

# Modellbaserad utveckling av en vattenreningsanläggning baserad på omvänd osmos

Sofia Mejvik och Håkan Olin

**Rent och pålitligt vatten är en förutsättning för att ett samhälle ska fungera. Ett av många sätt att rena vatten är genom så kallad omvänd osmos, som bygger på att vätskor med olika koncentrationer strävar efter att jämna ut koncentrationsskillnaden. Målet med det här projektet har varit att utveckla ett nytt styrsystem till en sådan vattenreningsprocess, baserat på en modellbaserad modellering.**

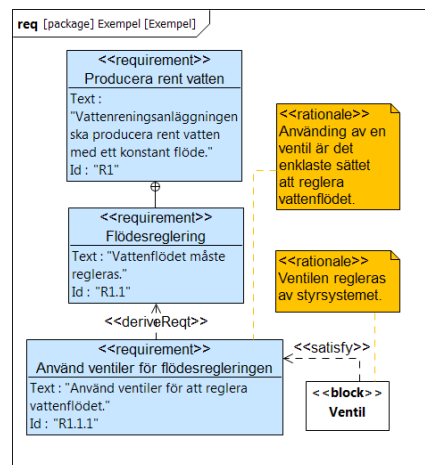
## Modellbaserad utveckling

Modellbaserad utveckling bygger på att man grafiskt representerar ett systems olika funktioner, och samlar all denna information i ett antal modeller. För att representera all information om systemet finns ett antal modelleringstandarder, t.ex. UML och SysML. SysML bygger på att man vid utvecklingen av ett system ska kunna samla all information digitalt i en och samma fil under hela utvecklingskedet. Informationen kan t.ex. röra sig om vilka som kan tänkas ha krav på systemet och vad dessa krav i så fall kan vara. Vidare finns också möjligheten att beskriva vilka delar som systemet innehåller, både rent fysiskt men också mer abstrakta saker såsom mjukvarans uppbyggnad. I Figur 1 visas ett exempel på hur en modell för kraven på styrsystemet kan se ut. En av fördelarna med den modellbaserade utvecklingen är att saker kan organiseras i träd, vilket gör att stora och komplicerade krav lätt kan delas upp i mindre. Det är också enkelt att länka mellan olika objekt i modellen, vilket möjliggör spårbarhet genom projektet.

## Vattenreningsprocessen

Vattenreningsystemet är uppbyggt av en rad olika delar. Dels finns det en förfilterdel som förbehandlar det inkommande

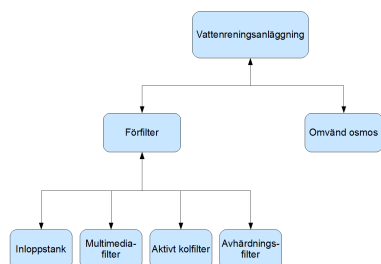
vattnet, medan den omvända osmosen huvudsakligen används för att filtrera bort bakterier. För att förhindra bakterietillväxt i systemet, är det viktigt att vattnet i största möjliga mån alltid cirkulerar i systemet, vilket på så sätt försvårar bakteriernas möjlighet att fastna på osmosdelens membran där de kan bilda bakteriekolonier. Då systemet ej producerar vatten till konsumenten, cirkulerar vattnet runt i systemet. Eftersom det alltid finns en viss bakterietillväxt är det viktigt att under cirkuleringen kontinuerligt tappa systemet på lite vatten, medan nytt vatten tillförs, för att på så sätt hålla bakteriehalten på en låg nivå. Tidigare har mängden vatten som tappats varit oreglerad, d.v.s. man har släppt ut lika mycket vatten oberoende av den faktiska vattenkvaliteten. Ett av målen med det nya styrsystemet är att kontinuerligt mäta vattenkvaliteten och att sedan bara tappa av den mängd vatten som är nödvändig för att upprätthålla en godkänd vattenkvalitet.



Figur 1: Exempel på hur krav kan organiseras i modellen.

## Styrsystemet

Det utvecklade styrsystemet är uppdelat i en rad sammankopplade delar. Varje del, t.ex. de olika förfilterna i förbehandlingsdelen styrs av var sin tillståndsmaskin. Exempel på tillstånd är felläge, produktionsläge och cirkulationsläge. Tillståndsmaskinerna kan sedan hoppa mellan olika lägen beroende på vilka signaler som mottags från sensorer eller andra tillståndsmaskiner. Om en sensor t.ex. registrerar ett fel i förfilterdelen, leder detta först till att förfilterdelen försätts i felläge, varpå felsignalen skickas vidare till osmossteget som också går i felläge. Figur 2 visar hur tillståndsmaskinerna är organiserade. Part 1 i figuren är förfilterdelen som alltså delats upp i fyra underliggande delar, medan Part 2 är det omvända osmossteget. För att underlätta utvecklingen av tillståndsmaskinerna används Matlab/Simulink där kommunikationen mellan de olika delar lätt kan både utvecklas och felsökas.

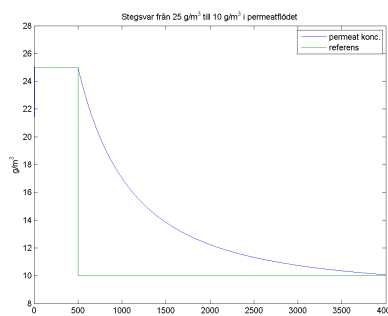


Figur 2: Träd som visar hur styrsystemet tillståndsmaskiner är organiserade

## Matematisk modellering

Då det inte fanns någon verklig fysisk process att utvärdera styrsystemet mot, fick en matematisk modell sättas upp för att beskriva de olika vattenflödena i systemet. Den matematiska modellen bygger dels på välkända begrepp såsom bevarande av massa men också på ekvationer som beskriver hur flödena genom den omvända osmosdelen fördelar sig. De resulterande differentialekvationerna sattes sedan upp i Matlab/Simulink och kopplades upp mot tillståndsmaskinerna. Med hjälp av den

framtagna modellen kunde också olika regleringsmetoder för avtappningen av vattnet testas. Figur 3 visar en PID regulator som styr avtappningen av vattnet. I figuren syns hur referensnivån för saltkoncentrationen, d.v.s. vattenkvaliteten, på det renade vattnet ändras och hur det renade vattnet sakta sjunker till den nya referensen.



Figur 3: PID-reglering av det avtappade vattnet.

## Implementering

För att så småningom kunna koppla upp styrsystemet mot den verkliga vattenreningsprocessen, måste det utvecklade systemet göras om från simuleringarna i Matlab till C-kod. Implementeringen av tillståndsmaskinerna underlättades genom att open-source paketet Quantum-Leaps användes. Detta paket är speciellt framtaget för att enkelt kunna utveckla hierarkiska tillståndsmaskiner. Själva koden byggdes upp av ett antal bibliotek, där varje bibliotek är anpassat för olika delar av maskinen. T.ex. finns bibliotek för styrning av ventiler och avläsning av sensorer, men också för de större individuella delarna av maskinen, såsom förfilterna. Detta gjordes för att systemet ska vara så modulärt som möjligt, d.v.s. att det ska vara lätt att sätta in och ta bort delar från vattenreningsprocessen utan att hela styrsystemet ska behöva göras om.

Då implementeringen visar lovande resultat är nästa steg att testa implementeringen på en verklig process. En annan möjlig vidareutveckling är ta fram ett grafiskt användargränssnitt.