



Bilden är AI-genererad.

Automatiserad dataöverföring från reningsverk till digital tvilling

Hur bygger man en digital tvilling?

Hur överförs data från reningsverket till processmodellen?

Vilka system finns för detta och vad skiljer dem åt?

Det är några av frågorna som Christoffer Wärff och Hanna Molin har undersökt i sina doktorandprojekt om digitala tvillingar.

En digital tvilling är en realtidsspeglning av ett fysiskt objekt eller system. Systemet kan exempelvis vara ett reningsverk med de processer och den utrustning som finns där. En digital kopia av systemet skapas genom att bygga en modell, eller en digital representation av systemet. Begreppet är brett och kan även inkludera exempelvis 3D-modeller av byggnader, men på reningsverk det är vanligare att det handlar om processmodeller (det vill säga modeller som beskriver de biologiska, kemiska och fysikaliska processerna i ett reningsverk). I viss mån inkluderas även den utrustning som behövs för att upprätthålla och styra processerna.

En vanlig definition av en digital tvilling för avloppsreningsverk anger tre egenskaper:

1. Den digitala kopian ska ha en fysisk motpart.
2. Dataöverföring mellan det fysiska systemet och den digitala kopian tvillingen ska ske automatiserat.
3. Det ska finnas metoder för att kontinuerligt uppdatera den digitala kopian.

Det första kravet är viktigt för att särskilja digitala tvillingar från processmodeller. En digital tvilling är en processmodell som används för simulering i realtid, vilket kräver en fysisk motpart. Det finns självklart stora värden i att ha en processmodell av ett reningsverk som inte ännu finns, bland annat som stöd i dimensioneringsskedet eller för att underlätta driftsättning. Enligt definitionen ovan räknas dock inte detta som en digital tvilling utan möjligen en digital kopia, eller något som i framtiden kan bli en digital tvilling. Utvecklingen av den digitala tvillingen kan så klart påbörjas innan det fysiska reningsverket är på plats.

Den här studien har framför allt fokuserat på dataöverföring mellan det fysiska systemet och den digitala kopian och har jämfört två system för automatiserad dataöverföring.

	Öresundsverket	Henriksdals reningsverk
Vad ska den digitala tvillingen användas till?	Prognoser, avancerad styrning, processoptimering	Beslutsstöd, feldetektion, prediktivt underhåll
Hur ofta görs simuleringar?	Varje timme	Varje sekund
Hur ofta överförs data?	Varje timme	Varje sekund
Vilken upplösning på data?	Minut	Sekund
Hur mycket data överförs vid varje tidssteg?	146 taggar, 4 kolumner per tagg, 60 rader per överföring	1 datapunkt per input och tidssteg
Vilken typ av data används i den digitala tvillingen?	Onlinedata	Onlinedata

Systemuppbyggnad – två exempel från verkligheten

Det finns många sätt att automatisera dataöverföring mellan reningsverk och digital tvilling. Molnbaserade lösningar, lokala system eller kombinationer av dessa är vanligt.

Här presenteras två system som har utvecklats inom ramarna för två doktorandprojekt om digitala tvillingar på reningsverk. Det ena projektet genomförs på Öresundsverket i Helsingborg, det andra på Henriksdals reningsverk i Stockholm. Tabellen ovan sammanfattar de viktigaste skillnaderna mellan de digitala tvillingarna. (Mer information finns i artiklarna på sista sidan i denna kortrapport.)

Case 1: Öresundsverket

Digital tvilling

För Öresundsverket utvecklas en digital tvilling inom ett doktorandprojekt som Christoffer Wärff gör i samarbete med RISE, Lunds universitet, NSVA och Gemit Solutions. Syftet är att utvärdera hur och om en digital tvilling kan användas för att förbättra reningsprocessen och samtidigt minimera kemikalie- och energiförbrukning. Den digitala tvillingen består av en mekanistisk processmodell över hela reningsverket som har utvecklats i den kommersiella programvaran Sumo. Datahantering, förbehandling av data, inflödesgenerering, initialisering av simuleringar samt utvärdering och visualisering av modellens output görs genom *Sumo Digital Twin Toolkit*. Den digitala tvillingen är planerad att användas för processoptimering.

Dataöverföring

Av datasäkerhetsskäl tillåts inga kopplingar direkt till SCADA-systemet, vilket innebär att en skräddarsydd lösning har behövt tas fram. Data från reningsverket överförs till en databas, där programvaran aCurve används för att läsa valda taggar och skriva över dem till en server (SFTP-server, *Secure File Transfer Protocol*) i .csv-format. En .csv-fil behövs för varje tagg. De innehåller motsvarande antal rader som antalet tidssteg av historiska data som ska användas i simuleringen. I dagsläget görs överföringar en gång per timme med minutupplösning, vilket innebär 60 rader per .csv-

fil. Innehållet på SFTP-servern kan nås från en PC där alla simuleringar utförs. Det är för tillfället inte möjligt att skriva tillbaka data till SCADA-systemet men det är möjligt att lösa genom att installera dataöverförings-systemet på plats eller genom en molnbaserad lösning.

Case 2: Henriksdals reningsverk

Digital tvilling

I ett doktorandprojekt som Hanna Molin gör i samarbete med IVL, Lunds universitet, SVOA, Käppalaförbundet och Syvab har ett system för implementering av digitala tvillingar installerats på Henriksdals reningsverk. Syftet är att utveckla modeller som kan användas för feldetektion, prediktivt underhåll och modellbaserat beslutsstöd. Hittills har modellutvecklingen mestadels handlat om utveckling av mjukvarusensorer, det vill säga modeller där parametrar som är lätta att mäta används för att uppskatta något som är svårt eller omöjligt att mäta i realtid på reningsverket. För att fullt ut ersätta den fysiska sensorn behöver en mjukvarusensor generera högupplöst data, gärna i samma tidsupplösning som den fysiska sensorn.

Dataöverföring

Systemet för dataöverföring bygger på edge computing och tillhandahålls av Siemens. Programsviten heter *Industrial Edge* och innehåller bland annat en applikation för realtidssimulering, *LiveTwin*. På reningsverket har en edge-enhet (i praktiken en industriell PC) installerats. Den läser data, antingen direkt från PLC:er eller från en lokal server (OPC UA). Det senare används i det här fallet. Modellutveckling och -validering görs med historiska data och utan realtidkoppling till reningsverket. När modellen är färdig exporteras den i rätt format och importeras i applikationen LiveTwin. I LiveTwin finns möjlighet att mappa rätt tagg till rätt modellinput, ställa in hur ofta simuleringar ska göras, var modelloutput ska skrivas med mera. Det är även här beräkningar/simuleringar initieras och stoppas. Själva beräkningarna görs processnära, på edge-enheten, vilket minskar fördröjningar i dataöverföring.

Resultat av jämförelsen av digitala tvillingar

Dessa två digitala tvillingar har olika syften och användningsområden och har implementerats på olika sätt. Val av metod bör göras utifrån vad den digitala tvillingen ska användas till och hur stora tidsfördröjningar som kan tillåtas.

Det är tydligt utifrån jämförelsen att systemet på Henriksdals reningsverk är snabbare både i överföringshastighet och simuleringstid än systemet på Öresundsverket. På Henriksdal finns ingen mätbar tidsfördröjning i dataöverföring. Simuleringstiden för de relativt enkla modellerna som har utvärderats hittills är mycket kort.

På Öresundsverket uppmättes en tidsfördröjning på cirka 2 minuter i dataöverföring samt en simuleringstid på 12 sekunder (för att uppdatera modellen med de senaste värdena, optimeringsalgoritmer tar längre tid). Dessa siffror är de facto större än på Henriksdal, men väldigt små i förhållande till hur ofta simuleringar görs (varje timme).

Olika användning ger olika krav

Det är också viktigt att ha i åtanke att de digitala tvillingarna har helt olika användningsområden. De mjukvarusensorer som har utvecklats på Henriksdals reningsverk är tänkta att kunna ersätta de fysiska sensorerna vilket innebär att de måste kunna leverera data i samma upplösning som en fysisk sensor. Optimering av processen som helhet, som planeras att göras på Öresundsverket, behöver förmodligen inte göras oftare än en gång per timme.

Definitionen av en digital tvilling säger att den ska ha metoder för att hålla modellerna uppdaterade så att de alltid speglar verkligheten på bästa möjliga sätt. Det är möjligt att göra i båda systemen även om tillvägagångssättet skiljer sig åt något. Ändringar av parametervärden kan göras direkt i simuleringssmodellen på Öresundsverket eller direkt

	Öresundsverket	Henriksdal
Tidsfördröjning i dataöverföring	2 minuter	< 1 sekund
Simuleringstid	12 sekunder	0,2–0,6 millisekund

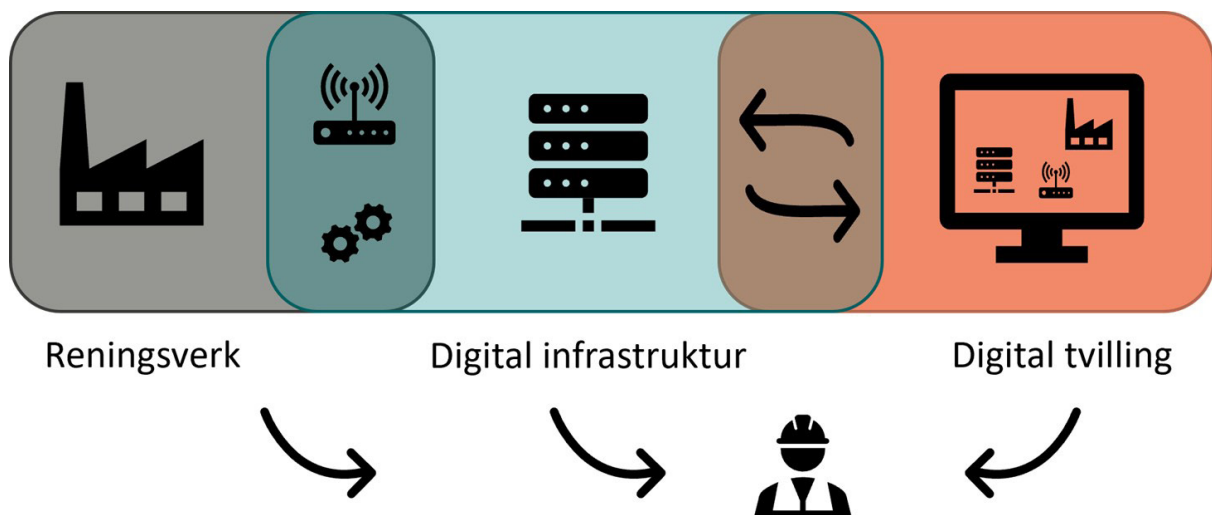
i LiveTwin-applikationen på Henriksdal. Större ändringar i modellstrukturen skulle dock kräva en ny import av modellen på Henriksdal, medan det på Öresundsverket går att göra mellan simuleringar direkt i Sumo.

En annan viktig funktion hos en digital tvilling är möjligheten att kombinera modeller, parallellt eller i serie. Även detta är möjligt i båda systemen.

Visualisering möjlig i båda fallen

I inget av fallen skrivs för tillfället data tillbaka till processen även om det är teoretiskt möjligt i båda. LiveTwin är konfigurerat för att kunna skriva tillbaka data direkt till processen och använda dem för övervakning eller styrning, men modellerna behöver utvärderas mer innan det steget tas. På Öresundsverket finns i dagsläget ingen möjlighet att skriva tillbaka data till SCADA-systemet men den funktionen kommer att utvecklas på sikt.

I båda fallen finns möjlighet att visualisera resultaten från simuleringarna. I Sumo (Öresundsverket) görs det genom att plotta resultaten och exempelvis kan resultat delges driftpersonalen via automatiserad e-post. I LiveTwin (Henriksdal) finns ett grafiskt användargränssnitt som möjliggör visualisering av resultaten i realtid. Det är också möjligt att skicka automatiserad e-post till driftpersonal. Användarna kan på så vis redan nu använda resultaten och informationen från simuleringarna för att fatta beslut och manuellt påverka processen.



Nytta för branschen

Processmodeller har länge använts off-line för att simulera olika scenarier eller testa styrstrategier. Det nya med digitala tvillingar är att kontinuerligt förse processmodellerna med realtidsdata. Den här studien visar två olika metoder för att automatisera dataöverföringen mellan reningsverket och processmodellen.

Här redovisas några resultat och lärdomar från de två doktorandprojekten. Listan är inte komplett men kan fungera som stöd i början av ett digital tvillingprojekt.

► Vilka problem ska den digitala tvillingen lösa?

Det är klokt att börja med att tydligt definiera syftet med den digitala tvillingen. Finns det specifika problem och, i så fall, kan de lösas med hjälp av en digital tvilling? Modellutvecklingen är starkt beroende av det tänkta användningsområdet.

► Hur ofta behöver simuleringar göras?

Är det en långsam eller snabb process som ska simuleras? Mjukvarusensorer: ofta. Optimering: sällan. Scenarioanalys: efter behov.

► Vilken typ av data behövs, i vilken upplösning?

Behövs data i realtid eller kan viss fördröjning tolereras? Behövs sekunddata eller räcker timvärden? Døgnsmedelvärden?

► Vilken typ av modell(er) behövs för att lösa problemen?

Det finns olika typer av modeller och modelluppbyggnaden kan skilja sig åt beroende på problembeskrivning. Behövs en komplett reningsverksmodell eller är det tillräckligt med enklare modeller av delprocesser? Mekanistisk, datadriven eller en hybridmodell? Kommersiella simuleringsprogramvaror? Integration till övriga program och system?

► Hur ska resultaten användas och av vem?

Vem som är mottagare av resultaten och hur resultaten ska kommuniceras är också viktigt att tänka igenom. I vissa fall kan en siffra i form av en tagg i SCADA-systemet vara lämpligt, i andra kanske grafisk visualisering behövs. Eller så är textbaserade resultat önskvärt: "Ställ om börvärde X till värde Y", "Stäng av pump A."

► Finns andra krav eller begränsningar?

Organisatoriska begränsningar, cybersäkerhet, data-lagring och delning, kompetens, grafiska gränssnitt med mera.

VA-kuster Mälardalen är ett samarbete för forskning och utbildning inom vatten- och avloppsområdet. Medlemmar är universitet och högskolor, VA-organisationer och forskningsinstitut. Klustret är en del av Svenskt Vattens satsning på projektprogram för högskolor och universitet och får finansiellt stöd från Svenskt Vatten Utveckling och från VA-organisationer i Mälardalsregionen.

Projekt och finansiering

Case 1, Öresundsverket:

Budget: 8,16 MSEK

Finansiärer: Formas, NSVA, SVU, RISE (in-kind), Lunds universitet (in-kind), Gemit Solutions (in-kind)

Period: 2020-2024

Case 2, Henriksdals reningsverk:

Budget: 8,42 MSEK

Finansiärer: Stiftelsen IVL, Käppalaförbundet, Stockholm Vatten och Avfall, Syvab, SVU

Period: 2020-2026

Läs mer om projekten

► [Automated data transfer for digital twin applications: Two case studies](#)

Case 1, Öresundsverket

► [Digitala tvillingar kan bidra till proaktiva beslut på reningsverk](#)

► [Digital tvilling för hållbar och resurseffektiv drift av avloppsrening](#)

► [Operational digital twins for water resource recovery facilities – Rationale, components, and case studies](#)

Case 2, Henriksdals reningsverk

► [Digital pilot driftsatt på Henriksdal](#)

► [Implementering av digitala tvillingar på avloppsreningsverk](#)

► [Implementation of digital twins at water resource recovery facilities](#)

Kontakt



Christoffer Wärrff
Industridoktorand
christoffer.warff@ri.se



Hanna Molin
Industridoktorand
hanna.molin@ivl.se



VA-kuster Mälardalen