kommande rutter via mobil eller surfplatta.

Fetchplanner kan kopplas till vägningsutrustning och har stöd för identifiering av kärl genom RFID och streckkoder. Rutterna optimeras utefter kostnad baserat på bland annat tid, avstånd och fordonets aktuella vikt; och vilka fraktioner som fordonet kan samla in.

**Klient: Ett datorprogram som en del av en server, som används för att utföra en specifik tjänst.*



Kort om ytterligare några exempel från branschen

SmartBin, med huvudkontor på Irland, har ett system med ruttplanering efter analys av avfallsvolymer, beräknat värde för rutten och mått för utförandets effektivitet.

Enevo, i bland annat USA och Storbritannien, använder tidsoptimerade upphämtningar. Bokföring görs över missade upphämtningar och volymmätning över tiden.

Israeliska **GreenQ** har tillämpningar för avfallsskär, komprimatorer och underjordiska containers.

Sensoneo i Slovakien har ett system för att beräkna tömningskostnad för enskilda avfallsskär och utvärdering av behovet av antalet kärl inom ett område och fyllnadsnivå för enskilda kärl över tiden. Sensoneo har också en app som kan användas av invånarna för att kunna hitta närmaste tomma avfallsskär för specifika fraktioner. Appen används också för återkoppling av allmänheten kring enskilda avfallsskär.

Svenska **Nowaste logistics** utvecklar en implementering av självlärande artificiell intelligens i sina logistiksystem. Detta arbete ska i slutändan leda till en självlärande AI för exempelvis planering av personal och andra resurser.

WASTE IQ – det smarta systemet som knyter ihop värdekedjan

När det kommer till nyttiggörande av data för avfallshantering ligger norska BIR AS i framkant. Som en del av deras digitala resa har den molnbaserade plattformen WasteIQ utvecklats. Med WasteIQ, som under 2019 tagits i drift i större skala, kan hela den norska avfallsbranschen samla och dela data. Något som banar väg för helt nya insikter, tillämpningar, tjänster och inte minst vinster; såväl ekonomiska som miljömässiga.

Redan 2004 började BIR AS, ett av Norges största avfalls- hanteringsbolag, resan mot en mer digital avfallshantering. Resan hade sin start i installationen av sensorer på kundernas avfallskärl. Något som gjorde det möjligt att knyta samman varje hushåll med respektive avfallskärl. Med sensorerna blev det också möjligt att göra beräkningar av sopkärlens fyllnadsgrad och baserat på dessa beräkningar utveckla ruttoptimering.

Detta lade i sin tur grunden för en differentierad avfallstaxa i ett Pay As You Throw-system som togs i bruk under 2009, som en del i innovationsprojektet Bossnett i Bergen.

Satsningen på Bossnett har utgjort grunden för utvecklingen av BossID; ett ramverk för att förmedla information över olika affärssystem för avfallslösningar i ett gränssnitt för både datainsamling och administration ("Central Point of Administration"). Vilket i sin tur gjort det möjligt att utveckla en differentierad avfallstaxa som utgår från information om hur mycket avfall respektive hushåll lämnar ifrån sig.

För hushållen fungerar BossID som så att det är knutet till kundspecifika nyckelbrickor som innehåller RFID (Radio frequency identification). När hushållet ska kasta sina sopor använder de nyckelbrickan för att identifiera sig och komma åt Bossnett-systemet. I den för hushållen fasta avgiftstaxan ingår åtta lämningsstillfällen per månad och BossID registrerar varje tillfälle som hushållet nyttjar systemet för restavfall. Behöver hushållet lämna restavfall vid fler än åtta tillfällen på en månad tillkommer en kostnad för varje gång som systemet nyttjas. Papper, kartong (för dryckesförpackningar) och plastförpackningar kan lämnas utan extra kostnad.

Fördelar och vinster som bygger på varandra

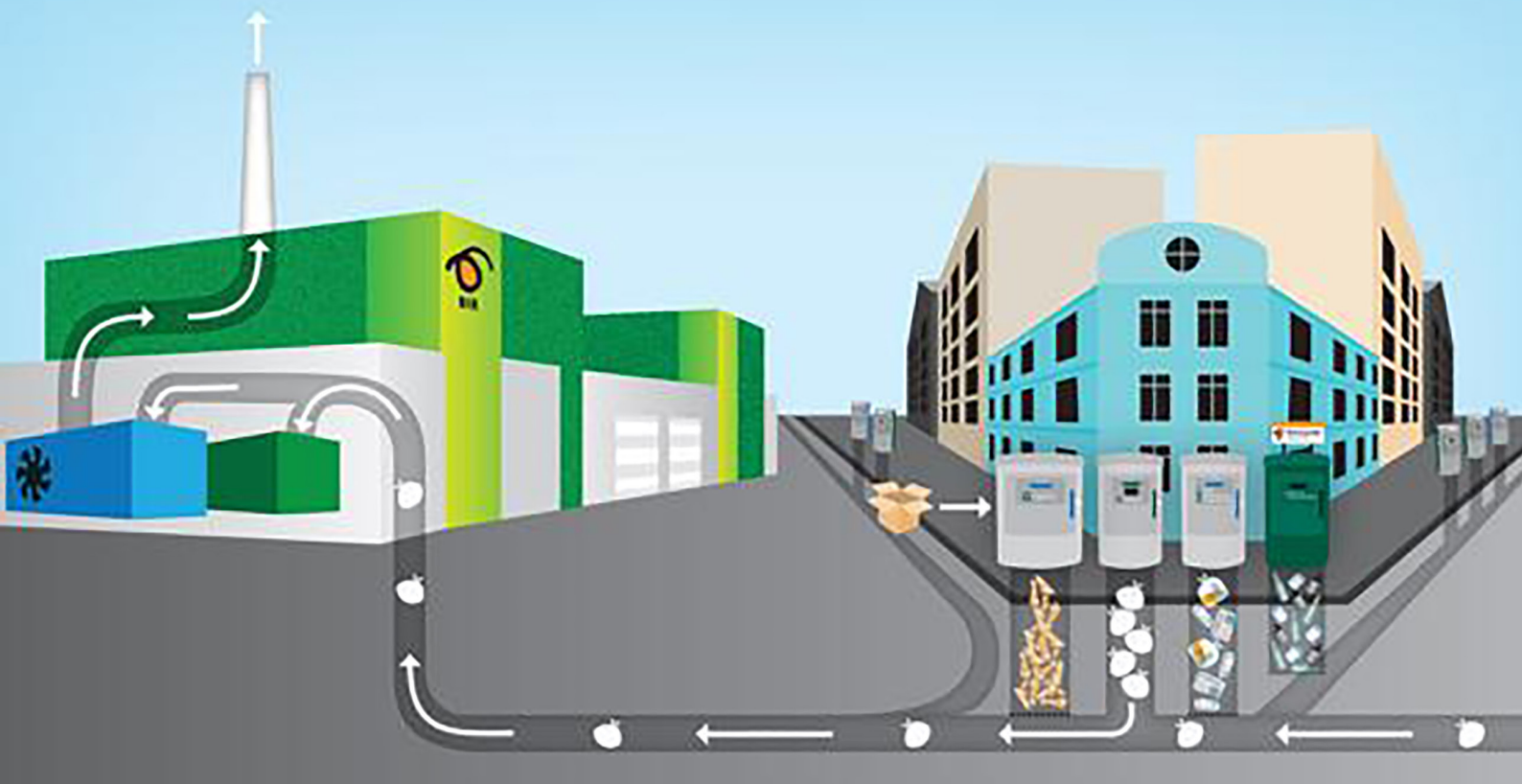
Inom BIR har man redan kunnat notera ett flertal fördelar med tillämpningen av BossID som bygger på varandra. Den flexibla avgiftstaxan har gett hushållen incitament för bättre sortering av avfall, vilket i sin tur lett till en minskning av restavfallet med 9% för det avfall som samlas in genom

Bossnett. Bättre kontroll har undanröjt möjligheterna för 'fripassagerare', som tidigare kunnat undvika avgifter. Dessutom har man kunnat registrera en ökad kundnöjdhet.

Med hjälp Bossnett och BossID har man också kunnat jobba med ruttoptimeringen, då man numera har tillgång till information som gör att man bara hämtar de kärl som är fulla. Detta har hittills bidragit till 30% färre hämtningar av avfallskärl och en minskning i körsträcka och klimatbelastning för varje avfallsbil med i genomsnitt 20%. Ruttplaneringen har också skapat besparingar för BIR:s entreprenörer. BIR har också kunnat göra besparingar till följd av en lägre administrativ börda. Sammantaget har man kunnat se att det nya systemet lett till årliga besparingar med runt 20 miljoner NOK.



När hushållet ska kasta sina sopor använder de en nyckelbricka som innehåller RFID för att identifiera sig och komma åt Bossnett-systemet.



Bossnetts är ett slutet lufttrycksdrivet underjordiskt rörsystem för avfallsinsamling som snart täcker hela Bergens centrum och beräknas vara färdigställt under 2022. Systemet är ett alternativ till konventionell insamling med avfallsskär, containers och avfallsbilar. I Bossnetts finns separata flöden för restavfall, plast, papp och papper. Illustration: BIR

Med WasteIQ samlas data och jämförelser blir möjliga

I något som kallas WasteIQ har BossID nu utvecklats för att fylla en roll för datalagring, kvalitetskontroll och standardisering av data, inte bara för avfallslösningar som Bossnetts utan även för andra uppsamlingslösningar i utvecklingen. WasteIQ, som tagits i drift under 2019, drivs som ett oberoende företag och erbjuder en molnbaserad tjänst med en kollaborativ plattform för insamling av avfallsdata för såväl kommunala som privata avfallsbolag.

Inom ramen för WasteIQ utvecklas nu standarder, så att systemet ska kunna fungera som databas för avfallsdata från andra system. Efter hand kommer WasteIQ även att kunna kommunicera med sensorer för nivåmätning och viktscanners placerade på avfallsbilar. Genom att standardisera data för alla som använder systemet väntas WasteIQ kunna erbjuda en aggregerad analys, till exempel för att kunna se skillnader i användarbeteende vid införande av nya lösningar. Med WasteIQ blir det också möjligt att knyta ihop värdekedjorna och göra jämförelser mellan olika tekniska lösningar, olika stadsdelar och kommuner etc.

BIR AS är ett av Norges största regionala avfallshanteringsföretag och ansvarar för avfallshantering för mer än 360 000 invånare i BIR: s nio ägarkommuner: Askøy, Bergen, Fusa, Kvam, Os, Osterøy, Samnanger, Sund och Vaksdal. Ägarkommunerna har tilldelat BIR ansvaret med de lagstadgade uppgifterna om hantering av avfallet från hushållskunderna som är bosatta i dessa kommuner. Företaget erbjuder även avfallslösningar för näringslivet.

Bossnetts är ett underjordsbaserat rörsystem i den norska staden Bergen som med hjälp av tryckluft forslar avfall under marken. Systemet har ersatt de traditionella sopkärlen för hushåll i hela centrala Bergen. I rörsystemet sugas allt avfall från hushållen, uppdelade i tre olika fraktioner (plast, papperskartonger och restavfall) till stora behållare i en terminal i Jægviken. Därifrån hämtas behållarna som körs vidare till olika anläggningar för återvinning.

RFID är en teknisk lösning för att med hjälp av en sändare kunna läsa ut information på avstånd. Tekniken används bland annat i taggar, exempelvis för att låsa upp dörrar eller identifiera någon som lämnar information ifrån sig, till exempel i samband med hämtning av sopkärl.

Genom **BossID** får varje användare en egen identitet, och kunden får åtkomst till avfallshanteringssystemet genom en RFID-nyckel. Kunden betalar direkt, och BIR samlar in information om avfallsflödena.

Waste IQ är en molnbaserad kollaborativ plattform med "Plug n' Play"-funktion (standardiserade API:er) under utveckling. Plattformen ska kunna användas av aktörer från såväl kommunal som privat avfallshantering. Waste IQ kommer att tillgängliggöra och överföra data mellan vanliga system inom avfallsbranschen och göra det möjligt att aggregera avfallsdata, göra jämförelser mellan olika system och kommuner, ge underlag för prognoser och uppslag till nya lösningar och innovationer.

Det smarta avfallssystemet – exempel från Danmark

Inom det danska inspirationsprojektet ”Det smarte affaldssystem” lyfts ett flertal danska exempel, tänkta att bidra till erfarenhetsdelning och goda exempel fram. Nedan har vi samlat några av dessa.

RFID i kombinerade lösningar

RFID-tagging kan användas i kombination med ett vägnings-system, vilket kan ge data över avfallskärlets placering, tidpunkt för upphämtning, fraktioner och mängder. Denna kombination används inom FORS Forsyning i Holbæk Kommune för insamling av hushållsavfall. Bland annat används den insamlade informationen för uppföljning av kundklagomål angående missad tömning, då det går att följa upp om tömning faktiskt har utförts. Erbjudanden till individuella kunder utformas också för att anpassa efter antalet avfallskärl och dess storlek. Kundens avfallstaxa beror på mängden restavfall och biologiskt avfall, och kunden informeras löpande om sin individuella avfallsproduktion.

Vid Renosyd i Skanderborg och Odder Kommuner har man valt en applösning i kombination med RFID. RFID-taggingen används främst för att koppla samman avfallskärl med kunddata. Appen, som är till för Renosyds kunder och som också är kopplad till kunddatan, används för felrapportering och som sorteringsguide.

Sensorer för fyllnadsmätning

En fyllnadsmätare är en batteriförsedd sensor monterad i toppen av en behållare, exempelvis en container eller ett underjordiskt avfallskärl, som mäter fyllnadsgraden antingen med radiovågor eller ultraljud. I Danmark används fyllnadsmätare bland annat på Renovest, där fyllnadsmätare för containers kombineras med automatisk ruttplanering. Sensorn är kopplad till ett SIM-kort och en antenn som sänder data till ett styrsystem. En trafikledare optimerar sedan rutten. Fyllnadsmätaren upplevs av Renovest fungera bra för att mäta glas och metall, men sämre för papp och plast.

Dataöverföring och nätverkslösningar

Nya nätverkslösningar på lågfrekvens börjar bli utbredda i Danmark. Dessa är direkt anpassade för IoT- och Smart City-lösningar och har en låg elförbrukning och ett lågt pris som fördel, då små mängder data ska överföras med långa tidsintervallers mellanrum.

Lågfrekvenslösningar kan användas för smarta sensorer, och kan ge en batteritid på ungefär 10 år. Genom industripartnerskapet LoRa Alliance har ett radioband för lågfrekvens avsatts som kan användas av t ex en kommuns egen server eller molnlösning.

I Aarhus Kommune används sedan 2017 ett eget nätverk som är tänkt att omfatta alla Smart City-lösningar som ska implementeras framöver. En fördel är det låga priset för att ha smarta sensorer anslutna till nätverket inom kommunen – en månadskostnad på under 1 € per sensor. I Aarhus Kommune har det utförts ett visualiseringsprojekt som går att finna på genbrug.smartaarhus.dk för hushållsavfall på kommunens återvinningsstationer. Via denna kan invånarna få specifik information om avfallsmängderna på varje återvinningsstation, hitta närmaste återvinningsstation och också få reda på vilken tid på året, vilken veckodag och vilken tidpunkt som det är minst antal besökare bland de tillgängliga återvinningsstationerna.



OM PROJEKTET

Hur ser vi till att med digitaliseringen som stöd utveckla avfallshanteringen? Hur kan vi på bästa sätt inspirera och engagera Avfall Sveriges medlemmar så att de kan fånga digitaliseringens möjligheter? Dessa frågor har varit utgångspunkten för ett projekt som drivits av Avfall Sverige och IVL Svenska Miljöinstitutet i samverkan.

Denna skrift är ett resultat från projektet. I utvecklingen av innehållet till skriften har vi vägletts av svaren från den enkät som Avfall Sveriges medlemmar besvarade under våren 2019. I dessa framgick det att behoven och önskemålen om inspiration och vägledning var störst inom följande områden:

- **Effektivare logistik**
- **Insamling av information om avfall, t ex fraktioner och mängder**
- **Digital kundtjänst och e-tjänster**
- **Återbruk och avfallsförebyggande åtgärder**

Av svaren har vi också kunnat se att konkreta exempel från den egna branschen och framtidsspaningar är det som efterfrågas mest. Generell vägledning och inspiration om digitaliseringens möjligheter är också efterfrågat av många.

Därför handlar denna skrift om hur smarta sensorer och molntjänster kan bana väg för effektivare logistik och insamling av information om avfall. Vi hoppas att den ska bidra till utveckling med digitalisering som stöd.

Utvecklingen inom området är snabb och de exempel som lyfts fram i denna skrift utgör bara ett urval av allt som pågår inom området, i syfte att inspirera.

Har du andra exempel som skulle passa att lyfta fram?

Kontakta gärna Jessica Christiansen, Utvecklingchef, Avfall Sverige på jessica.christiansen@avfallsverige.se.

Avfall Sverige är kommunernas branschorganisation inom avfallshantering. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i landets alla kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt.

Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår, att mer återanvänds och att det avfall som uppstår återvinns och tas om hand på bästa sätt. Kommunen och deras bolag är ambassadör, katalysator och garant för denna omställning.

IVL Svenska Miljöinstitutet är ett fristående och icke vinstdrivande forskningsinstitut som sedan 1966 arbetar med tillämpad forskning och uppdrag för en ekologiskt, ekonomiskt och socialt hållbar tillväxt inom näringslivet och övriga samhället.

Hos IVL arbetar nu 300 ingenjörer, beteendevetare, kemister, marinbiologer, geologer, statsvetare, journalister, affärsutvecklare och ekonomer, för att nämna några.