

Instrumentera rätt på avloppsreningsverk

Sofia Lovisa Andersson

Linda Åmand

Oscar Samuelsson

Sara Nilsson



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.

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Instrumentera rätt på avloppsreningsverk
Title of the report:	Instrumentation at wastewater treatment plants
Författare:	Sofia Lovisa Andersson, Linda Åmand, Oscar Samuelsson, Sara Nilsson, IVL Svenska Miljöinstitutet
Rapportnummer:	2019-14
Antal sidor:	94
Sammandrag:	Instrumenten på avloppsreningsverken blir allt fler och är viktiga för både övervakning och processtyrning. Rapporten sammanställer praktiska erfarenheter och kunskap kring instrumentering, och ska bidra till att reningsverken i Sverige får tillräckligt god mätdatakvalitet från sina instrument för att de på ett resurseffektivt sätt ska kunna nå sina utsläppskrav. Rapporten innehåller handfasta råd och rekommendationer.
Abstract:	The instruments are increasing in numbers at the wastewater treatment plants and are an important basis for both monitoring and process control. This report will help ensure sufficiently good data quality from instrument to help achieve emission targets in a resource efficient way.
Sökord:	Instrument, sensor, avloppsvattenrening
Keywords:	Instrument, sensor, wastewater treatment
Målgrupper:	Personer som arbetar med instrument på avloppsreningsverk
Omslagsbild:	Tryckgivare på Hammarby Sjöstadsverk. Foto: Sofia Lovisa Andersson.
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2019
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	16-112
Projektets namn:	Instrumentera rätt på avloppsreningsverk
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, Stiftelsen IVL, Stockholm Vatten och Avfall, Gryaab, Käppalaförbundet, Syvab, Mälarenergi Västerås, Uppsala Vatten och Avfall, Tekniska Verken i Linköping, Örebro kommun, Eskilstuna Strängnäs Energi och Miljö, Växjö kommun och Enköpings kommun

Förord

Idén till detta arbete uppkom i diskussioner i forskningsklustret VA-kluster Mälardalen. Från VA-organisationerna konstaterades att frågor kring mätvärden och instrument får allt större betydelse men att det saknas råd och rekommendationer på svenska.

En stor mängd personer har varit delaktiga i att detta arbete har blivit av, och vi vill särskilt lyfta fram deltagarna i projektgruppen ute på reningsverken som tillsammans suttit på en bred och djup erfarenhet av instrumenteringsarbete. Personalen som arbetar med instrumenten är helt avgörande för att information finns tillgänglig om anläggningen, året runt, dygnet runt. Och det är med dessa personer i åtanke som denna rapport är skriven: Hur hjälper vi er att bli ännu bättre på det ni gör?

Denna rapport har tagits fram tack vare stöd från Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm Vatten och Avfall, Örebro kommun, Syvab, Uppsala Vatten och Avfall, Växjö kommun, Tekniska Verken i Linköping, Gryaab, Käppalaförbundet, Mälarenergi, Eskilstuna Energi och Miljö, Enköpings kommun och Stiftelsen IVL. Deltagande i projektgruppen har varit representanter från ovan nämnda VA-organisationer och IVL Svenska Miljöinstitutet. Projektet har utöver detta haft en grupp resurspersoner från följande instrumentleverantörer; Christian Berner, Endress+Hausser, Hach, MJK och Ventim.

Vi vill rikta ett stort tack till alla som bidragit med sin tid genom att svara på enkäter, delta i workshops och genom att låta sig intervjuas.

Vi vill även rikta ett tack till projektets referensgrupp för stöd under projektets gång. Tack till Per-Håkan Bergström, tidigare på Cerlic, Lars-Gunnar Reinius, Mergus VA-teknik, Doug Lumley, Gryaab och Andreas Johansson, Skövde kommun.

Slutligen vill projektet också tacka Klara Westling för hjälp med granskning av rapporten.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary.....	7
1 Terminologi och förkortningar.....	8
2 Inledning.....	10
3 Metod	11
4 Läsanvisningar.....	13
5 Varför ska man mäta?.....	14
5.1 Behov av pålitliga online-instrument idag och i framtiden	14
5.2 Kostnad och nytta	20
6 Vad och var ska man mäta?.....	22
6.1 Det genomsnittliga reningsverket.....	22
6.2 Val av instrument	24
6.3 Upphandling	29
6.4 Installation och placering av instrument.....	33
7 Hur ska man mäta?.....	37
7.1 Organisatoriska faktorer	37
7.2 Underhåll av instrument	40
7.3 Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet	50
8 Slutsatser och råd	60
9 Referenser.....	62
Bilaga 1. Checklista för installation och placering	64
Bilaga 2. Exempel på mall för kravspecifikation	65
Bilaga 3. Hur gör man en kritikalitetsanalys för instrument?.....	70
Bilaga 4. Käppalaverket - har en väl fungerande arbetsmetod för sina instrument.....	75
Bilaga 5. Nykvarnsverket - det mest välinstrumenterade reningsverket.....	78
Bilaga 6. Ryaverket - har flest instrument av reningsverken i Sverige	81
Bilaga 7. MIVA - verkar i mindre kommun med många små reningsverk	84
Bilaga 8. Skövde - den mindre kommunen med sammanhållen centralort.....	87

Sammanfattning

Instrumenten på avloppsreningsverken blir allt fler och är viktiga för både övervakning och processtyrning. Rapporten sammanställer praktiska erfarenheter och kunskap kring instrumentering, och ska bidra till att reningsverken i Sverige får tillräckligt god mätdatakvalitet från sina instrument för att de på ett resurseffektivt sätt ska kunna nå sina utsläppskrav. Rapporten innehåller handfasta råd och rekommendationer.

Det blir särskilt viktigt med pålitliga instrument när utsläppsvillkoren skärps och marginalerna krymper. Ökat inslag av processtyrning och automation innebär att tillförligheten hos instrumenten måste vara hög. Hittills har det saknats råd på svenska när det gäller avloppsreningsverkens instrumentering, något som projektet ”Instrumentera rätt på avloppsreningsverk” (IRPA) har försökt råda bot på. Arbetet har genomförts av forskare på IVL Svenska Miljöinstitutet tillsammans med representanter från elva VA-organisationer. Inom projektet har även fem instrumentleverantörer deltagit. I rapporten samlas matnyttig information och rekommendationer om vad som bör ingå i ett systematiskt instrumenteringsarbete. Författarna har läst svensk och utländsk litteratur, intervjuat sakägare samt genomfört enkäter och workshoppar.

Rapporten försöker besvara frågorna: ”Varför ska man mäta?”, ”Vad och var ska man mäta?” och ”Hur ska man mäta?”. De områden som täcks in är val av instrument, installation och placering, upphandling, organisatoriska faktorer, underhåll samt givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet. Genom att förstå *varför* en viss mätsignal är viktig och vilken information den ska bidra med är det många andra frågor som faller på plats. Det blir lättare att bedöma var instrumentet bör placeras, vilken nivå av underhåll som är relevant och vilken mätvärdesnoggrannhet som bör eftersträvas. När varför-frågan är besvarad är det ytterligare två typer av frågor som behöver bevakas – mjuka frågor som engagemang, dialog och samarbete, samt hårdare frågor som rutiner och dokumentation.

Instrumentfrågan är komplex och bör behandlas som sådan. Genom instrumenten införskaffas större delen av all information om hur processen beter sig i nutid och hur den utvecklas över tid. Instrumenteringen hör ihop med övriga delar av process- och driftarbetet. Därför behöver den lösas av en grupp med blandad kompetens. Ett par av nyckelfaktorerna för att instrumenteringen ska fungera bra är engagerad och utbildad personal samt tydlig ansvarsuppdelning.

Summary

The instruments are increasing in numbers at the wastewater treatment plants and they are an important basis for both monitoring and process control. Reliable instruments become especially important when effluent limits become stricter. This report will help ensure that the treatment plants in Sweden receive sufficiently good data quality from their instruments with the purpose to create the conditions for the wastewater treatment plants to achieve their emission targets in a resource-efficient manner.

The report tries to answer the questions: Why measure?, What and where to measure? and How to measure? The questions have been answered by gathering information from Swedish and international literature, interviews with stakeholders, surveys and workshops. The areas covered are Selection of instruments, Installation and placement, Procurement, Organizational factors, Maintenance and finally Sensor quality control and measurement accuracy.

By understanding why a certain measurement signal is important and what information it should contribute with, there are many other issues that fall into place. The staff has easier to understand the purpose of their work; it is easier to understand where the instrument should be placed, what level of maintenance is relevant and which measurement accuracy should be sought. When the Why-question is answered, there are two additional groups of issues that need to be checked - the soft issues such as engagement, dialogue and cooperation, as well as the more rigorous issues such as routines and documentation.

It is clear from the report that the instrument issue is complex and that it should therefore also be treated as such. Through the instruments, the crucial part of all information about the process's development and performance over time is acquired. It is not possible to isolate the work on instrumentation from other parts of the process and operation work. This makes it necessary to solve the challenges surrounding instrumentation in a group of mixed skills. This also means that a good dialogue between supplier and client ultimately leads to better information content.

The prerequisites for good measurement results are already set at procurement, installation and choice of location. Once the instrument is in place, the work needs to continue with maintenance, control and calibration. Through all these steps, the wastewater treatment staff needs a well-thought-out method for preparation, planning, division of responsibility and documentation of work performed.

In support of the work on instruments on wastewater treatment plants, the report collects useful information and sharp recommendations on what should be included in a systematic instrumentation work. The report contains case studies from five wastewater treatment plants and the possibility of comparing with other treatment plants through the survey that was distributed to Swedish wastewater treatment plants.

1 Terminologi och förkortningar

Bias	Ett konstant fel. Instrumentet visar konsekvent för högt eller för lågt värde jämfört med kontrollvärde.
Centralenhet	Se Kontrollbox.
DO	Syrehalt (Dissolved oxygen).
Drift	Drivande fel i mätningen, d.v.s. felet ökar med tiden. Drift kan även uppstå p.g.a. temperaturförändringar eller processförändringar. Felet kan öka eller minska beroende på yttre omständigheter.
Elektrod	Elektronledare som är till för att leda ström eller mäta en elektrisk potential. Jonselektiva elektroder är sensorer som omvandlar jonisk aktivitet i lösning till en potential som kan mätas.
Ex-situ	Mätning utanför processen, på en plats dit processvatten pumpas.
Givare	Själva mätdelen av ett instrument. På givaren sitter vanligen elektroden.
GSE	Gas Sensitive Electrode (Gaskänslig elektrod).
In-linemätning	Mätning på ledning.
In-situ	Placering av givare direkt i processen.
Instrument	Givare och tillhörande kringutrustning såsom kontrollbox/signalomvandlingsenhet och eventuell display.
ISE	Ion Selective Electrode (Jonselektiv elektrod).
Kontrollbox	Lokal enhet som styr instrumentet och kommunicerar vidare med det överordnade styr- och övervakningssystemet. Beroende på leverantör kallas denna ibland även kontrollenhet, signalomvandlare, centralenhet eller transmitter.
Matningsspänning	Spänning som behöver skickas till instrumentet. Anges i volt.
Mjukvarusensor	Se soft sensor.
Mäthuvud	Del av givare där mätelektroder sitter. Kan ofta bytas ut.
Mätnoggrannhet	Grad av överensstämmelse mellan ett mätresultat och det sanna värdet. Kan anges i den enhet som mäts eller i procent av mätvärde alternativt procent av mätområdet.

Mätområde	Spann som instrumentet klarar av att mäta inom, anges från lägsta till högsta värde.
Mätprincip	Den mätmetod som instrumentet använder, kan vara olika för samma typ av instrument, till exempel är optisk och elektrokemisk två olika mätprinciper för att mäta syrehalt.
Mätupplösning	Minsta skillnaden mellan två steg i en mätning. Om upplösningen är 1 mg/L går det bara att mäta hela mg/L, då kommer till exempel 5,6 mg/L visas som 6 mg/L.
Precision	Grad av överensstämmelse mellan resultaten från upprepade mätningar.
Repeterbarhet	Det maximala felet vid upprepade mätningar i samma prov då alla förhållanden hålls konstanta utom tiden.
Responstid	Tiden det tar för instrumentet att reagera på en förändring i den variabel som mäts.
Signalomvandlare	Se Kontrollbox.
Soft sensor	Ett samlingsnamn för beräkningar där en eller flera mätsignaler (som oftast är enkla att mäta) används för att beräkna eller uppskatta värdet för en variabel som inte mäts direkt.
SS	Suspenderad substans.
Transmitter	Se Kontrollbox.
TS	Torrsubstans.

2 Inledning

God övervakning och styrning är avgörande för att avloppsreningsverken ska kunna nå sina utsläppsvillkor på ett resurseffektivt sätt. Tillräckligt robust och noggrann mätutrustning är en förutsättning för god övervakning och styrning och för att beslut ska kunna fattas på rätt grund. Många upplever att det är svårt att lita på givare på avloppsreningsverk, vilket kan leda till en ond cirkel där ett systematiskt arbete med att underhålla och arbeta med instrumentfrågor inte prioriteras.

Inom VA-branschen arbetar man på olika sätt med underhåll, kontroll och kalibrering av instrument. Hur uppföljning av instrumenten går till, vem eller vilka inom organisationen som utför arbetet, hur många instrument som är installerade, var dessa är placerade och vad som kan anses vara ett tillräckligt noggrant mätvärde varierar. Samtidigt finns det lång erfarenhet av att arbeta med instrumenteringsfrågor hos enskilda personer men också via instrumentsamarbeten mellan olika reningsverk. Dessa erfarenheter har hittills inte dokumenterats eller sammanfattats för en bredare publik.

Utvecklingen går mot att mer och mer information från industriella processer samlas in för att tillhandahålla beslutsstöd för operatörer eller beslutsfattare. Ökat inslag av automation och styrning i processerna innebär att tillförlitligheten på instrumenten behöver vara hög, eftersom det mänskliga ögat inte kan värdera kvaliteten på signalen. Även kompetensen hos personalen som tolkar data behöver vara hög. I en tid av digitalisering är det av största vikt att instrument på reningsverk sitter på rätt plats, underhålls på rätt sätt och mäter tillräckligt rätt.

Projektet *IRPA – Instrumentera rätt på avloppsreningsverk* har haft som syfte att skapa förutsättningar för svenska avloppsreningsverk att på ett resurseffektivt sätt nå sina utsläppsmål genom att säkerställa att mätdata från anläggningarna är av tillräckligt god kvalitet. Detta genom att ta fram, dokumentera och sprida råd och rekommendationer om instrumentering på avloppsreningsverk. Projektet har arbetat med att besvara frågorna: *Vad för* ska man mäta?, *Vad* och *var* ska man mäta? och *Hur* ska man mäta?

Rapporten riktar sig främst till alla som är involverade i arbetet med instrument på avloppsreningsverk, men kan också vara intressant för konsulter och leverantörer som arbetar med instrumentering. Delar av arbetet kan också inspirera andra industrigrenar med mycket online-instrument.

3 Metod

För att kunna besvara frågorna varför det ska mätas, vad och var ska man mäta, och hur det ska mätas har dels en litteraturstudie genomförts men framförallt baseras resultaten på intervjuer, workshops och enkätundersökningar. Projektgruppen har bestått av forskare på IVL tillsammans med 11 svenska VA-organisationer. I tillägg till dessa har även fem instrumentleverantörer ingått i en resursgrupp för projektet.

Fem (5) intervjuer med personal från reningsverk har genomförts och presenteras som fallstudier i bilagor till denna rapport. Även representanter från de fem leverantörerna har intervjuats och dessa resultat har huvudsakligen använts för att ta fram intressanta frågeställningar för workshops, men även vävts in i rapporten.

Projektet har hållit i totalt 5 workshops. Den inledande uppstartsworkshopen handlade om vad projektet skulle prioritera och arbetet med omvärldsanalys startades upp. Under resterade workshops har följande områden diskuterats; Prioritering av underhåll genom kritikalitetsanalys, vad som är viktigt att tänka på vid val av placering och installation av instrument, hur man arbetar med kontroll och kalibrering, upphandling av instrument och slutligen om instrumentering och styrning i luftning/biosteg. Vid två tillfällen har leverantörerna varit inbjudna tillsammans med personal från verken.

Inom projektet har även en enkät skickats ut till svenska reningsverk med hjälp från Svenskt Vatten och en liknande enkät till danska reningsverk med hjälp från den danska branschorganisationen för vatten och avlopp, Dansk Vand- og Spildevandsforening (DANVA).

Definitioner

Med *instrument* avses i denna rapport givare, eller analysator, inklusive kringutrustning såsom kontrollbox/signalomvandlingsenhet och eventuell display.

Med *givare* avses själva mätsonden som är i kontakt med mediet (vätska, slam eller gas).

Kontrollbox är den lokala enhet som styr instrumentet och kommunicerar vidare med det överordnade styr- och övervakningssystemet. Beroende på leverantör kallas denna ibland även kontrollenhet, signalomvandlare, centralenhet eller transmitter.

Med *online-instrument* avses både online-givare och analysatorer. Med online-mätning avses mätning som sker automatiskt och kontinuerligt.

Avgränsningar

Försök har gjorts att täcka in alla sorters instrument, och arbete med instrument generellt. Särskilt fokus har dock varit på branschspecifika instrument såsom syre, ammonium, nitrat, fosfat, slamhalt, slamnivå och

torrsubstans (TS), då dessa är relaterade till resursförbrukning och uppfyllnad av utsläppsvillkor. Flöde, tryck och temperatur är inkluderade men inte lika detaljerat då dessa är vanligt förekommande även inom andra branscher/industrier.

4 Läsanvisningar

Denna rapport är upplagd utifrån frågorna ”Varför?”, ”Vad och var?” samt ”Hur?” man ska mäta.

I det inledande kapitlet ges en bakgrund och motivering till *varför* man ska mäta online på reningsverk. Här listas de vanligaste variablerna som mäts med olika motiveringar till varför dessa mäts och vad man kan använda mätsignalen till. Kapitlet avslutas med exempel på hur man kan tänka kring kostnad och nytta av instrumentering.

Det följande kapitlet handlar om frågorna *vad och var* man ska mäta. Här ges först en bild av hur instrumenteringen ser ut idag på svenska reningsverk. Därefter kommer tips som rör val av instrument följt av råd för installation och placering och slutligen ett avsnitt som tar upp sådant som kan vara bra att tänka på vid upphandling av instrument.

Rapportens huvudsakliga tyngdpunkt ligger i det tredje kapitlet som handlar om *hur* man ska mäta. Detta kapitel är indelat i tre underavsnitt; Organisatoriska faktorer, Underhåll av instrument samt Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet.

För att underlätta för läsaren har alla underavsnitt först en bakgrund som beskriver frågeställningar och problematik följt av konkreta råd och tips inom området.

I rapporten finns vidare lästips för den intresserade i särskilda rutor.

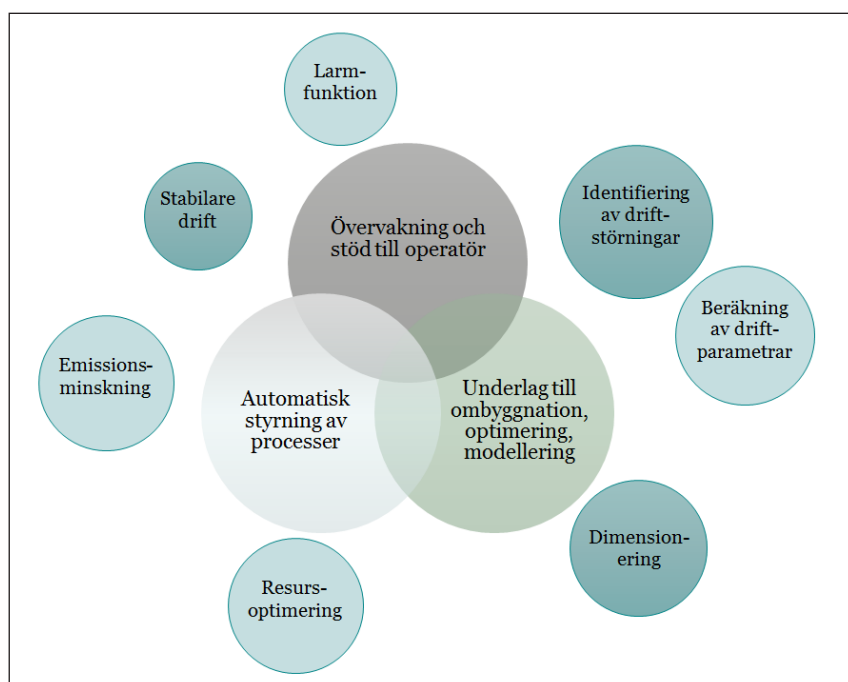
I bilagor till rapporten finns en del verktyg (checklistor, mallar, metodbeskrivningar m.m.) och utförligare dokumentation av de arbetsmoment som ingått i projektet såsom resultat från intervjuer/fallstudier.

5 Varför ska man mäta?

5.1 Behov av pålitliga online-instrument idag och i framtiden

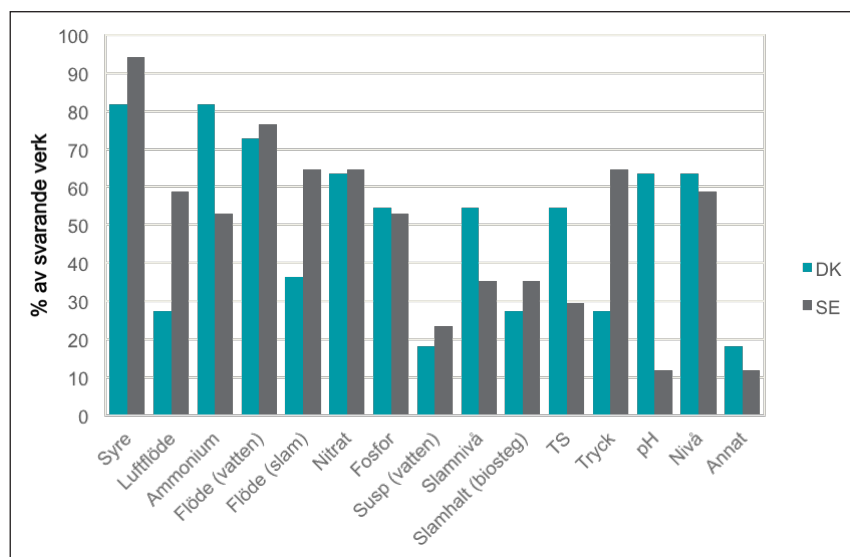
Online-instrument blir allt viktigare för avloppsreningsverken. De ingår i en kedja för övervakning och styrning och är tillsammans med regulatorer och ställdon avgörande för att driva processerna stabilt och för att möta utsläppskraven. Information från online-instrument spelar en central roll för drift, utveckling och beslutsfattande inom all processindustri. Det kan handla om möjlighet att upptäcka störningar och arbeta med styrstrategier för att minska resursförbrukning och driftskostnader. Det är vanligt att koppla instrumentvärden till larm så att driftpersonal snabbare får information när processen avviker från det normala. Dessutom är information från online-instrument värdefull för uppföljning och förbättringsarbete. Figur 5.1 illustrerar tre huvudområden som instrument kan användas inom och ett antal exempel på funktion.

Alternativet till online-instrument är manuella mätningar. Manuella mätningar är sällan tillräckligt frekventa och utförs normalt inte med de korta tidsspänn som krävs för att på ett korrekt sätt styra driften, vilket gör att användning av online-instrument ökar (Qasim, 1999). Online-instrument klarar att fånga de dynamiska variationerna som förekommer på reningsverk vilket blir nödvändigt om de ska kunna drivas resurseffektivt (Mörling, 2016).



Figur 5.1 Exempel på användningsområden för instrument.

Instrumenten blir allt fler på reningsverken. Anledningar till att fler instrument används är skärpta krav från tillsynsmyndigheter och optimering av processer för att minska resursförbrukning och driftskostnader. Det blir särskilt viktigt med pålitliga instrument när kraven är hårda, marginalerna krymper (både marginal från utgående halter till gränsvärden och marginaler för stabil och resurseffektiv drift) och resurseffektivitet är viktigt. En jämförelse mellan hur vanligt det är att automatiskt styra på olika mätparametrar i Sverige och Danmark visas i Figur 5.2.



Figur 5.2 Hur vanligt det är att styra på olika mätparametrar i Sverige och Danmark idag. Resultat från enkätundersökningar i Sverige och Danmark gjorda inom projektet. Resultatet avser reningsverk i storlek 20 000–200 000 p.e. som har kväverening.

Pålitliga online-instrument är inte bara viktiga för uppföljning av reningsresultat och styrning av processen. De är även en viktig källa till information vid ombyggnation eller uppgradering av utrustning (Vanrolleghem och Lee, 2003; Morling, 2016). Säg att det planeras för byte av luftarsystem eller pumpar, då är det stor fördel om det finns historiska data över dygnsvariationer i till exempel flöde, temperatur och belastning för att dimensionera för att klara de normala variationerna. Morling (2016) påpekar även vikten av online-instrument för uppföljning av designaspekter.

Det är också vanligt att använda online-instrument för driftuppföljning och för att beräkna viktiga nyckelvärden för din process. Flöden är centralt för all typ av uppföljning. Det är till exempel viktigt för att beräkna uppehållstider, massbalanser och slamålder.

Det talas om hur instrumentutvecklingen går framåt och att möjligheterna till användning av online-instrument i styrstrategier ökar. Många publikationer har visat att det är möjligt att signifikant minska resursförbrukningen genom avancerad styrning baserade på online-mätningar (se exempelvis Ingildsen (2002) och Åmand (2014)), dock anses instrumentens pålitlighet fortfarande vara en flaskhals för att dessa strategier ska implementeras i fullskala (Rieger et al., 2012; van den Broeke et al., 2014).

Andra har sett hinder för implementering av nya instrument då dagens reningsverk är gamla och inte byggda för att styras utifrån online-mätningar (Vanrolleghem och Lee, 2003). Det kan handla om begränsningar i styrsystemet eller i reningsverkets driftutrustning.

Det räcker alltså inte bara med pålitliga instrument för att möta framtida utmaningar. Som komplement finns även ett behov av ställdon som gör det möjligt att automatiskt styra utrustning i processen. Det kan vara automatiska ventiler där öppningsgraden kan styras av en regulator eller pumpar och blåsmaskiner med möjlighet till frekvensstyrning.

Ytterligare ett skäl till den begränsade implementeringen av online-instrument för övervakning och styrning (utöver pålitlighet och äldre icke reglerbar utrustning) är att de flesta publikationer är av vetenskaplig karaktär och att praktiska erfarenheter på reningsverken sällan dokumenteras. Den huvudsakliga källan till information om instrument för personal på reningsverk är ofta det kommersiella material som instrumentleverantörerna tillhandahåller (van den Broeke et al., 2014).

Några områden där behovet av pålitliga instrument kommer öka de kommande åren är mätning vid låga halter av kväve och fosfor med god mätnoggrannhet för att bättre kunna styra och optimera kväverening och kemisk fällning, på grund av hårdare utsläppskrav. En annan utmaning är att mäta pålitligt i inkommande vatten, främst på grund av det stora underhåll som krävs för instrumenten där. En tredje viktig aspekt är ställtiden då instrument av olika anledningar inte kan användas. Kopplat till mindre marginaler i framtiden kommer det behövas en effektiv reservdels-hantering eftersom problem kan uppstå då utrustning har långa leveranstider. På samma sätt som verken idag arbetar med exempelvis pumpar avseende redundans för kritiska funktioner ses ett behov att i framtiden tänka liknande för instrument.

Faktorer som påverkar behovet av avancerad processtyrning med hjälp av online-instrument beror på verkets storlek och framtida planer för utbyggnation, hur komplexa processerna är, antal kontrollpunkter, hur mycket personal som finns tillgänglig och deras kompetens och erfarenhet. (Qasim, 1999). Andra viktiga faktorer är utsläppskrav och känslighet hos recipient.

5.1.1 Variabler för övervakning och styrning

I detta avsnitt listas specifika variabler som ofta mäts på reningsverk idag och varför dessa mäts. De vanligaste variablerna som kräver lite mer underhåll listas i tabellform. Ytterligare ett antal förekommande variabler beskrivs översiktligt i text. I senare avsnitt listas även kombinationer av variabler för mätning för olika kategorier av reningsverk, det vill säga en form av normalinstrumentering för olika reningsverk (se avsnitt 6.1). För mer ingående information om mätmetoder hänvisas till litteratur, exempelvis WEF (2013).

Flöde	Mätprincip: Differenstryck, Elektromagnetisk, Vortex, Svävkropp, Ultraljud m.fl
Motiv till mätning	Flödesmätning är absolut nödvändigt för processövervakning och processtyrning. Inkommande och/eller utgående flöde krävs bland annat för att kunna ta flödesproportionella prover och räkna massbalans över verket. Flödesmätning är även nödvändigt för att hålla koll på eventuell bräddning.
Användning för övervakning	Generell övervakning av belastningen, driftstörningar eller effekter av regn. Flödesmätning kan även användas för att övervaka att det finns flöde, t.ex. saknas flöde om en pump eller ledning gått sönder, eller tvärtom ifall det uppstått läckage så att det registreras flöde även om en pump står still. Detta indikerar att något är fel och felsökning bör påbörjas. Flödesmätning för uttag av överskottsslam är viktigt för att kunna beräkna slamålder. Degradering av pumpkapacitet kan ses på flöde mot frekvens för pumpen.
Användning för styrning	Interna flöden, till exempel nitratrekirkulation och returslamflöden, kan behöva justeras vid olika inkommande flöden. Det är vanligt att styra kemikaliedosering baserat på flöde. Slamflöden är viktiga för dosering av polymer vid förtjockning och avvattnings samt för styrning av belastning till röt-kammare.
Viktiga underhållsaspekter	Det är viktigt att fråga leverantören om särskilda underhållsaspekter. Underhåll av flödesgivare kan inkludera periodisk inspektion och rengöring, byte av rörliga delar eller kalibrering för att behålla noggrannheten.
Användning på reningsverk	Vanlig

Syre	Mätprincip: Optisk, Elektrokemisk
Motiv till mätning	Luftning är dyrt, men avgörande för aeroba mikroorganismernas reningsfunktion.
Användning för övervakning	Mycket luft är inte energieffektivt medan för lite luft kan ge problem med att icke önskade mikroorganismer växer till och orsakar problem som till exempel skumning, otillräcklig rening eller dåliga sjunkesegenskaper hos slammet. Syremätning i anoxiska delar kan vara bra för att övervaka att det inte finns för mycket syre där som hämmar denitrifikationen.
Användning för styrning	Syremätare används ofta för att automatiskt styra hur mycket luft som ska tillföras processen. Det har genom åren gjorts många studier av hur luftningen kan styras på olika sätt för att uppnå en mer resurseffektiv drift med bibehållen rening, se exempelvis Åmand (2014).
Viktiga underhållsaspekter	I biosteget krävs rengöring regelbundet och mät-huvud behöver bytas ut med vissa intervall. Det går att komplettera manuell rengöring med automatisk renblåsning med luft eller vatten. Vissa fabriker har integrerad rengöring i sina givare.
Användning på reningsverk	Vanlig

Temperatur	Mätprincip: Termoelement, Resistans, Termistor
Motiv till mätning	Viktig variabel för drift av röt-kammare. Påverkar reaktionshastigheter i reningsprocessen och slammegenskaperna. Den mäts även automatiskt i många instrument för andra variabler för att dessa behöver temperaturkompenseras.
Användning för övervakning	Övervakning av driftförhållanden och förutsättningar för reningsprocesserna. Till exempel sker de biologiska reaktionerna långsammare vid lägre temperatur, medan syreöverföringen mellan luft och vatten är högre vid kallare temperaturer.
Användning för styrning	Styrning av uppvärmning av röt-kammare. En del verk använder temperatur för att automatiskt justera driften mellan sommar-/vinterdrift, till exempel genom att ändra syrehalter eller slamhalt i biosteget.
Viktiga underhållsaspekter	Behöver sällan underhåll, möjligen rengöring om de får beläggning på mätelelementet.
Användning på reningsverk	Vanlig

Slamhalt	Mätprincip: Optisk (nära infraröd teknologi), Mikrovågor, Ultraljud
Motiv till mätning	Slamhalten används för att veta hur mycket mikroorganismer som finns tillgängliga och kan rena vattnet. Slamhalten påverkar både reningskapaciteten och resursförbrukningen.
Användning för övervakning	Slamhalten övervakas för att veta att reningskapaciteten är tillräcklig. Mer slam ger högre reningskapacitet men det krävs också mer luft för att syresätta vattnet och risken för slamflykt ökar. Slamhalten används också för att beräkna slamålder.
Användning för styrning	Det är vanligt att styra överskottsslamuttag för att upprätthålla önskad slamhalt i biosteget och att variera slamhalten säsongvis, med högre slamhalt på vintern då reaktionerna går långsammare och lägre slamhalt på sommaren då reningen går bättre.
Viktiga underhållsaspekter	I biosteget krävs rengöring regelbundet. Det går att komplettera manuell rengöring med automatisk renblåsning med luft eller vatten. Vissa fabriker har integrerad rengöring i sina givare.
Användning på reningsverk	Vanlig

Tryck	Mätprincip: Membran, bälg m.fl.
Motiv till mätning	Tryck kan mätas av säkerhetsskäl såväl för personsäkerhet som för driftsäkerhet. Tryck är en vanlig mätprincip för nivåmätning, se separat ruta.
Användning för övervakning	Tryck i rötkammare används för att övervaka säkerhet. Gastryck i luftledningar kan övervakas för att säkerställa att blåsmaskiner arbetar på bästa sätt och för att rätt mängd luft kan nå de luftade processtegen. För gaser kan volymer behöva räknas om beroende på tryck. Tryck i ledningar kan användas för att beräkna energiförluster och för att skydda mekaniska installationer och rör.
Användning för styrning	Det är vanligt att pumpar och kompressorer har en tryckvakt som automatiskt stoppar objektet om mottrycket blir för stort. Till exempel om en pump startas mot stängd ventil. För viss maskinell utrustning används tryckstyrning. Det kan vara mottryck i en avvattare eller tryckstyrd blåsmaskin.
Viktiga underhållsaspekter	Det är viktigt att givaren placeras så att det är lätt att komma åt för underhåll, det behövs en ledning med två ventiler, en för att isolera givaren från processen och en ventil för ventilation/dränering/kalibrering.
Användning på reningsverk	Vanlig

Nivå	Mätprincip: Differenstryck, Ultraljud, Radar m.fl.
Motiv till mätning	Nivå används vanligen för säkerhetsaspekter för att till exempel undvika att pumpar går torra eller att en tank svämmas över. Nivå används också för att hålla koll på kemikalieförbrukning.
Användning för övervakning	Nivå är vanligt att använda för att beräkna volym eller volymförändring. Till exempel i behållare för kemikalier för att beräkna förbrukningen.
Användning för styrning	Det är vanligt att pumpar automatiskt stoppar på låg nivå för att undvika att pumpen går torrt och på hög nivå för att undvika översvämning.
Viktiga underhållsaspekter	Underhåll beror på val av mätprincip, kontrollera med leverantören.
Användning på reningsverk	Ganska vanlig

Ammoniumkväve	Mätprincip: Jonselektiv (ISE), Gaskänsliga elektroder (GSE) eller Kolorimetrisk analys
Motiv till mätning	Veta belastning och reningsresultat samt för energieffektivisering av luftning. Om reningsverket har krav på kväve finns stora fördelar med att ha koll på hur ammonium varierar över tid.
Användning för övervakning	Kvävebelastningen har oftast ett dygnsmonster och reningen kan gå olika bra vid olika förutsättningar. Utgående ammonium visar utsläppen till recipienten och utifrån sådan mätning kan processen snabbare justeras för att säkerställa att gränsvärden underskrids.
Användning för styrning	Utifrån mätning av ammonium är det möjligt att justera luftningen så att tillräckligt, men inte onödigt mycket resurser förbrukas. Mer information om styrning utifrån ammoniummätning finns i Åmand (2014).
Viktiga underhållsaspekter	Jonselektiva givare behöver regelbunden rengöring och byte av elektroder med visst intervall. Vissa fabrikat har integrerad rengöring i sina givare. Analysatorer behöver underhåll i form av påfyllning av reagenser, rengöring av slangar och byte av vissa delar med visst intervall.
Användning på reningsverk	Ganska vanlig

Nitratkväve	Mätprincip: Jonselektiv, UV absorptions
Motiv till mätning	Om reningsverket har utsläppskrav på totalkväve finns stora fördelar med att ha koll på hur nitrat varierar över tid för driftuppföljning och styrning.
Användning för övervakning	Kvävebelastningen har oftast ett dygnsmonster och reningen kan gå olika bra vid olika förutsättningar. Övervakning av nitrat kan ge information om hur både nitrifikation (där nitrat bildas) och denitrifikation (där nitrat förbrukas) går beroende på placering. Utgående nitrat visar utsläppen till recipienten och utifrån sådan mätning kan processen snabbare justeras för att säkerställa att gränsvärden underskrids.
Användning för styrning	Styrning av extern kolkälledosering mot önskad nitrathalt och/eller styrning av nitratrecirkulationsflöde.
Viktiga underhållsaspekter	Neddopningsgivare behöver regelbunden rengöring och de jonselektiva behöver byte av elektroder med visst intervall. Vissa fabrikat har integrerad rengöring i sina givare.
Användning på reningsverk	Ganska vanlig

Fosfatfosfor	Mätprincip: Kolorimetrisk analys antingen med molybdat (gula metoden) eller med askorbinsyra (blå metoden)
Motiv till mätning	Då reningsverket har utsläppskrav på fosfor finns stora fördelar med att ha koll på hur fosfatfosfor varierar över tid för driftuppföljning och styrning.
Användning för övervakning	Fosforbelastningen har oftast ett dygnsmönster och reningen kan gå olika bra vid olika förutsättningar. Övervakning av fosfor kan ge information om hur fällning eller biologisk fosforrening går. Utgående fosfor visar hur reningen gått och utifrån sådan mätning kan processen snabbare justeras för att säkerställa att gränsvärden underskrids.
Användning för styrning	Styrning av kemikaliedosering.
Viktiga underhållsaspekter	Analysatorer behöver underhåll i form av påfyllning av reagenser, rengöring av slangar och byte av vissa delar med visst intervall.
Användning på reningsverk	Ganska vanlig

pH – pH är av betydelse både för kemikaliers reaktioner i vattnet eller i slammet, för kvävereningen och för drift av rötkammare. Polymerer kan fungera olika bra vid olika pH. Inkommande pH kan övervaka om det kommer in något olämpligt med inkommande vatten. I vissa fall kan pH-mätning registrera eventuell överdosering av kemikalier.

Gasflöden – Även gasflöden är av stor betydelse, inte minst luftflöde som tillförs luftad del av biosteget och gasflöde från rötkammare. Luftflödesgivare används för att övervaka fördelningen av luft till de olika processteget och följa upp luftförbrukning i relation till energiförbrukning och nitrifierat kväve. Luftflödesgivare kan användas för förbättrad styrning av luftningen. Gasflöde från rötkammare används för att följa upp biogasproduktionen och för att upptäcka störningar i rötningsprocessen.

Metanhalt i biogas – Onlinemätning av metaninnehållet i biogas ger ett mått på energiinnehållet i den producerade biogasen och är särskilt viktigt om gasen ska uppgraderas till fordonsbränsle. Metaninnehållet kan relateras till hur bra rötningsprocessen fungerar och användas för att upptäcka avvikelser.

Suspenderad substans i utgående vatten – Används vanligen för övervakning och för att upptäcka driftproblem. Utgående suspenderad substans är viktigt dels för att det kan användas som en indikator för utgående BOD och partikulär fosfor men den är även viktig för massbalans och slamåldersberäkning.

Turbiditetsmätare – Används vanligen för övervakning och för att upptäcka driftproblem. Kan vara ett alternativ till att mäta suspenderad substans på utgående vatten.

Slamnivåmätare – Att mäta slamnivån i sedimenteringsbassänger övervakar hur bra slammet sedimenterar och vilken marginal av klarfas som finns. Slamnivåmätare kan användas för att styra returslampumpning och/eller uttag av överskottsslam.

Nitrit – Nitritmätningar kan användas för att upptäcka driftproblem i kvävereningen, vilket kan vara av särskilt intresse för anammoxsystem.

5.2 *Kostnad och nytta*

Instrument installeras för att bidra med nytta till reningsverket, men till en viss kostnad. Att göra en avvägning mellan kostnad för installation och skötsel av ett instrument och instrumentets nytta är svårt. Många gånger kan värdet av den information som ett instrument ger inte kvantifieras – särskilt om instrumentet inte används för styrning av en resursintensiv processdel. Instrument som används för övervakning ger dels personalen en trygghet i att veta hur processen går, dels kanske instrumentet övervakar något som nästan aldrig sker, eller sker mycket sällan. Om den befärade situationen uppstår och detta uppmärksammas tack vare ett instrument är det fortfarande svårt att bedöma hur mycket längre tid det skulle tagit om instrumentet inte varit på plats och vilka konsekvenser detta skulle kunnat ge. De försök som gjorts att räkna på återbetalningstid för instrument har därför fokuserat främst på instrument som används för styrning. Om ett instrument möjliggör en viss styrning så kan resursbesparingar tack vare instrumentet användas för att räkna på en återbetalningstid jämfört med den tidigare styrstrategin.

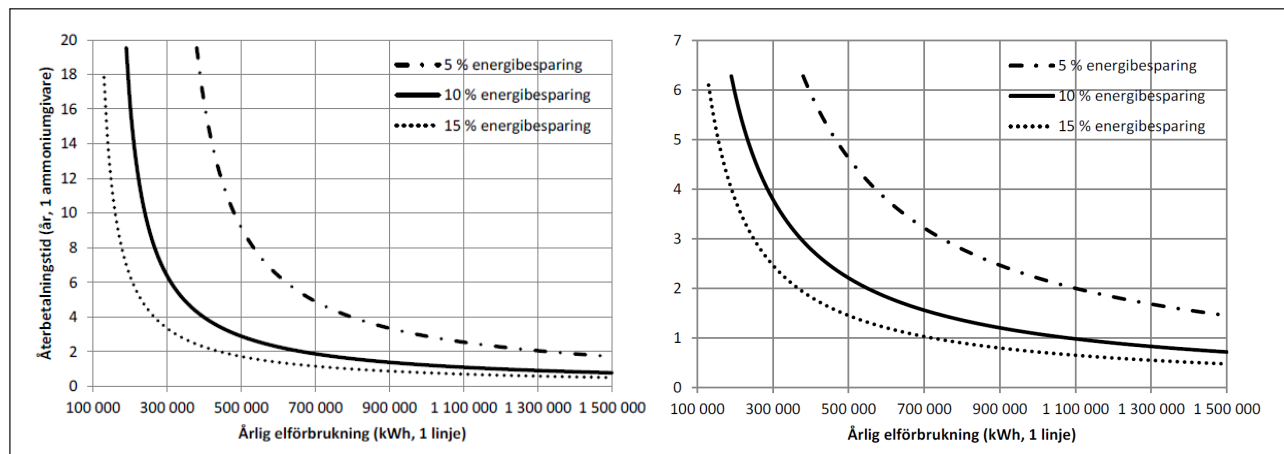
Nytan med instrument kan vara att undvika driftstörningar, öka driftstabilitet, minska resursförbrukning eller undvika att överskrida utsläppskrav. Kostnaden blir därigenom individuell för varje situation. Det är även generellt lättare för större anläggningar att räkna hem nyttan i förhållande till kostnaden då till exempel varje procents minskning av resursförbrukning ger större besparing för en stor anläggning jämfört med en liten.

Devisscher et al. (2006) diskuterar en metod för att uppskatta kostnader och nytta med avancerad styrning på avloppsreningsverk. Metoden testades för fyra av Aquafins reningsverk i Belgien. Metoden baserades på dynamiskt simulerad drift av reningsverket och en jämförelse gjordes mellan manuell styrning och avancerad automatisk styrning. Den manuella styrningen imiterade en operatör som tog stickprov i processen varannan dag och justerade börvärden för uttag av överskottsslam baserat på slamhalt, dos av järnklorid baserat på fosforhalt i utgående vatten och inställningar för kvävereningen baserat på utgående ammonium. För den avancerade styrningen kontrollerades dosering av järnklorid och luftning baserat på utgående fosfat respektive ammonium. De kostnader som beaktades var luftningsenergi, pumpenergi, energi för omrörning, kemikalieförbrukning och slambehandling samt kvittblivning av slam. För ammonium- och fosfatanalysator med återbetalningstid på två år menar författarna att metoden indikerat att automatisk styrning blir kostnadseffektiv för anläggningar större än 50 000 p.e.

För svenska reningsverk har Åmand (2015) räknat på återbetalningstid för en jonselektiv ammoniumgivare som används vid ammoniumåterkoppling. Beräkningarna är gjorda utifrån försök i fullskala där ammoniumåterkoppling visats kunna minska luftningsenergin med omkring 10 %. Även här ses att återbetalningstiden snabbt blir lång för små eller redan resurseffektiva anläggningar (Figur 5.3). För att beräkna kostnaden för instrumentet antogs följande:

- Inköpspris 75 000 kr
- Installationskostnader 18 750 kr (25 % av inköpspris)
- Underhåll: 0,5 h/vecka
- Programmering av styrstrategi 10 000 kr.

Åmand (2015) förklarar även att återbetalningstiden kan bli betydligt kortare om man tänker att den extra tiden för underhåll av instrumentet kan kvittas mot minskad tid för övervakning av processen.



Figur 5.3 Återbetalningstid för en jonselektiv ammoniumgivare vid olika energibesparingscenarier och olika storlek på verk (storlek mätt i elförbrukning per linje). I bilden till vänster har extra tid för underhåll inkluderats. Den högra bilden visar fallet då extra underhållstid för ammoniumgivaren kvittats mot minskat behov av övervakning av operatör. Båda bilderna är från Åmand (2015).

Att tänka på när du väger kostnad mot nytta:

Kostnad

Inköpspris
Installationskostnader
Underhåll
Programmering av styrning

Nytta

Resursbesparing (energi/kemikalier)
Minskad tid för övervakning (minskat behov av att vara fysiskt på plats vid processen)
Trygghet för personalen
Ökad förståelse hos personalen
Säkerhet
Effektivare process och lägre utsläppshalter

6 Vad och var ska man mäta?

6.1 Det genomsnittliga reningsverket

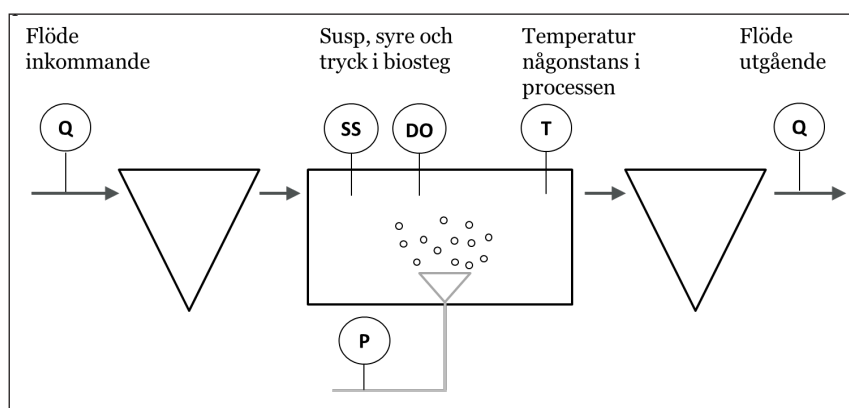
Vad och var man ska mäta beror förstås på många faktorer, främst på syftet med mätningen, men även typ av process, storlek på verket och utsläppskrav påverkar vad som är lämpligt och rimligt att mäta.

Flödesmätning är centralt för avloppsreningsprocesser, därför är mätning av alla betydande flöden av vatten, slam och gas viktiga att mäta. Vi har från enkätsvar sett att det processteg som är mest välinstrumenterat (de vill säga där det mäts flest olika variabler) är biosteget, följt av utgående vatten, inkommande vatten och slamhantering. Upp till cirka 50 000 p.e. tenderade antalet olika instrument att öka med verkets storlek, dock tycktes det inte vara av betydelse om verken hade kväverening eller inte avseende antal olika installerade instrument.

För att få en utgångspunkt för val av instrumentering presenteras nedan en sammanställning av givarplacering utifrån de verk som svarade på den enkät som skickades ut inom projektet. En uppdelning baserat på storleksklass (antal p.e.) och om man har krav på kväverening eller inte har gjorts. Det är avsevärda skillnader mellan små och stora verk och beroende på vilka utsläppskrav som reningsverket har.

Utifrån de 10 verk med storlek < 20 000 p.e. som svarade på enkäten har följande sammanställning för små reningsverk gjorts (Figur 6.1). Flöde mäts vanligen antingen på inkommande eller utgående vatten. De flesta små verk mäter även syre, suspenderad substans och tryck i biosteget samt temperatur någonstans i processen.

En ökning av inkommande flöde under torrväder kan bero på ökad population, infiltration eller industriellt avloppsvatten och inflödesmätning vid regn kan användas för att mäta infiltration.



Figur 6.1 Exempel på vanlig instrumentering för ett reningsverk < 20 000 p.e. Flöde mäts vanligen på antingen inkommande eller utgående.

Om flödesmätning på inkommande respektive utgående vatten:

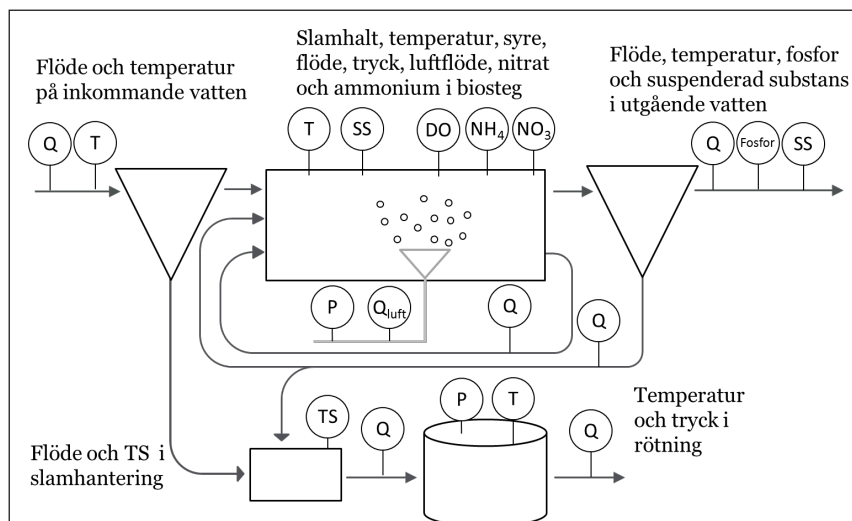
Inkommande flöde är nödvändigt för att veta belastningen på verket, medan utgående flöde är nödvändigt för att veta utsläppen. Inkommande flöde är bra att mäta för att upptäcka eventuella störningar på ledningsnätet och för att ha möjlighet att styra sin process. För vissa finns möjlighet att styra inloppspumpning för att få ett jämnare inflöde vilket är bra för processerna. Flödesmätning på utgående har fördelen att mätpunkten inte är utsatt för särskilt många störningar (stora fluktuationer i flöde, smuts och partiklar). En nackdel med att enbart mäta på utgående vatten är att det kan finnas interna bräddpunkter som inte fångas upp av utgående flödesmätning, vilket då innebär att inte hela belastningen mäts. Många som mäter både flöde in och ut får problem eftersom mätarna i regel avviker från varandra (flödesmätning kan vara svårt). Även om slamavdrag tas i beaktande kan det vara svårt att få flödesbalansen att gå ihop och det blir därför väldigt svårt att veta vilken av mätarna som visar rätt.

Två av reningsverken i enkäten (båda under 10 000 p.e.) hade en betydande industribelastning (> 15 % av p.e.-belastningen) och på dessa användes även flest instrument av de mindre verken. Den största skillnaden, jämfört med övriga mindre reningsverk, var att flöde och suspenderad substans eller TS mättes i flera punkter.

Tre av de små verken hade kväverening och samtliga av dessa mätte ammonium online och två av dem mätte nitrat online. Detta kan jämföras med det faktum att alla verken hade krav på fosfor men bara 2 av 10 små verk mätte fosfor i utgående vatten. Sannolikt beror detta på att mätning av fosfor kräver en analysator vilket är betydligt dyrare och kräver mer underhåll.

I storleksklassen 20 000 till 50 000 p.e. var det 12 svarande reningsverk. För dessa kan sägas att utöver att samtliga mäter det som var vanligast för små verk (undantaget tryck) så mätte även minst hälften av verken flöde i biosteget, flöde av slam, TS i slam, temperatur in eller ut, temperatur i biosteg och rötkammare, fosfor någonstans i processen samt nitrat och ammonium i biosteget. Av de 10 verken i denna storlekskategori som hade krav på kväve mätte 90 % av dessa nitrat och ammonium online.

För ännu större reningsverk förändrades instrumenteringen inte särskilt mycket med avseende på vad som mäts var. En sammanställning av vad som mäts var för verk > 20 000 p.e. med kväverening visas i Figur 6.2.



Figur 6.2 Exempel på vanlig instrumentering på reningsverk större än 20 000 p.e. och med kväverening.

6.2 Val av instrument

6.2.1 Bakgrund

Val av instrument bör alltid utgå ifrån vad syftet med mätningen är eftersom det bland annat påverkar vilka krav som bör ställas på instrumentet. Detta avsnitt kommer inte leverera en lista över instrument som ett reningsverk bör installera. Istället är det meningen att avsnittet ska vägleda reningsverk i viktiga begrepp att ha koll på inför val av införskaffande av instrument, samt förslag på arbetsgång i val av instrument.

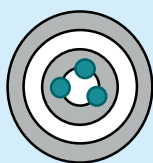
För att kunna välja instrument behövs tillräcklig kunskap om de begrepp som vanligen används i en instrumentspecifikation. Där anges bland annat instrumentets mätprincip, enhet, mätområde och mätnoggrannhet. Ibland anges även mätmetodens upplösning, mätfrekvens och responstid. Vanligen specificeras också instrumentets mått, specifikationer för eventuell kringutrustning och eventuella krav på mediet eller omgivande miljö. Det kan vara tillåtna spann för exempelvis tryck, luftfuktighet, temperatur eller pH. Om du själv inte har kunskap om till exempel kommunikation med styrsystem eller aspekter för elektrisk inkoppling bör du konsultera någon med sådan kompetens för att få svar på vad som behövs avseende exempelvis matningsspänning, utsignal, reläer, antal signaler och kommunikationsgränssnitt beroende på vad som anges i specifikationen.

Mätfrekvensen, det vill säga hur ofta mätningar görs bör väljas baserat på syftet med mätningen. De flesta mätvariabler ändras i minut- till tidskala, några ännu snabbare, framförallt de i biosteg och slamsteg (t.ex. luftflöden, energiförbrukning, slamflöden och syrehalt). Andra variabler ändras i tidskalan dygn, exempelvis glödförlust i slam och vissa variabler relaterade till rötningsprocesser (VAV P46, 1988).

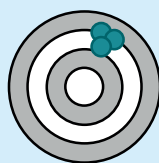
Dygnsvärden är normalt tillräckligt för beräkning av belastning, uppföljning av funktionskontroll och uppföljning av uppfyllande av myndighetskrav. För sådana syften lämpar sig automatisk provtagning till dygnsprov

Noggrannhet – Grad av överensstämmelse mellan ett mätresultat och det sanna värdet.

Precision – Grad av överensstämmelse mellan resultaten från upprepade mätningar.



Hög noggrannhet
Låg precision



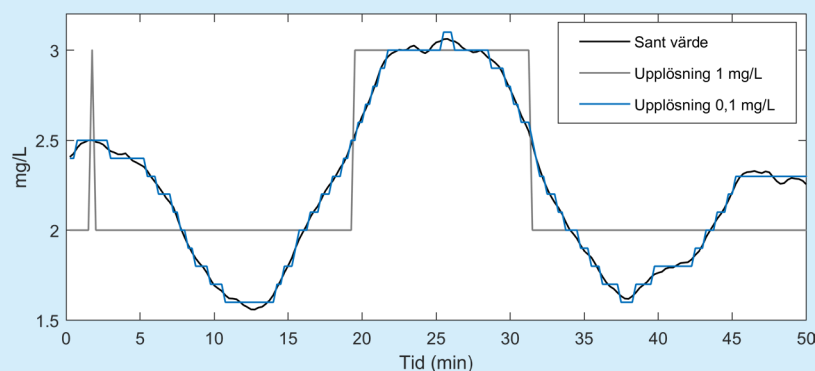
Låg noggrannhet
Hög precision

Mätnoggrannhet anges i den enhet som mäts eller i procent av mätvärde alternativt procent av mätområdet. T.ex. 5 % av uppmätt värde. För att förtydliga att ett lågt värde betyder högre noggrannhet (t.ex. att mätnoggrannhet 5 % innebär högre noggrannhet än 10 %) används ibland uttrycket mätområdenoggrannhet för samma sak).

Mätområde anger minsta och högsta värde som instrumentet kan mäta, t.ex. 0,1–1 000 mg/L. Om då det sanna värdet går upp till 1 200 mg/L kommer instrumentet fortsätta att visa 1 000 mg/L.

Upplösning anger minsta skillnaden mellan två steg i en mätning. Om upplösningen är 1 mg/L och en halt ökar från 2 till 3 mg/L kommer inga värden däremellan att visas. Exempelvis visas värdet 2,7 mg/L som 3 mg/L. Om upplösning anges i tid avses hur ofta mätvärdet uppdateras.

Mätfel anger avvikelsen mellan det sanna värdet och uppmätt värde.



som analyseras, manuell avläsning av instrument, t.ex. summaflöde eller medelvärdesbildning av mätsignaler med högre upplösning.

Om syftet med mätningen är styrning eller övervakning behövs normalt minst minutupplösning för att fånga variationerna.

Val av instrument beror på om mätningen ska ske i en trycksatt ledning eller i ett öppet strömmande flöde och inom vilket mätområde instrumentet ska mäta. Olika instrument och mätprinciper lämpar sig olika bra för olika placeringar, läs mer om placering i avsnitt 6.4 Installation och placering av instrument. En del instrument placeras direkt i processen (in-situ) medan andra placeras på en annan plats dit processvatten pumpas för

mätning (ex-situ). En del givare monteras på ledningar (vanligen induktiva flödesmätare eller exempelvis TS-mätare), detta kallas då inline-mätning.

Fördjupande läsning om olika mätprinciper erhålls lättast på svenska via instrumentleverantörer. 1988 kom även en publikation från VAV, Svenska Vatten och Avloppsföreningen som handlar om mätning, mätvärdesbearbetning och reglering i reningsverk. Även om utvecklingen gått framåt både på instrumentsidan men framförallt när det gäller datorkraft och möjligheter för lagring av data finns mycket grunder i denna publikation som fortfarande gäller för mätning på avloppsreningsverk. På engelska rekommenderas boken *Automation of Water Resource Recovery Facilities, WEF Manual of Practice 21 (2013)*. Här finns bland annat grundlig information om hur olika mätprinciper fungerar, vanliga material som utgör själva instrumentet, givarfel och interferens (störning i mätningen), installationsaspekter samt underhållsbehov för ett stort antal olika instrument och mätprinciper som används på avloppsreningsverk. En sammanfattning av information med fokus på mätområde och noggrannhet för några viktiga instrument hämtat från WEF-manualen (2013) ges i avsnittet Tips och Råd nedan. En kortare sammanställning över state of the art för online-övervakningsutrustning för avloppsvattenreningsprocesser ges av Vanrolleghem och Lee (2003) som går igenom de vanligaste mätprinciperna för övervakning på avloppsreningsverk.

Soft sensors

Inom VA-branschen används begreppet soft sensors som ett samlingsnamn för beräkningar där en eller flera mätsignaler (som oftast är enkla att mäta) används för att beräkna eller uppskatta värdet för en variabel som inte mäts direkt. För avloppsvatten kan till exempel COD, fosfor och kväve uppskattas utifrån enklare mätningar som t.ex. flöde, konduktivitet, suspenderad substans och pH. Även flöde är en bra och enkel parameter att uppskatta från andra flödesmätare. Mer information om soft sensors finns i avsnittet *Databaserade kontrollmetoder* i avsnitt 7.3 Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet.

LÄS MER

Mätning, mätvärdesbearbetning och reglering i reningsverk, VAV P62, 1988

Automation of Water Resource Recovery Facilities, WEF Manual of Practice 21, 2013.

On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state of the art, Vanrolleghem, P.A. och Lee, D.S., Water Science and Technology 47 (2) sid. 1-34, IWA Publishing, 2003.

Wastewater treatment plants: planning, design, and operation, Qasim, S., R., Technomic Publishing Company Inc., 1999.

6.2.2 Tips och råd

Ett förslag på arbetsgång vid val av instrument illustreras i Figur 6.3. Tips finns även sammanställt i Bilaga 1 Checklista för installation och placering.

Börja definiera syftet med mätningen och en ungefärlig placering, vilken information är du ute efter och i vilket processteg? Ska mätningen ske i trycksatt ledning, i en öppen kanal eller i en bassäng?

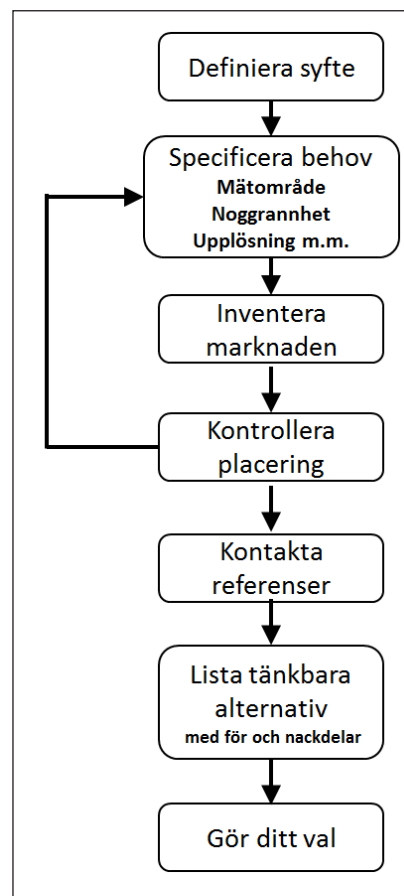
Specificera sedan dina behov. Vilket mätområde varierar det du vill mäta inom? Om du inte vet kan en provtagningskampanj vara ett sätt att få en uppfattning om variationen. Hur noggrant behöver du mäta? I vissa fall kan instrument med större mätområde ha sämre upplösning och noggrannhet. Ta även reda på om det finns någon egenskap hos det media som mätningen ska ske i som kan störa mätningen, till exempel färg eller kemikalietillsats.

Ibland anges instrumentets upplösning, d.v.s. hur många decimaler du kan få på mätvärdet från instrumentet. Vill du till exempel styra mot ett värde på 2,5 behöver du minst en decimal upplösning (upplösning 0,1). Undvik att ha för hög upplösning om särskilda behov för detta inte finns. En mätning av pH får till exempel inte högre noggrannhet med fyra decimaler jämfört med två.

När du kommit så här långt kan det vara bra att inventera marknaden, prata med kollegor i branschen och söka på nätet efter information om vilka instrument som finns och som passar dina behov. Det är även bra att konsultera instrumenttillverkare eller leverantör när du hittat ett instrument du tror passar. Fråga gärna om de kan komma på ett platsbesök. Fråga efter referenser och kontakta dessa!

Kontrollera din tilltänkta placering. Finns det några utrymmesbegränsningar som kan påverka val av instrument? Uppfyller mätmiljön de krav som instrumentet har, till exempel temperatur och luftfuktighet?

Ett praktiskt tips är att testa givaren i det vatten som den är tänkt att mäta i ifall det finns komponenter i vattnets sammansättning som stör mätningen. Detta går också att testa genom labbförsök. I valet av bästa teknik kan information från tillverkare eller test utförda på andra platser vara till hjälp. Du kan även kontakta leverantören och fråga om det är möjligt att få låna ett instrument för test innan köp, alternativt att få öppet köp på instrumentet. Många leverantörer föredrar öppet köp eftersom beslutet om köp då är taget och det undviks att tid läggs på testning av ett instrument som sedan inte får köpas in även om funktionen varit bra. Viktigt för alla analytiska instrument är att givaren mäter i ett område där det är konstant flöde vid alla olika flöden, d.v.s. att undvika döda zoner (WEF, 2013), läs mer om representativ mätpunkt under avsnitt 6.4 Installation och placering av instrument.



Figur 6.3
Arbetsgång för val av instrument.

Val av instrument beror också på livslängd av instrumentet och underhållsbehov. Kontrollera vilket underhåll som rekommenderas och jämför med vilket löpande underhåll som ni kan tillhandahålla.

Var i landet reningsverket ligger och hur serviceorganisationen hos enskilda leverantörer ser ut påverkar hur lång tid det tar innan man får hjälp med service av instrument. Därför kan det vara bra att undersöka detta innan man bestämmer sig. Ett tips är att ställa krav på inställetid för service och att ha en vitesklausul om service inte tillhandahålls inom garanterad tid.

Nedan kommer en kort sammanfattning om information kring mätprincip för specifika givare sammanställt från WEF (2013):

- Mätprincipen för *syregivare* kan vara antingen ett syregenomsläppligt membran med en elektrolytisk cell eller optisk. Membrangivare för syre har normalt fel mindre än 0,10 % av mätområdet och är repeterbara inom 0,05 % av mätområdet. För optiska syregivare är felet normalt mindre än 0,1–0,2 mg/L (ökar med ökande syrehalt, gräns vid cirka 1 mg/L). Generellt mäter inte optiska syregivare så effektivt vid låga syrehalter (mindre än 0,2 mg/L).
- Jonselektiva givare för *ammonium* mäter över ett brett spann (typiskt 0,2–1 000 mg/L), är temperaturkompenserade och har en snabb responstid. De fungerar bra i vatten med pH mellan 5 och 9. Mätfelet är normalt ± 5 % av mätområdet eller $\pm 0,2$ mg/L. Många tillverkare erbjuder kombinerade jonselektiva givare för ammonium, nitrat och andra parametrar såsom kalium, klorid och pH i en och samma givare. Denna typ av givare har relativt låg noggrannhet vid halter under 1 mg/L.
- För *ammonium* finns två typer av *analysatorer*, ”gaskänsliga elektroder, GSE” eller kolorimetriska metoder. De är båda mer noggranna än jonselektiva ammoniumgivare (mäter i området 0,02–1 000 mg/L med mätfel ± 2 % av mätområdet eller $\pm 0,02$ mg/L). Kolorimetriska analysatorer för ammonium används på reningsverk i stort sett enbart för utgående vatten där noggranna mätningar av låga halter behövs. De kräver reagenser, pumpar och ventiler + kolorimeter för att avläsa färgen. GSE kräver också reagenser och kalibreringslösning. Reagenser räcker normalt i 2–4 månader.
- För *nitrat* finns givare baserat på jonselektiva elektroder eller UV-absorbans. UV-givarna mäter oftast i $\text{NO}_x\text{-N}$ (d.v.s. både nitrat och nitrit). Störningar sker främst från partiklar och dubbel- och trippelbundna organiska föreningar. Mätområdet för UV-givarna stäcker sig från mellan 0,05 eller 0,1 mg/L och kan gå så högt som 50 mg/L som $\text{NO}_x\text{-N}$. Vid inköp av nitrat- eller nitritgivare är det viktigt att förstå hur tillverkaren kompenserar för störningar. De jonselektiva givarna för nitrat har ofta en elektrod för att kompensera för störningar från kloridjoner.
- För *slambalmsmätare* är den vanligaste mätprincipen baserad på nära infraröd teknologi, men det finns även andra mätprinciper såsom

t.ex. mikrovågor och ultraljud. Många optiska instrument är känsliga för storleksfördelning på partiklar och för stora färgförändringar. Andra saker som kan störa mätningen är luftbubblor, konduktivitet och utfällningar. Det finns många olika typer av slamhaltsmätare med olika mätområden beroende på applikation, typiskt finns olika optiska instrument i området mellan 0,5 mg/L och 15 % fast material. Mätfelet för en optisk givare är typiskt 5 % av mätvärdet med precision 1 % av mätvärdet eller 100 mg/L beroende på vilken som är störst. Kalibrering krävs vanligen vid uppstart för att skapa ett förhållande mellan slamrets karaktäristik och faktisk slamhalt. Viss variation i karaktäristik kan instrumentet kompensera för men om slammet förändras mycket behövs en omkalibrering.

- För *fosfat* finns två metoder för analys; den gula och den blå metoden. Den gula metoden använder molybdat som reagens och den blå använder molybdat och askorbinsyra. Den gula metoden är vanligast men för låga fosfathalter (mindre än 0,1 mg/L PO₄-P) används den blåa metoden.

6.3 Upphandling

6.3.1 Bakgrund

Vad är en offentlig upphandling?

Offentlig upphandling är en process för inköp av varor, tjänster med mera inom den offentliga sektorn och som regleras av speciella lagar och regler. Syftet med reglerna är att säkerställa att den som upphandlar behandlar alla som vill få affärskontrakt med offentlig sektor lika.

Generellt går processen till så att köparen i ett förfrågningsunderlag beskriver den vara/tjänst som denne vill köpa in och anger även vilka specifika krav som ställs på varan/tjänsten och på det företag som ska få leverera varan/tjänsten. Därefter får företag inkomma med anbud. Efter anbudstidens utgång utvärderas anbuden av köparen på det sätt som specificerats i förfrågningsunderlaget och köparen väljer på så sätt vilket företag som ska få leverera varan/tjänsten.

Vad är ett förfrågningsunderlag?

Förfrågningsunderlaget är en avgörande del av upphandlingen. Det är inga andra faktorer som får påverka valet av leverantör av varan/tjänsten än de som anges i förfrågningsunderlaget. Ett förfrågningsunderlag beskriver förutsättningar för en upphandling, där det framgår vad som ska inköpas och vilka krav som ställs. Vanliga områden att ställa krav på i kravspecifikationen kan vara prestanda, kapacitet, tillgänglighet, kompetens och utförande.

Vad är svårt? Vad är det som inte fungerar bra?

Inom ramen för IRPA arrangerades en workshop med tema upphandling där både reningsverk och instrumentleverantörer deltog. Där framkom det att det är relativt vanligt att upphandlingar resulterar i att reningsverken får instrument som de inte är nöjda med. Det kan t.ex. bero på att



upphandlingen sker via någon form av mellanhand (större entreprenad, konsult eller intern projektorganisation) som inte har inblick i behoven och förutsättningarna och som gör ansvarsuppdeleningen otydlig.

Just entreprenadupphandling togs upp i samtliga övningar om upphandling. Generellt sågs det av både reningsverk och leverantörer som mindre bra för instrumenteringen. Att reningsverken inte får det mest lämpade instrumentet kan också bero på att det är svårt för dem att skriva en kravspecifikation som lyckas beskriva behoven och förutsättningarna tillräckligt väl för att leverantörerna ska veta vad verken behöver och som inte har ”kryphål” som resulterar i att man kanske får det billigaste, men inte det bästa, instrumentet. Leverantörerna i sin tur kan ha svårt att förstå förfrågningsunderlagen och tycker att det inte är ovanligt att nödvändig processinformation saknas. En mycket viktig men svår del är kommunikation mellan reningsverk och leverantör – i form av förfrågningsunderlaget eller direktkommunikation.

6.3.2 Tips och råd

För upphandling av instrument gäller på samma sätt som för andra upphandlingar att ett förfrågningsunderlag ska skrivas. Det är viktigt att tänka igenom noga vad som står i förfrågningsunderlaget och hur man formulerar sin kravspecifikation, som är den tekniska delen av förfrågningsunderlaget, vilken beskriver vad som ska levereras och till vilken kvalitet. I Bilaga 2 kan du hitta ett exempel på en mall för en kravspecifikation och nedan finns tips och råd av mer generell karaktär.

Övergripande råd

Svenskt vatten ger följande övergripande råd gällande förfrågningsunderlag (Svenskt Vatten, 2018):

- Att tänka sig in i leverantörens roll vid upprättande av förfrågningsunderlag för att bättre beskriva krav och villkor.
- Att reflektera över hur mycket arbete som behöver läggas ner i anbudet för att inte i onödan belasta anbudsgivaren.
- I förväg tänka på hur utvärderingen kommer att gå till för att undvika formuleringar som försvårar utvärderingsarbetet.

På workshopen om upphandling av instrument kom följande tips fram:

- Om möjligt, testa instrument på plats
 - Låna om möjligt instrument från leverantören, alternativt tillämpa öppet köp för att få möjlighet att *testa på plats*. Det är då även viktigt att avsätta tid för utvärdering.
- Kommunicera mera
 - *Direktkommunikation* mellan leverantör och slutkund är bra.
 - Det lönar sig att innan upphandlingen lägga ner tid på att *kontakta olika leverantörer*.
 - Det är viktigt med bra *överlämning* till de som ska arbeta med instrumenten.

- Se till att leverantören är med vid *drifftagning* av instrumentet och att personalen får *upplärning* i hur instrumentet fungerar och ska skötas.
- Konsulter
 - Om konsult anlitas, se till att som beställare vara *delaktig i framtågande av förfrågningsunderlaget*. Konsulterna är inte alltid kunniga på instrument.
- Konsekvent förfrågningsunderlag
 - Se till att informationen i *förfrågningsunderlaget är konsekvent* och inte innehåller irrelevant information. Detta gäller speciellt om underlaget har kopierats från tidigare upphandlingar.

Krav

Det är viktigt att vara tydlig i beskrivningen av kraven i förfrågningsunderlaget så att det inte blir tveksamheter var gränsen går för att ett krav är uppfyllt. Det är även viktigt för leverantörerna att förstå förutsättningarna, t.ex. hur det ser ut där instrumentet är tänkt att mäta. Under workshopen om upphandling togs nedanstående lista fram över information som är viktig att förmedla till instrumentleverantörer vid inköp av instrument, se Tabell 6.1. Ytterligare mer detaljerade specifikationer finns listade i Bilaga 2.

Utvärdering

- Använd *relevanta utvärderingskriterier* som inte styr fabrikat genom irrelevanta krav.
- Ett alternativ till lägsta pris är att ta med *underhåll och driftkostnader* (Livscykelkostnad, LCC). Det kan exempelvis inkludera tid, material, kemikalier och energiförbrukning.

Övrigt

- Föreslagna alternativ till entreprenadupphandling kan vara att bryta ut instrumenten från entreprenadupphandlingen och istället upphandla dem separat, eller att gå från totalentreprenad till ”modern partnering” (samverkan).
- Istället för att ställa krav på instrumentets egenskaper kan funktionsupphandling (d.v.s. att krav ställs på funktion) tillämpas. Det är då viktigt att precisera vilka resultat som förväntas. Det ger leverantörerna större utrymme att välja metod för att uppfylla funktionskravet. Till exempel om funktionen är mätning av fosfor på en viss plats kan leverantörer ge förslag på olika mätprinciper och till och med soft sensors kan föreslås.

Tabell 6.1 Viktig information vid inköp av instrument.

Specifikation	Kommentar
Givare	
Parameter	
Mätområde	
Mätnoggrannhet	Hur noggrann behöver mätningen vara? Hur ska kontroll av instrumentets mätnoggrannhet gå till?
Applikation/syfte med mätningen	T.ex. om man ska kunna styra på mätsignalen
Process och placering	
Inkludera en tydlig sammanfattande process-beskrivning	Lägg gärna in en ritning/skiss
Hur givaren ska monteras	
Instrumentets placering	Rita gärna in i ritning och inkludera gärna foton Tänk på att representativa prov ska kunna tas Tänk på arbetsmiljörelaterade aspekter (höjd, åtkomst mm.)
Var visning/display ska placeras	Exempelvis kabellängd kan påverkas
Kringutrustning och kommunikation	
Vilken kringutrustning som ska ingå	Armatyr/fästanordning Kablage Display Kontrollbox
Önskad kommunikation mellan instrument och övriga system – signal (profibus etc.)	
Övriga krav på insatser från leverantören	
Om man önskar platsbesök	
Om installation ska ingå	
Om drifttagning ska ingå	
Om utbildning ska ingå	
Om serviceavtal önskas	T.ex. krav på inställelsetid för service med vite om detta ej uppfylls.
Övriga krav:	
Antal referenser	Övriga krav på referenserna, t.ex. installation i Sverige.
Leveransvillkor	Reglerar hur kostnader och ansvar för transport ska fördelas mellan säljare och köpare
Leveranstid	
Önskad garantitid	

LÄS MER

I Bilaga 2 finns ett exempel på mall för kravspecifikation.

Svenskt Vatten hänvisar till sin publikation P102, "Vägledning i offentlig upphandling inom VA-branschen" för en mer utförlig vägledning om upphandling.

Upphandlingsmyndigheten har vägledning och information som berör upphandling. Här kan du till exempel hitta råd om hur du kan dela upp ditt förfrågningsunderlag i tydliga delar och hur du på rätt sätt ställer hållbarhetskrav i en upphandling.

<https://www.upphandlingsmyndigheten.se/upphandla/>

Processen-för-LOU/upphandlingen/Utforma-upphandlingsdokument/krav-pa-varan-eller-tjansten/

6.4 Installation och placering av instrument

6.4.1 Bakgrund

Hur man placerar ett instrument eller givare på bästa sätt är ingen självklarhet. Operativ personal har berättat att det tidigare var vanligt att instrument placerades där det var lätt att komma åt att installera instrumentet och att det ofta är krångligt att i efterhand byta placering.

När kraven blir hårdare blir det allt viktigare att mäta rätt och på rätt plats. En lämplig placering beror bland annat på syfte med mätningen, mätparameter, typ av instrument och egenskaper hos mediet. Det är viktigt att välja en representativ mätpunkt för givaren, men även faktorer såsom arbetsmiljö och möjlighet att ta ut representativa prover för kontroll påverkar val av placering. Det är mycket viktigt att provtagning kan ske på den punkt i processen där givaren är placerad. Det går inte att utvärdera funktion och noggrannhet om provet tas för långt ifrån givaren.

Det är mycket att tänka på vid installation och placering av ett instrument och det är enligt enkätundersökningen relativt ovanligt med skriftliga rutiner för hur nya instrument ska tas i drift, endast 12 % svarade att de har skriftliga rutiner för idrifttagande av nya instrument medan 42 % svarade att de saknar sådana skriftliga rutiner (övriga 46 % svarade att de delvis har skriftliga rutiner). Inom projektet har därför ett förslag till checklista för installation och placering av instrument utarbetats. Den innehåller tips i faserna; Före val av placering och installation, Avseende placering, Avseende installation, Efter installation och återfinns i Bilaga 1.

6.4.2 Tips och råd

Övergripande placering

Var i biosteget som en *syregivare* bör placeras beror på syftet med mätningen. Exempel på placeringar av syregivare är (WEF, 2013):

- I en denitrifikationszon kan en syregivare placeras i en punkt där slam från luftade zoner blandas in för att övervaka att inte för mycket syre förs med till de anoxiska eller anaeroba processdelarna.
- Syremätning i början av den luftade zonen kan vara bra för att säkerställa att tillräckligt med luft tillförs där belastningen är som störst.
- Syremätning i slutet (t.ex. $\frac{3}{4}$ in i den luftade steget) av den luftade zonen kan vara bra för att säkerställa att inte onödigt mycket luft tillförs när belastningen minskat.

Beroende på vad syftet med *ammoniummätning* är så kan instrumentet installeras på olika ställen. Typiska mätpunkter för ammonium är (WEF, 2013):

- Inflöde – för att veta belastningen och för möjlighet till framkopplad styrning av luftningen.
- Luftningsbassäng – för att övervaka nitrifikationen och optimera luftningen.
- Utflöde – för att övervaka resultatet i relation till de krav som verket har.

- I intermittent luftade system – för att bestämma luftningstiden baserat på ammoniumhalten.
- I rejektvatten – för att övervaka de höga halterna ammonium i returströmmen.
- I sidoströmsprocess som har kväverening.

Även mätningar av *nitrat* kan göras på olika ställen beroende på vad informationen från instrumentet ska användas till. Typiska mätpunkter för nitrat är (WEF, 2013):

- I fördenitrifikation för att styra nitratrecirkulationsflödet. Observera dock att det är svårt att få jonselektiva givare att visa korrekt vid mycket låga halter ($< 1 \text{ mg/l}$), t.ex. om givaren är placerad i slutet av fördenitrifikationen och nitrat är nära noll.
- I luftningsbassängen för att styra intermittent luftning.
- I efterdenitrifikation för att styra tillsats av extern kolkälla.
- Utflöde för att övervaka resultatet i relation till de krav som verket har.
- I sidoströmsprocess som har kväverening.

Representativ mätpunkt

Givarens placering i mediet är viktig för att få representativ mätning. För att hitta en representativ mätpunkt kan kontrollmätningar göras genom provtagning eller med handmätare över en profil, d.v.s. längs med en process eller längs med djupet i en bassäng, före permanent installation av givaren. Ett annat alternativ är att göra installationen så att givarens position är lätt att justera om så skulle behövas. (WEF, 2013) Beroende på syfte med mätningen, involvera gärna de som ska designa eventuell styrning för att få deras synpunkt på placering.

- Att *mäta representativt* är inte lätt. Det går att göra en mätkampanj för att se om den parameter man vill mäta varierar mycket på olika platser eller inte. Om den inte gör det kan man välja en mätpunkt som passar i övrigt för installation. Om det varierar mycket är det svårt att säga vad som är representativt. Då är det istället viktigt att vara medveten om att mätpunkten inte är representativ för hela volymen när mätresultaten analyseras.
- Samtliga i projektgruppen var överens om att *parallella linjer* är så olika att det inte går att mäta i en och anta att värdet är detsamma i en annan linje. Flera var överens om att de utifrån sina erfarenheter inte rekommenderade att styra flera linjer på en givare som sitter i någon av linjerna. Detta är en fråga som t.ex. uppkommit i samband med luftning av parallella linjer.

Tyvärr är det inte alltid som den bästa mätpunkten för processen är den punkt som är bäst ur underhållssynpunkt. Här gäller det att göra en avvägning eftersom instrumentet inte kommer att mäta korrekt utan underhåll eller möjlighet till provtagning.

Generellt bör så kallade dödzoner, där vattnet inte är omblandat, undvikas som placering. Det är även lämpligt att hålla ett visst avstånd från väg-

gar och liknande och om givaren är placerad i processen bör den vanligen stickas ner en bit under ytan (ca 50 cm). En del instrument behöver placeras med en viss vinkel, till exempel syregivare, för att luftbubblor inte ska fastna och störa mätningen. Vanligen finns kringutrustning från leverantörer som säkerställer att instrumentets placering blir lika varje gång.

- *Störningar.* Omrörare kan störa mätning och ge fluktuerande signal. Ibland kan det hjälpa att sänka ner givare djupare. Annat som kan störa mätningar är luftbubblor, fällningskemikalier, strömningsförhållanden och flytslam.
- Erfarenheter från reningsverk har visat att det är svårare att mäta med neddopningsgivare i *kanaler än i bassänger*. Tänk på avstånd till väggar, botten och yta!
- Om en givare uppvisar *drift* (att mätsignalen kontinuerligt ökar eller minskar med tiden och avviker mer och mer från det sanna värdet) trots kalibrering kan det bero på placeringen, men det behöver inte bero på det.

För analysatorer (eller andra instrument som inte kan placeras direkt i processen) är det viktigt att hålla provtagningsslangar så korta som möjligt för att undvika fördröjning mellan provtagning och analys. Det bör också finnas en öppning som gör det möjligt att ta ett representativt prov för att kunna kontrollera mätresultatet (WEF, 2013). Det kan ske kemiska reaktioner i provtagningsledningen varför vissa ämnen kommer att förekomma i lägre koncentration i analysatorn än i provpunkten medan andra kan öka i koncentration. T.ex. kommer nitrathalten minska om det finns biomassa och är syrefritt, medan halten kan öka om det finns ammonium och syre i provtagningsledningen.

Om du vill kontrollera en givare som sitter på en rörledning genom att ta ett prov, tänk då på att det är bäst att ta provet från en vertikal ledning med flöde uppåt. Om prov tas från horisontell ledning är det bäst att ta provet från mitten för att undvika sedimenterat material i botten och eventuellt instängd luft i toppen samt risk för igensättning från rörets kant. (WEF, 2013) Det kan även vara bra att låta det rinna en liten stund innan själva provtagningen för att säkerställa ett representativt prov.

- För att ta *representativa prover* i bassänger finns ”Ruttner” eller ”Sludge judge” som kan vara till hjälp. Det är mycket viktigt att sänka ner dessa provtagare med jämn hastighet, annars kan provet variera kraftigt.

Skydd av utrustningen

Kontrollera att instrumentet är av material som tål den miljö där den ska sitta. Det kan till exempel handla om temperatur och luftfuktighet som påverkar utrustningen. Vid mätning utomhus är det viktigt att välja kablar som tål solljus (eftersom UV-ljus påverkar plast) och skydda utrustningen från solljus om möjligt (WEF, 2013). Inspektera även att kablar är i gott skick regelbundet. Kontrollera IP-klass och eventuellt behov av Ex-klassning.

Hur givaren är placerad i relation till flödet kan också påverka tendensen till ansamling av t.ex. hår och fibrer eller annat skräp vilket påverkar beho-

vet av manuellt underhåll (WEF, 2013). Givare som sitter neddoppade i processer med bärarmaterial (t.ex. i MBBR eller deammonifikationsprocesser med bärarmaterial) kan behöva särskild skyddsutrustning för att inte ta skada. Analysatorer kräver normalt att vattnet filtreras före analys. Om vattnet innehåller mycket suspenderad substans kan det sätta igen slangar m.m. i analysatorn.

Installation

Vid installation är det viktigt att reflektera över hur långa kablar, både för ström och för styrning som behövs. Kontrollera vilken strömförsörjning instrumentet kräver. Säkerställ att signalöverföring från instrumentet är kompatibel med övrig utrustning. Bestäm också var eventuell display ska sitta. Här kan en tumregel vara att displayen ska sitta i anslutning till givaren och placeras i lämplig höjd för avläsning från arbetsplan. Tänk även på att det kan vara svårt att avläsa en display i direkt solljus.

Eftersom många instrument i processen behöver lyftas ut för underhåll bör fästanordning väljas så att det är enkelt att utföra underhåll.

Information kring hur instrumentet kommunicerar med övriga system är också viktigt. Genomför en I/O-check, det vill säga säkerställ att instrumentet är korrekt inkopplat och att signalen går fram till styrsystemet. Kontrollera också att instrumentet är rätt skalat (det vill säga skalan för mätområdet; vad som är minsta och största värde) och att det är samma skalning i instrumentet och i styrsystemet. Mätområdet är ibland justerbart i kontrollboxen. För vissa instrument går det att ställa in vilket värde som ska visas om det är något fel på instrumentet, vanligtvis över- eller underström, d.v.s. instrumentet kommer att visa max eller min vid fel. Kontrollera att detta är gjort på ett lämpligt sätt. Tänk även igenom vilken konsekvens det kan få för eventuell styrning eller utvärdering.

I samband med installation är det bra att få utbildning av leverantören kring handhavande av instrumentet.

LÄS MER

I Bilaga 1 finns ett förslag på checklista för installation och placering

Automation of Water Resource Recovery Facilities, WEF Manual of Practice 21, 2013.

7 Hur ska man mäta?

För detta kapitel har vi valt att presentera tre huvudområden; *Organisation, Underhåll och Kontroll* och *mätvärdesnoggrannhet*. Under rubriken *Organisatoriska faktorer* beskrivs hur reningsverken organiserar sitt arbete med instrument idag och vilka organisatoriska framgångsfaktorer som vi i projektet har identifierat. Avsnittet *Underhåll av instrument* är omfattande och där beskrivs först vad som avses med underhåll och vilka vanliga typer av fel i mätningen som hänger samman med underhåll av instrument. Tips och råd för underhåll är uppdelat i områdena:

- *Underhållsorganisation*, som beskriver vad som utmärker en välfungerande underhållsorganisation,
- *Underhållsplan*, som beskriver hur underhållsarbete kan planeras och följas upp inklusive hur man kan gå tillväga för att hitta ett lämpligt underhållsintervall,
- *Dokumentation av utfört underhåll*, där för- och nackdelar med olika sätt att dokumentera underhåll beskrivs och på vilken detaljnivå dokumentationen bör vara,
- *Prioriteringsordning för underhåll*, som beskriver fördelarna med att arbeta med prioritering av underhåll och tillvägagångssätt för att göra prioriteringsordningen,
- *Underhållssystem*, där framgångsfaktorer för användning av underhållssystem lyfts, och
- *Praktiska tips om underhåll för specifika givare*.

Avsnittet om *Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet* har tyngdpunkt i hur arbete med kontroll av instrument kan gå till. Ett antal olika metoder för kontroll och uppföljning presenteras och en diskussion om mätvärdesnoggrannhet förs.

Vi har inom projektet genomfört intervjuer med personal på fem olika VA-organisationer (Käppalaförbundet, TVAB, Gryaab, MIVA och Skövde kommun) där vi ställt frågor om hur de arbetar med instrument. Dessa intervjuer har sammanställts i en bilaga för respektive organisation (Bilaga 4-8).

7.1 Organisatoriska faktorer

7.1.1 Bakgrund

Vem eller vilka inom organisationen som utför arbetet med instrument varierar mellan olika reningsverk. Om organisationen driftar ett större reningsverk eller flera mindre samt om man har eget labb eller inte påverkar också hur man kan arbeta med instrument.

Av de reningsverk som svarade på enkäten hade 25 % en dedikerad instrumenttekniker (eller motsvarande) som helt ägnar sig åt instrument. Vanligt förekommande är att driftpersonal arbetar med den rutinmässiga hante-

ringen av instrument, men att både process och labb är delaktiga i uppföljning av instrumenten. Vissa organisationer har roterande schema där flera inom organisationen växlar mellan att ansvara för olika delar, till exempel instrument. För organisationer med många små utspridda reningsverk är förutsättningarna annorlunda jämfört med VA-organisationer som driver ett stort reningsverk.

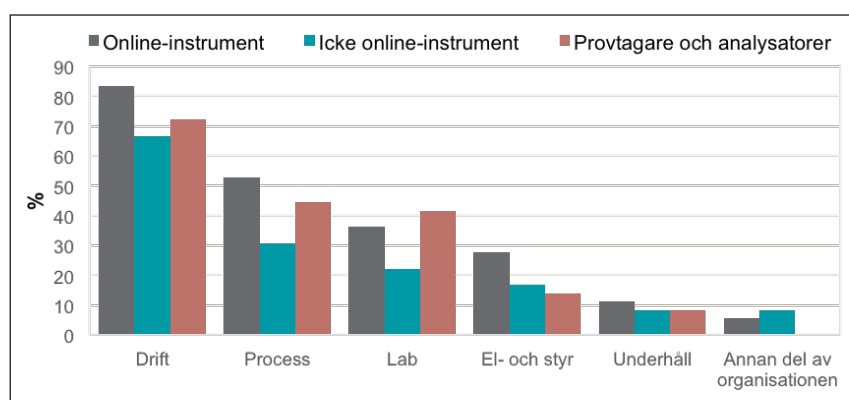
Exempel från organisationer med dedikerad instrumentansvarig finns i fallstudie Käppalaverket, Tekniska Verken i Linköping och Gryaab, se Bilaga 4-6. Gemensamt för dessa är att det finns en tydlig uppdelning av ansvar och ett nära samarbete med laboratoriet och med processingenjörer.

Exempel från hur mindre kommuner arbetar finns i fallstudie MIVA och Skövde, se Bilaga 7 och 8. Båda organisationerna har fördelat ut arbetet med instrument på flera personer (12 respektive 6 personer).

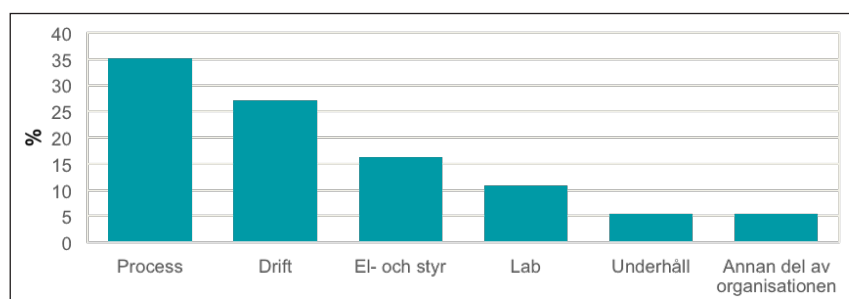
I detta avsnitt presenteras hur svenska VA-organisationer organiserar sig.

Vem gör vad?

I Figur 7.1 visas vilken del av organisationen som arbetar med online-instrument, icke online-instrument samt provtagare och analysatorer enligt enkätundersökningen. Drift arbetar mest med instrument, Process arbetar oftast med utvecklingsarbete och test av instrument och placering (se Figur 7.2).

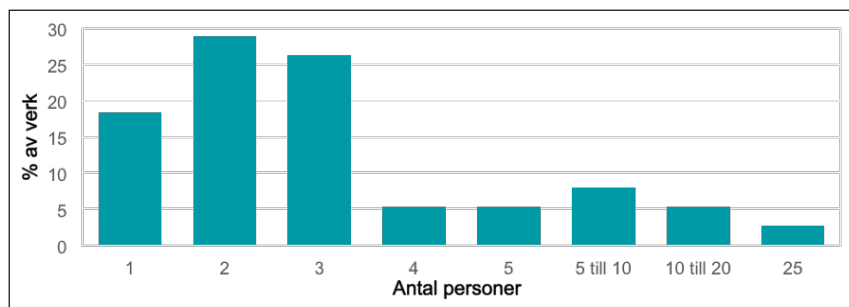


Figur 7.1 Den del av organisationen som arbetar med den rutinmässiga hanteringen av Online-instrument, Icke online-instrument, Provtagare och analysatorer.



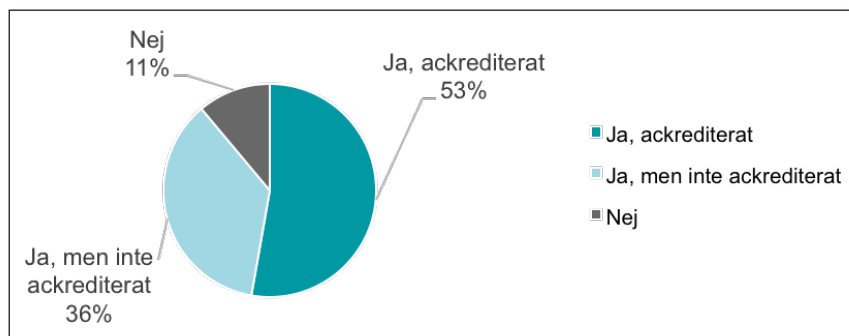
Figur 7.2 Den del av organisationen som arbetar med utveckling och test av instrument.

Antalet personer involverade i arbetet med instrument varierar, men inte beroende på storleken på reningsverket. Det största reningsverket (Henriksdals reningsverk med 820 000 p.e.) hade 3 personer som arbetar med instrument medan Örebro's reningsverk (med 120 000 p.e.) hade 25 personer som är inblandade i arbetet med instrument. Vanligast enligt enkätstudien var att 1 till 3 personer arbetar med instrument, vilket 75 % av reningsverken svarade (se Figur 7.3). En fjärdedel av reningsverken som svarade på enkäten uppgav att de har en dedikerad instrumenttekniker.



Figur 7.3 Antal personer som arbetar med instrument på reningsverk.

Om reningsverket har eget laboratorium har betydelse för möjligheten att kontrollera instrumenten eftersom det då går betydligt snabbare att få resultat från analyser och det finns möjligheter att ta om prov ifall mätresultatet är avvikande. Av enkäten framkom att det är vanligt att reningsverken har eget laboratorium (89 %), se Figur 7.4.



Figur 7.4 Andel av verken som har eget laboratorium inom organisationen, dit prover kan skickas för analys.

7.1.2 Tips och råd

Framgångsfaktorer

Vad utmärker en framgångsrik instrumentering på avloppsreningsverk? Organisatoriska nyckelfaktorerna för att instrumenteringen ska fungera bra är:

- Engagerad och utbildad personal
- Kontinuitet hos personalen som arbetar med instrumenten
- En tydlig uppdelning av ansvar
- Att använda en blandning av olika kompetenser

Framgångsfaktorerna har framkommit i intervjuer med instrumentleverantörer och med projektgruppen med representanter från reningsverk. De reningsverk som har en dedikerad instrumenttekniker eller motsvarande framhåller att det ger en trygghet men att det kan vara en nackdel om den personen är borta på till exempel semester eller p.g.a. sjukdom.

Leverantörerna har också framfört att det är en framgångsfaktor när reningsverken har en dedikerad person som arbetar med instrument och att den personen har kunskap om processen där instrumentet mäter. Utbildning i handhavande och underhåll av instrumenten är också mycket viktigt.

Det finns en risk med roterande personal som inte fått samma utbildning. Olika personer hanterar instrumenten lite olika och instrumentet visar därigenom olika värden under olika perioder. Därför kan det vara fördelaktigt att vara en lite mindre grupp som får samma utbildning, till exempel av leverantören i samband med drifttagning.

Ansvarsfrågan är också mycket viktig för att arbetet ska fungera bra. När det är tydligt vem som ansvarar för vad faller en uppgift inte mellan stolarna. Dock är det viktigt att den som är ansvarig också har mandat att agera. Det är även viktigt att driftsledningen efterfrågar mätresultat.

Laboratoriet upplevs som viktigt eftersom de kommer in med andra kompetenser och erfarenheter. De som har eget laboratorium framhåller att personalen där har koll på vad resultaten brukar vara och därför kan agera genom att ta ett nytt prov eller göra om analysen ifall mätvärdet avviker från det normala. De som saknar eget laboratorium lyfter ofta frågan om långa väntetider på analys svar som ett problem vid uppföljning av instrumentets mätvärde.

Positiv effekt har setts när mindre kommuner går samman i ett VA-bolag. Då ökar förutsättningarna för att instrumenthanteringen ska fungera bra.

7.2 Underhåll av instrument

7.2.1 Bakgrund

Vad är underhåll?

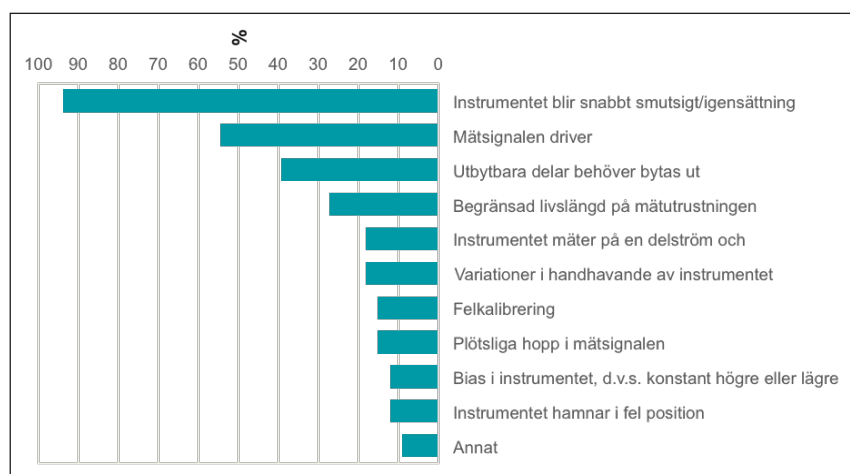
För att ett instrument ska fungera och ge ett korrekt mätvärde krävs underhåll av instrumentet. Det finns olika typer av underhåll och här beskrivs de två vanligaste; avhjälpande och förebyggande underhåll. *Avhjälpande underhåll* är underhåll som utförs när instrumentet redan visar fel eller har gått sönder. Vanligtvis innebär avhjälpande underhåll att de komponenter som inte längre fungerar repareras eller byts ut, detta måste oftast göras oplanerat. Det *förebyggande underhållet* utförs regelbundet för att instrumentet ska fortsätta visa rätt värde. Exempel på förebyggande underhåll är:

- rengöring
- påfyllning av reagenser
- byte av utbytbara delar såsom elektroder, filter eller slangar.

Varför är underhåll av instrument viktigt?

Den vanligaste orsaken till att ett instrument på reningsverk avger ett felaktigt mätvärde är att det blivit smutsigt. Det är även vanligt att instrument visar fel på grund av att utbytbara delar behöver bytas.

Eftersatt underhåll är således ett hinder för goda mätresultat från instrumentet. 94 % av reningsverken som svarade på enkäten angav att smutsigt instrument är en vanlig orsak till felaktiga mätvärden. 40 % svarade att en vanlig orsak till felaktiga mätvärden är att utbytbara delar behöver bytas ut och 15 % svarade felkalibrering (se Figur 7.5). Alla dessa tre är kopplade till instrumentets underhåll vilket visar hur viktigt detta är vid mätning på avloppsreningsverk.



Figur 7.5 Vanligaste orsakerna till felaktiga mätvärden för instrument på reningsverk. Flera val var tillåtna.

Felaktiga mätvärden som beror på nedsmutsning eller att delar behöver bytas, d.v.s. den vanligaste respektive tredje vanligaste orsaken till felaktiga mätvärden, skulle alltså kunna undvikas genom ett mer utförligt förebyggande underhåll. Men hur ofta behöver man egentligen utföra det förebyggande underhållet och hur mycket tid är rimligt att lägga på underhåll av instrument?

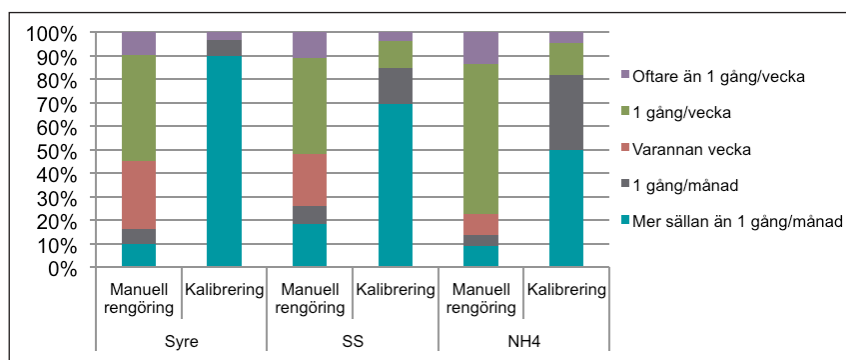
Det är vanligt att följa leverantörens instruktioner för underhåll, men att anpassa underhållet till sin egen process efter en tid. I enkäten svarade 72 % att de följer leverantörens underhållsinstruktioner för alla eller för de flesta av instrumenten. Hur personal på reningsverket lägger upp sitt förebyggande underhåll ser olika ut på olika verk och i olika organisationer. Beroende på var instrumentet sitter kommer det t.ex. bli smutsigt olika snabbt (t.ex. snabbare på inkommande än på utgående vatten) eller vara utsatt för andra påfrestningar som gör att underhållsbehovet förändras. På grund av detta rekommenderas att dokumentera sitt underhåll för att kunna justera underhållsplanen efter instrumentets behov för just den plats där instrumentet mäter.

Som framgår av Figur 7.5 är även handhavande av instrumentet en orsak till att instrumentet visar fel. Detta innebär att underhållet utförs på olika

sätt av olika personer, kanske placerar man tillbaka instrumentet i bas-sängen med en annan vinkel eller på ett annat djup vilket kan påverka mätsignalen. Detta motiverar att ha fastställda rutiner för hur instrumenten hanteras, både vid underhåll men även för kalibrering (läs mer om kalibrering i avsnitt 7.3 Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet).

Ett sätt att minska åtgången av arbetstid och att minska risken för uteblivet underhåll och handhavandefel är att använda sig av automatisk rengöring. Enligt enkäten är det vanligt att använda automatisk rengöring för slamhaltsgivare (75 % av svarande som hade slamhaltsgivare i biostegen hade automatisk rengöring av dessa) men mindre vanligt för syregivare (bara 13 % av de svarande som har syregivaren använder sig av automatisk rengöring för dessa).

Av enkäten framkom att det vanligaste intervallet för manuell rengöring var en gång per vecka, men generellt mer ofta för ammoniumgivare jämfört med givare som mäter syre och slamhalt (se Figur 7.6). Kalibrering av ammoniumgivare sker även oftare än för syre- och slamhaltsgivare.



Figur 7.6 Svar från enkäten avseende underhållsfrekvens för syregivare, slamhaltsgivare (SS) och ammoniumgivare (NH₄).

7.2.2 Tips och råd

Förutom att det är olika saker att tänka på beroende på vilken typ av givare underhållet gäller, så finns det ett antal mer generella tips:

- *Planera underhållet för verkets givare i en skriftlig underhållsplan*
För det förebyggande och avhjälpande underhållet behöver varje organisation ta fram en underhållsplan och dokumentera det underhåll som ska utföras. Detta för att på ett bra sätt planera och följa upp ifall det förebyggande underhållet är på rätt nivå.
- *Dokumentera det underhåll som har gjorts för respektive givare*
För att hålla ordning på vilket underhåll som har utförts för att till exempel kunna följa upp om man underhåller sina instrument lagom ofta behöver underhållet dokumenteras skriftligt.
- *Gör en prioriteringsordning för underhållet av reningsverkets givare*
Genom att ta fram en prioriteringsordning vet personalen hur resurser ska fördelas när tidsbrist uppstår, vid tillfällig personalbrist eller om flera instrument går sönder samtidigt.

- *Se till att ha ett väl fungerande underhållssystem*

Ett välfungerande underhållssystem är ett bra verktyg för att planera och dokumentera underhåll samt för att samla rutiner och liknande på ett ställe.

Nedan kan du läsa mer om vart och ett av tipsen här ovanför. I många av avsnitten är insatsen uppdelad på en *Basnivå* som rapportförfattarna och projektgruppen anser rimligt att alla reningsverk bör kunna uppnå och en Premiumnivå för de anläggningar som vill arbeta ännu mer systematiskt med sitt underhållsarbete.

Underhållsorganisation

I Tabell 7.1 presenteras tips och råd för en välfungerande underhållsorganisation.

Tabell 7.1 En välfungerande underhållsorganisation.

Basnivå	Premiumnivå
En tydlig ansvarsfördelning liksom engagemang hos personalen är viktigt för en välfungerande underhållsorganisation. Det är också viktigt att underhållstänket genomsyrar organisationen och att det finns förståelse för att det krävs resurser och att underhåll av instrument kan vara komplext. Förutsättningar för att känna engagemang kan ges genom utbildning så att personalen förstår varför underhållet är viktigt, att de ser helheten och känner att de bidrar, samt få återkoppling på det underhållsarbete som utförs och resultatet av det. I planeringsarbete och uppföljning avseende underhåll rekommenderas att arbeta i en grupp med blandade avdelningar/kompetenser (process, drift, instrument, labb). I denna grupp bör det finnas en person som har ansvar för samordning och framdrift. För utförande av själva underhållet är det fördelaktigt att ha en mindre grupp, med en person som är uttalat ansvarig. Om det är delat ansvar mellan olika delar av organisationen krävs extra tydlighet för att undvika missförstånd och att saker faller mellan stolarna.	Vill man ta det ett steg längre rekommenderas att arbeta med kontinuerligt förbättringsarbete. Ge personalen möjligheter till utbildning och erfarenhetsutbyte genom exempelvis möten med personal från andra verk, deltagande vid konferenser eller utbildning via leverantörer av instrument. Ge även personalen som arbetar med instrument förutsättningar och möjlighet att påverka inköpsbeslut.

Underhållsplan

En underhållsplan är skriftliga rutiner för förebyggande underhåll innehållande var, när, hur och vem som ska utföra underhållet.

Att ha en skriftlig underhållsplan har många fördelar.

- En underhållsplan är till hjälp för att fördela resurser och se till att planerat underhåll hinns med. Detta blir extra tydligt när nya instrument köps in och det tillkommer arbete med dessa för befintlig personal. En uppdatering av underhållsplanen kan då användas för att säkerställa att allt arbete hinns med.
- Om personal slutar är underhållsplanen ett bra sätt att föra kunskapen om hur underhållet ska gå till vidare till ersättare och övrig personal.
- En uppdaterad underhållsplan gör reningsverket mer driftsäkert.

Enligt enkäter har de flesta reningsverk skriftliga rutiner för det förebyggande underhållet, men inte för alla instrument.

Råd för själva planeringen av underhåll presenteras i Tabell 7.2 och hur planen sedan kan dokumenteras listas Tabell 7.3.

Tabell 7.2 Planering av underhåll.

Basnivå	Premiumnivå
Planera underhållet i grupp bestående av flera avdelningar/kompetenser. Det är viktigt med en tydlig ansvarsfördelning. Utgå från leverantörens rekommendationer för underhåll. Skaffa erfarenhet och gör uppföljning. Dokumentera hur underhållet ska ske, ansvarsfördelning, resursbehov och tidsplanering. Följ upp planen regelbundet (minst en gång per år eller vid installation av nya instrument).	Arbeta med prioritering av underhåll, läs vidare i Tabell 3.5. Upprätta en kommunikationsplan för underhåll. Till exempel hur det internt kommuniceras om ett instrument visar fel eller håller på att underhållas, så att data från instrumentet inte tolkas fel.

Tabell 7.3 Hur en underhållsplan dokumenteras.

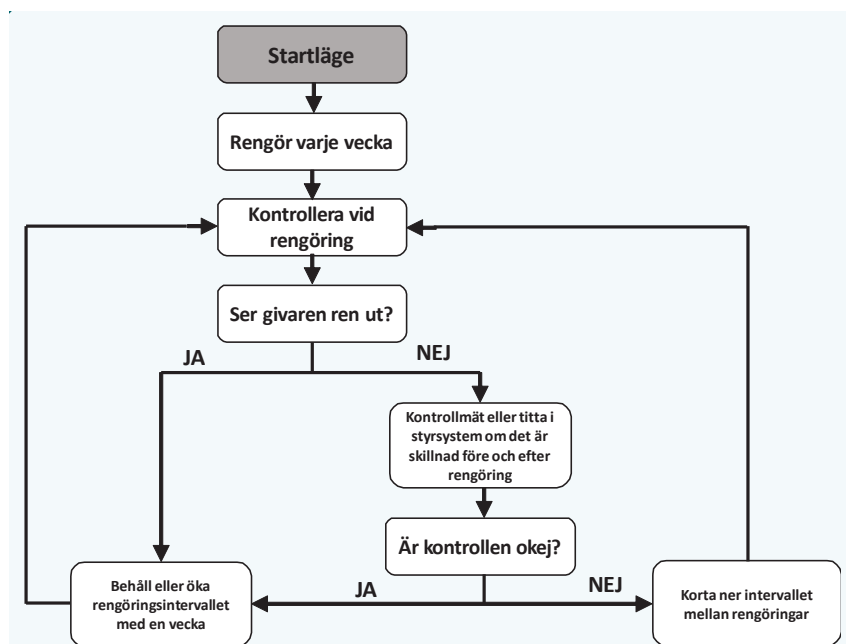
Basnivå	Premiumnivå
Underhållsplanen kan på ett enkelt sätt dokumenteras i ett kalkylblad innehållande: Anläggningens instrument, Typ av underhåll som ska utföras för respektive instrument, Underhållsfrekvens, Vem som är ansvarig för underhållet. Gör underhållsplanen till en rutin/styrande dokument som tar upp ansvarsfördelning, resursbehov och tidsplanering. Ansvarig chef signerar. Vid till exempel införande av nytt processteg med tillhörande instrument är det bra att ha underhållsplanen som ett styrande dokument för att gå igenom hur resurser och tid ska planeras när antalet instrument blir fler.	Dokumentera underhållsplanen i ett underhållsprogram där olika typer av underhåll läggs in för respektive instrument. Ansvarig personal specificeras och tidsplanen läggs in vilket ger påminnelser inför underhållsronder. I systemet bör också instruktioner för hur underhållet ska utföras finnas tillgängligt.

Ett exempel för underhållsplan visas i Figur 7.7. Där listas vad för underhåll som ska göras när och för vilket instrument. Det är även preciserat vem som är ansvarig för att underhållet utförs och hur mycket tid som är beräknat för utförandet. Det är bra att komplettera underhållsplanen i bilden med en länk till ett dokument där det framgår hur själva underhållet ska utföras.

Instrument	Antal	Ansvarig	Underhåll	Frekvens	Tidsåtgång
Utgående turbiditet	1	NN	Rengöring	Varje månad	xx h/månad
Analysator för utgående fosfat	1	NN	Påfyllning av kemikalier	Varje vecka	xx h/månad
			Byte av pumpslangar och patronfilter	Varje kvartal	xx h/månad
			Byte av samtliga slangar	Varje år	xx h/månad
Syre (biosteg)	9	NN	Rengöring	Varannan vecka	xx h/månad
Suspenderad substans (In)	1	NN	Rengöring	Varje dag	xx h/månad
Slamhalt (biosteg)	3	NN	Rengöring	Varannan vecka	xx h/månad
Ammonium (försed, biosteg)	3	NN	Rengöring	Varje vecka	xx h/månad
			Byte av elektroder	Vid behov enl. kontroll alt efter XX månader enl leverantör	
Nitrat (biosteg, ut)	2	NN	Rengöring	Varje vecka	xx h/månad
			Byte av elektroder	Vid behov enl. kontroll alt efter XX månader enl leverantör	

Figur 7.7 Exempel på en enkel underhållsplan.

Ett förslag på metod för att systematiskt arbeta med adaptivt underhållsintervall visas i Figur 7.8.



Figur 7.8 Flödesschema för att hitta lämpligt underhållsintervall.

Dokumentation av utfört underhåll

Det är viktigt att dokumentera ett instruments underhåll i form av kalibreringar, kontroller, rengöring, eventuella byten av delar med mera under instrumentets livstid (WEF, 2013). Dokumentation av underhåll har flera fördelar:

- Genomfört underhåll kan checkas av när det är gjort.
- Information om utfört underhåll kan användas vid kommunikation med leverantör i fall det skulle vara något problem med instrumentet.
- Det kan också vara bra för uppföljning av underhållsintervallet.

Enligt enkäten dokumenterar knappt hälften av reningsverken underhållet i ett underhållssystem. Andra vanliga sätt att dokumentera underhåll är i ett kalkylblad och/eller på en plats i närheten av instrumentet. Det går att ha en analog loggbok, men det finns flera nackdelar med detta. Till exempel måste man vara på plats för att kunna ta del av innehållet eller fylla i. Därför är det att föredra en digital loggbok, exempelvis i kalkylblad. Dock finns även nackdelar med detta. Det kan bli många kalkylblad och svårt att få en överblick. Det finns också risk för att filen försvinner/sparas över om många hanterar dokumentet. Råd för dokumentation av utfört underhåll presenteras i Tabell 7.4.

Tabell 7.4 Hur utfört underhåll dokumenteras.

Basnivå	Premiumnivå
Åtgärder såsom elektrodbyte eller kalibrering bör dokumenteras i exempelvis en loggbok eller i ett underhållssystem. Det är viktigt att organisationen bidrar till att ge förutsättningar för att dokumentera underhållet.	Dokumentation i ett underhållssystem har ytterligare fördelar jämfört med dokumentation i kalkylblad. Mer diskussion om underhållssystem finns under rubriken "Underhållssystem" nedan. Det finns fördelar med att även dokumentera det dagliga underhållet (t.ex. rengöring) för att kunna följa upp om det går att förbättra instrumentets funktion alternativt minska på rengöringsfrekvensen utan att mätningen blir sämre. Den administrativa bördan av denna extra dokumentation kan underlättas av ett användarvänligt underhållssystem. Vill man ta dokumentationen ytterligare ett steg längre är en extra funktionalitet såsom kommunikation mellan underhållssystem och styr- och övervakningssystem för att kunna kombinera trendkurvor med händelser i underhållet (så att det i kurvan framgår till exempel när en givare är rengjord eller en elektrod är bytt).

Prioriteringsordning för underhåll

För att ett reningsverk ska vara så driftsäkert som möjligt måste de som sköter det förebyggande underhållet fokusera på rätt saker. Att på något sätt skapa en prioriteringsordning är därför nödvändigt.

Prioriteringen kan även vara till stor hjälp vid avhjälpande och akut underhåll, om det uppstår en situation där flera problem inträffar samtidigt, men även bra vid tidsbrist, t.ex. vid förkortade arbetsveckor eller om någon blir sjuk. Om man inte hinner det arbete man normalt utför på en full arbetsvecka så kan en prioriteringslista hjälpa så att man hinner med det som är viktigast.

För instrument är det vanligt att ha veckobaserat underhåll. Har man en tydlig prioritering av instrumenten kan man förlägga viktigt underhåll i början av veckan för att säkerställa att det blir gjort.

Prioritering och dokumentation av underhåll kan tyckas onödigt om det endast är få personer som arbetar med underhåll av instrument eftersom dessa personer normalt har full koll på läget för instrumenten. Men blir dessa personer sjuka eller slutar kan denna dokumentation vara avgörande för att instrumenteringsarbetet kan fortsätta att fungera när nya personer kommer in.

Prioriteringsordningen kan tas fram på olika sätt, se råd för prioritering av underhåll i Tabell 7.5.

Tabell 7.5 Prioritering av underhåll.

Basnivå	Premiumnivå
En samlad grupp med olika kompetenser (process, instrument, drift, beslutsfattare) diskuterar prioritering av anläggningens instrument och vad instrumentens mätvärde har för betydelse för processen. Detta ska resultera i en prioriteringslista som dokumenteras i underhållsplanen.	Systematisk prioritering t.ex. genom så kallad kritikalitetsanalys, läs vidare nedan.

De personer med ansvar för underhåll av instrumenten på ett reningsverk bör prioritera de givare som, om det blir fel på dem, medför allvarigast konsekvenser, d.v.s. har hög kritikalitet. När en strategi för underhållet

utarbetas bör den därför utgå från hur svåra konsekvenser som fel på de olika givarna skulle orsaka. För att komma fram till en sådan prioriteringsordning kan man använda sig av kritikalitetsanalys. Det finns en industriell standard för detta: Kritikalitetsanalys, införande och upprätthållande, för tekniska enheter (SSG, 2005).

Kritikalitetsanalys är en metodik för att klassa olika anläggningsobjekt efter hur kritiska de är för ett antal olika kategorier såsom säkerhet, miljö och produktion. Arbete med kritikalitetsanalys kommer från industrin där det ofta tillämpas på maskinell utrustning, och metodiken påminner om riskanalys. Resultatet av en kritikalitetsanalys av instrument på ett reningsverk är en tabell där det finns ett mått på varje instruments kritikalitet. Resultatet kan sedan användas vid prioritering och optimering av underhållsarbete. Det kan exempelvis vara till hjälp vid prioritering av vilka instrument man lägger sin tid på om det är tidsbrist eller hur man prioriterar om något/flera instrument slutar fungera. Det kan även ge ett bra underlag för hur man tänker kring redundans och reservdelstrategi för instrumenten. Om bedömningen görs att ett visst instrument är extra kritiskt så kan det vara en god idé att ha reservdelar/extra instrument på lager. Detta behöver dock vägas mot leveranstid för reservdelar/nytt instrument, hur mycket lagerplats som finns tillgängligt, att hållbarhetstiden kan gå ut innan material använts vilket innebär en extra kostnad.

I stort kan man säga att man med kunskapen från en kritikalitetsanalys kan optimera driftsäkerheten på verket. Det har även visat sig att själva arbetet med analysen är minst lika viktigt som resultatet. Att få tänka igenom vilka givare som finns på verket och vad som påverkas om dessa inte fungerar som de ska brukar vara lärorikt för deltagarna.

I Bilaga 3 finns det en översiktlig genomgång av hur ett reningsverk kan gå tillväga för att göra en kritikalitetsanalys för instrument, exemplifierat med resultat från en fallstudie utförd på Kungsängens reningsverk i Västerås.

LÄS MER

Bilaga 3 – Hur gör man en kritikalitetsanalys för instrument?

SSG 2005 – Kritikalitetsanalys, införande och upprätthållande, för tekniska enheter. Kan, mot betalning, laddas ner från www.ssg.se. Det finns även ett tillhörande Excelverktyg.

Underhållssystem

Nästan hälften av de reningsverk som svarade på enkäten dokumenterar sitt underhåll av instrument i sitt underhållssystem. Att använda ett underhållssystem för planering av förebyggande underhåll, dokumentation av utfört underhåll, åtminstone byte av delar och andra större arbeten är att rekommendera som en Basnivå (se Tabell 7.6). Ett underhållssystem har även fördelar då personal är frånvarande eller vid personalomsättning och ger ett mer driftsäkert verk.

Tabell 7.6 Råd kring digitala underhållssystem.

Basnivå	Premiumnivå
Att ha ett digitalt underhållssystem där alla instrument finns inlagda.	Koppla ihop underhållssystem med övriga system, t.ex. styr-system eller system för riskanalys inför utförande av arbeten.

Faktorer som underlättar ett fungerande arbete med underhållssystem kan vara:

- Från underhållssystemet bör det gå att få ut *historik* över vad som är gjort och även att det går att lägga till *kommentarer* avseende underhållet som utförts. Denna historik kan vara en fördel om en dialog med leverantören behövs om ett instrument som inte fungerar enligt förväntningarna.
- Systemet måste vara *användarvänligt* och användarna måste ha förtroende för systemet. Risken är annars att systemet kringgås och tappar sin funktion. För att få ett användarvänligt underhållssystem krävs att det kan modifieras så att det passar det arbetssätt som organisationen har. Goda erfarenheter finns från anläggningar som har in-house-kompetens som kan genomföra sådana förändringar enligt förslag från de som använder systemet. Det ska vara enkelt att lägga in information i underhållssystemet.
- *Köp till tjänsten att föra in instrumenten* i underhållssystemet när underhållssystemet köps in för att säkerställa att det blir gjort. Har du ett underhållssystem som instrumenten inte är inlagda i kan det ändå vara en god idé att köpa in tjänsten. Det är lätt hänt att det inte hinns med av den egna personalen och om inte alla instrument är inne i systemet från början kommer det inte att användas på det sätt som är tänkt.
- Det finns många fördelar med att ha instrument i ett *digitalt underhållssystem*. Dels gör det att personalen inte behöver hålla sådant underhåll som sker sällan (mer sällan än veckovis) i huvudet utan får påminnelser per mail från underhållssystemet, dels kan ett välfungerande underhållssystem underlätta dokumentationen genom att endast behöva bocka i rutor över vad som är gjort.

LÄS MER

I Bilaga 4 till 8 kan du läsa mer om hur fem VA-organisationer beskriver hur de arbetar med sina underhållssystem och deras erfarenheter av detta.

Praktiska tips om underhåll för specifika givare

För att undvika att styrsystemet registrerar felaktiga värden vid underhåll har vissa instrument ett underhållsläge där signalen som skickas till styrsystemet fryses vid senast registrerade värde. Det är att rekommendera vid underhåll som till exempel innebär att givaren lyfts ur processen. Det blir särskilt viktigt om givaren används i någon styrning.

Nedanstående text baseras på information från WEF (2013) och erfarenheter från projektgruppen och innehåller praktiska tips kring underhåll för specifika givare.

Normalt underhåll av *syregivaren* innefattar manuell rengöring, för att förebygga tillväxt av biofilm, och byte av mätelektrod. Hur ofta givaren behöver underhåll är beroende på avloppsvattnets innehåll och om den har automatisk rengöring, det kan även vara olika vid olika tider på året. Syregivare kräver normalt sett inte kalibrering särskilt ofta (instrumentet kalibrerar sig självt mot en röd LED med känd intensitet) men periodvisa kalibreringar i luft och tillverkarkalibrering krävs när ett nytt mät huvud installeras. Vid periodvis kalibrering av optiska givare bör detta ske i luft med skydd från direkt solljus. Syregivare med membran kan fortfarande mäta korrekt trots en viss smutsbeläggning, men de blir trögare. I samband med manuell rengöring är det viktigt att kontrollera att membranet är intakt. För optiska givare kontrolleras att det fluoriserande skiktet är intakt.

De *jonselektiva ammoniumgivarna* behöver rengöring av membranen regelbundet för att mätningen ska fungera och byte av elektroder var 6:e till 12:e månad. Eftersom givarna driver med tiden krävs regelbunden kalibrering, normalt varannan till var fjärde vecka.

Analysatorer för ammonium kräver rutinmässigt underhåll som inkluderar följande:

- Byte av reagenser (normalt på månads- eller kvartalsbasis beroende på inställningar för rengöringsintervall, kalibreringsintervall och mätintervall),
- Rengöring eller byte av elektrod (jonselektiv eller GSE) (månadsvis),
- Byte av slangar (var 3:e till 6:e månad),
- Regelbunden inspektion och rengöring av provfiltersystem.

Det rutinmässiga underhållet är liknande för andra analysatorer, t.ex. för fosfatmätning.

Givarna för nitrat kan placeras direkt i processen eller på en sidoström. UV-givare för nitrat har ofta inbyggd rengöring som fungerar bra i de flesta miljöer och enheten behöver normalt inte någon omkalibrering. Det som krävs är regelbunden manuell rengöring, årligt byte av rengöringens eventuella torkarblad och byte av exempelvis packningar. En fördel med givarna är att de inte kräver reagenser och kan mäta direkt i processen. Om mätning inte sker direkt i processen är det viktigt att planera för provpumpning och rörledningar så att de inte är för långa och förhindra att de blockeras eller att det uppstår förutsättningar som kan leda till denitrifikation (vilket ger felaktigt givarvärde).

Det finns två huvudtyper för *optiska givare för slamhalt*, reflekterande och transmitterande. De transmitterande är enkla att kontrollera genom att nollpunkten kan verifieras i en behållare med rent vatten.

För att undvika att känsliga delar av instrumentet går sönder när instrumentet underhålls rekommenderas att rita ut markeringar hur instrumentet ska sitta. Till exempel kan det vara en TS-givare som ska stickas in på en ledning. Om den sticks in för långt kan torkarbladen gå sönder, därför är det bra att rita ett streck på givaren som indikerar hur långt in den kan place-

ras. Det rekommenderas även att precisera hur instrumentet ska rengöras; till exempel att det går bra att använda tandborste för jonselektiva elektroder, men att det för elektrokemiska syregivare med känsligt membran krävs att man försiktigt rengör med en mjuk tvättsvamp. Om man har problem med klockdjur som bildar ett segt slem på instrumenten kan det vara till hjälp att torka dem med papper istället för en blöt svamp.

7.3 Givarkontroll och mätvärdesnoggrannhet

Underhåll av instrument beskrevs i avsnitt 7.2 som en avgörande faktor för att undvika att instrument visar felaktiga mätvärden. Naturliga följdfrågor blir då, vad definieras som ett felaktigt mätvärde, och hur stor avvikelse från det sanna värdet kan accepteras? Svaret på detta är inte entydigt och beror naturligtvis vad mätvärdet används till och därmed också på vem man frågar.

I detta avsnitt redovisas och diskuteras olika aspekter som påverkar svaren på frågorna:

- *Varför* det är viktigt med korrekta mätvärden?
- Varför är det viktigt att veta hur korrekta mätvärden en givare visar?
- Hur rätt *behöver* ett instrument visa?
- Hur kan man *kontrollera* om instrumentet mäter korrekt?

7.3.1 Bakgrund

Hur korrekta mätvärden behövs, och varför?

Det är självklart att man vill veta att det instrument man använder faktiskt visar och mäter det som det avser att mäta. Hur korrekta mätvärden som behövs beror till stor del på vad mätdata används till som vidare motiverar hur korrekta mätningarna behöver vara. Därför återvänder vi till frågan som inledde rapporten: Varför ska man mäta? Kontroll av uppfyllande av miljötillstånd, automatisk processtyrning, processoptimering och framtagande av dimensioneringsunderlag är olika aktiviteter som använder de data som instrumenten producerar. Dessa aktiviteter kräver olika grader av korrekthet i data. I praktiken är det olika personer som använder samma data med olika syften, och det som är tillräckligt korrekt för en projekteringskonsult kan vara otillräckligt för en drifttekniker och tvärtom.

Miljöpåverkan – uppfyllande av miljötillstånd

Hur rätt behöver vi mäta inkommande och utgående halter och mängder? Utifrån perspektivet miljötillstånd är det viktigare med låg mätosäkerhet för reningsverk som ligger nära sina utsläpps- och belastningsgränser. Detta eftersom att det räcker med små variationer eller fel i mätningarna för att de ska noteras som överträdelser (även om det egentligen berodde på exempelvis felaktig provtagning). För reningsverk med mycket goda marginaler kan i vissa fall mätosäkerheten vara hög och utsläppsgränserna ändå uppnås utan tvekan. Det är dock fortfarande viktigt och ett krav även för reningsverk med goda marginaler till sina gränsvärden att provta och bedöma sin miljöpåverkan på ett korrekt sätt.

Processstyrning

Kritikalitetsanalysen (se Bilaga 3) visade på att givare och instrument som används i en reglerkrets ofta är kritiska och högt prioriterade i förhållande till givare som inte används för styrning. Det är dock inte självklart att ett instrument som plötsligt helt tappar funktion har större konsekvens än felaktiga mätvärden. En reglerkrets som styrs utifrån en felaktig mätsignal kan ge godtyckligt dåliga prestanda, t.o.m. sämre än vid manuell styrning. En felaktig mätsignal kommer (inom praktiskt styrbara gränser) följa sitt börvärde, och det är styrsignalen som kommer avvika. Det finns därför risk att en avvikelse tar längre tid att upptäcka, jämfört med ett helt trasigt instrument där manuell styrning kan användas under tiden felet åtgärdas.

Hur allvarlig konsekvensen av ett mätfel (bias) är beror både på avvikelsens storlek och på dess riktning, d.v.s. om det är litet/stort negativt eller positivt bias. Detta är processspecifikt och kan behöva studeras med dynamiska simuleringar för att förstå felpropagering, d.v.s. att felet fortplantar sig, genom systemet. Ett exempel är en syregivare som styr luftningen i en aktivslam process. Ett positivt bias leder till minskad luftning eftersom syregivaren visar för högt och regulatorn minskar luftflödet/ventilläget. Samtidigt går nitrifikationshastigheten/reduktionen av organiskt material ned. Ett negativt bias leder istället till ökad luftning och därmed ökade kostnader, men förbättrad rening. Var gränsen går för ett acceptabelt bias (positivt eller negativt) beror på det specifika reningsverket, samt vilka mål VA-organisation ställer upp. Hur stora försämringar som tolereras i reningsgrad, kostnadsökning eller energiförbrukning ger indirekt gränsen för hur stora bias i givare som kan accepteras.

Processuppföljning och optimering

Online-givare har förbättrat möjligheten för processuppföljning och förståelse för processens dynamik. Det finns dock osäkerheter i online-mätningar på samma sätt som det finns osäkerheter i laboratorieanalyser (se avsnitt 6.2.2). Processnyckeltal baseras på flera mätsignaler (exempelvis nitrifikationshastighet, slamålder m.m.), vilket får till följd att den sammanlagda osäkerheten för själva nyckeltalet ökar. I det fallet är det alltså hur säker man behöver vara på själva processnyckeltalet som styr hur korrekta de bakomliggande mätningarna behöver vara. För processoptimering kan det vara små förbättringar som man vill uppnå, kanske i storleksordningen 5 %. För att med säkerhet kunna detektera så små förändringar krävs en låg mätosäkerhet i paritet med förändringens storlek. Detta är framförallt viktigt för försök som görs under lång tid där man inte kan utesluta långsam drift i mätvärden som kan maskera, eller än värre missleda, ursprunget av en förväntad effekt.

Om- och utbyggnationer och modellkalibrering

Inför ombyggnationer används ofta historiska mätdata från flera år för att få kännedom reningshastigheter och reningsgrader i befintlig anläggning. Man har i efterhand små möjligheter att påverka fel i historiska mätdata, men det är då viktigt att i alla fall veta hur fel eller hur rätt de historiska mätdata är. Risken är annars att mätdata tolkas som korrekta, och att en framtida design baseras på antaganden som avviker från de sanna.

Samma resonemang gäller i de fall man vill bygga en matematisk modell över sin process. För att anpassa modellen till den verkliga processen krävs ofta mycket data, och hur väl en modell beskriver verkligheten avgörs till stor del av kvaliteten på mätdata. Genom väl utformade och dokumenterade rutiner för underhåll (såsom beskrevs i avsnitt 7.2.2) ökar möjligheterna för att kunna återanvända mätdata även om det är omöjligt att i förhand veta hur rätt mätdata behöver vara för att just kunna återanvändas. Om du vet hur fel mätdata kan vara i de data-set som används kan mätosäkerheterna inkluderas i en osäkerhetsanalys tillsammans med de antaganden och beslut som tas.

Vad är korrekta mätdata?

Det finns flera olika kvalitetsmått på hur korrekt ett instrument mäter. Dessa mått anges också i leveransspecifikationen för instrumentet. Några exempel är repeterbarhet, mätfel och responstid utifrån mätprincip, se exempel beskrivna i avsnitt 6.2. Det finns två problem med givarspecifikationerna kring mätnoggrannhet: 1) de värden som anges avser tester under standardiserade förhållanden (vanligtvis i laboratoriemiljö) som avviker från den normala mätmiljön på ett reningsverk. De är därmed inte representativa i de fall mätnoggrannheten påverkas av givarens omgivande miljö. 2) Det är svårt att förstå exakt vad som avses med de kvalitetsmått som anges, vilka dessutom skiljer sig mellan olika givartyper och leverantörer. Det finns en standardiserad nomenklatur för olika aspekter av avvikelser (ISO 5725-1:1994), men även den skiljer sig från vad man inom exempelvis statistiken avser med termer såsom "bias" och "accuracy".

På grund av denna bredd i hur specifikationer används finns det en stor risk för missförstånd och de angivna kvalitetsspecifikationerna för givare ska därför tolkas med försiktighet. I detta avsnitt använder vi definitionerna från ISO 5725-1:1994 och de viktigaste begreppen anges nedan, med den engelska översättningen inom parentes.

1. *Accepterat referensvärde* (accepted reference value) – ett värde som accepterats som referensvärde utifrån vad som är möjligt att mäta. Notera att det inte nödvändigtvis är det sanna värdet även om det är den bästa möjliga uppskattningen.
2. *Bias* (bias) – kontinuerlig avvikelse mellan mätvärde och accepterat referensvärde.
3. *Precision* (precision) – närheten mellan flera oberoende mätningar. Precisionen mäts i standardavvikelser.
4. *Repetierbarhet* (repeatability) – precision vid repeterbara förhållanden.
5. *Riktighet* (trueness) – Kontinuerlig avvikelse mellan uppmätt värde och det sanna värdet.
6. *Noggrannhet* (accuracy) – överensstämmelse mellan uppmätt värde och accepterat referensvärde. Noggrannheten inkluderar både riktighet och precision.
7. *Responstid* (response time) – Tiden för att en mätsignal ska stabilisera sig inom +/-10 % av ett nytt konstant mätvärde efter en abrupt förändring.

Utifrån begreppen definieras noggrannhet som en kombination av små (eller avsaknad av) konstanta avvikelser från det sanna värdet och (slumpmässiga) variationer kring mätvärdet. Noggranna mätningar överensstämmer alltså väl med det sanna värdet och har dessutom liten variation.

Hur uppnås korrekta mätvärden i praktiken?

För att uppnå noggranna mätdata krävs både noggranna mätningar med själva givaren, en god underhållsrutin (se avsnitt 7.2) samt att dataöverföringen från givaren till databasen inte påverkar mätningarnas noggrannhet negativt. En förutsättning för att mätningen också är användbar är att givaren är placerad på en representativ plats och mäter det den är tänkt att göra, se avsnittet 6.2.2.

Själva dataöverföringen kan inkludera moment som påverkar signalen såsom: transformering mellan analog/digital signal, omskalning, förstärkning av signalen och filtrering i olika steg. Just olika filters påverkan på mätsignalen kan vara svårt att klarlägga. Exempelvis kan givarens display visa ett ofiltrerat värde som skiljer sig från det värde som skickas vidare i signalkedjan och används av styrsystemet. Det är också vanligt att det finns filter i styrsystemet som enbart går att förstå inne i själva styrsystemet. Vid långtidslagring i databaser är det vanligt att medelvärdesbilda mätvärden över ett visst tidsintervall (1-minuters värden, 15-minuters värden, timvärden o.s.v.). Sådana medelvärdesbildningar är också en form av filtrering som innebär att snabba variationer filtreras bort.

Även om det i praktiken inte är möjligt (eller nödvändigt) att i detalj kartlägga varje enskilt instruments signalväg så är det viktigt att veta om *att* dessa grundläggande moment kan ha stor påverkan på mätnoggrannheten. Det är därför viktigt att veta hur man går tillväga på den specifika anläggningen för att ta reda på olika signalvägar om det skulle behövas, t.ex. om man misstänker att signalöverföringen påverkar mätdata negativt. Om signalöverföringen påverkar mätvärden negativt kan kontrolleras genom att manuellt jämföra mätvärdet vid givaren och det värde som lagras i databasen.

Om man utgår från att en givare är rengjord enligt god underhållsrutin och att signalöverföringen till databas är tillfredställande så återstår noggrannheten hos själva givaren. Givarens noggrannhet beror både på själva instrumentets tekniska begränsningar att mäta noggrant, men framförallt på hur den kalibreras. En *kalibrering* har som syfte att kompensera mätfel som uppstått sedan givaren senast *kontrollerades* och visade noggranna mätresultat. Här skiljer vi på kontroll och kalibrering där en kontroll innebär att givarens mätvärde jämförs med ett referensvärde. En kalibrering innebär att man även justerar mätsignalen för avvikelsen mellan mätningen och det accepterade referensvärdet.

Kalibrering

Syftet med en kalibrering är alltså att kompensera för mätfel som uppstår under den tiden givaren är i drift. Med mätfel menar vi konstanta avvikelser från det sanna värdet (försämrad riktighet). Sådana mätfel kan ske abrupt (signalen hoppar) eller gradvis (drift av signalen) och beror

antingen på givaren eller på det media den mäter i. En kalibrering behöver genomföras med stor noggrannhet och på ett korrekt sätt, vilket oftast är tidskrävande. En felaktig kalibrering kan ge upphov till motsatt effekt, där en konstant avvikelse introduceras i givaren. Eftersom en kalibrering är tidskrävande vill man inte genomföra kalibreringar onödigt ofta. Hur ofta som är nödvändigt är tyvärr inte enkelt att veta och det är därför vanligt att man använder ett fast tidsintervall som samordnas med givarunderhållet.

En anledning till att det inte är enkelt att veta hur ofta kalibrering är nödvändigt är att orsakerna till drift kan bero på säsongsvariationer, faktorer som är unika för olika anläggningar eller helt enkelt på faktorer som är okända. Den accepterade referensmätningen som används för kalibrering är dessutom ofta en skattning av det sanna värdet med en viss osäkerhet. Det gör att det inte är lika enkelt att iterera sig fram till en lämpligt tidsintervall för kalibrering på samma sätt som för rengöring (jämför med Figur 7.8).

Nedan listas frågor som behöver besvaras för att kunna bestämma en ändamålsenlig kalibreringsrutin.

1. Hur stor avdrift (försämrade riktighet) kan accepteras?
2. Hur lång tid förväntas det ta för att uppnå den största tolererade avvikelsen i riktighet under verkliga mätförutsättningar?
3. Vilken noggrannhet (riktighet och precision) har den accepterade referensmätningen som används för att kalibrera givaren?

Om ovan frågor besvaras går det att exempelvis avgöra hur många oberoende accepterade referensvärden som krävs för att uppnå detektion av accepterad avdrift. Detta eftersom noggrannheten i själva provtagningen av referensprovet påverkar slutresultatet. Tyvärr skiljer sig osäkerheten mellan olika laboratorieanalyser och det är vanligen enbart den sammanlagda noggrannheten (osäkerheten) som anges i analysprotokollen vilket gör det svårt att svara på fråga 3. Oavsett denna svårighet vet vi ändå att noggrannhetens undre gräns vid en kalibrering bestäms av referensens sammanlagda noggrannhet d.v.s. vi kan inte få högre noggrannhet på givarens signal än vad referensmätningen ger.

Exempel: För en slamhaltsanalys med angiven mätosäkerhet på 20 % (för ett 95 % konfidensintervall) innebär det att vid en slamhalt på 3 000 mg/l kommer 95 av 100 konfidensintervall (+/- 600 mg/L) att innehålla det sanna värdet. Vi kommer alltså ha svårt att med säkerhet detektera avvikelser som är mindre än detta och därmed över tid inte få en högre noggrannhet i själva mätningen heller.

Vad ger upphov till avdrift i en mätsignal?

En givare mäter sällan direkt den parameter som den producerar mätvärdet för. Istället mäts någon optisk egenskap, en förändring i ström eller spänning som är korrelerad med den parameter som man egentligen vill mäta. Mätningen kan därför påverkas av andra faktorer än just förändringar relaterade till den parameter som man mäter.

Ett exempel är jonselektiva givare för ammoniumkväve som direkt påverkas av förändringar i salthalten i avloppsvattnet. Det finns exempel där saltvatteninträngning i ledningsnätet gett upphov till mycket stora avvikelser i den uppmätta ammoniumhalten. På samma sätt påverkas den uppmätta syrehalten av temperaturen. I de flesta givare finns dock en temperaturgivare som ska kompensera för temperaturförändringar. För de givare som mäter optiska egenskaper såsom ljusabsorbans kan årstidsberoende förändringar i slamegenskaper även påverka slamhaltsmätningen eller förändringar i dosering av fällningskemikalier.

Rent generellt är det bra att förstå vilken mätteknik som givaren använder och vilka faktorer som kan påverka mätningen. Det kan vara praktiskt att beräkna hur stor påverkan olika störfaktorer har på mätsignalen vilka ofta anges i givarmanualen. Genom en sådan beräkning får man en direkt förståelse för vilka störfaktorer som är relevanta för den aktuella mätsituationen.

Kontroll

Som tidigare nämnts så skiljer sig en kontroll från en kalibrering i den bemärkelsen att man vid en kontroll inte justerar mätsignalen även om en avvikelse upptäcks. En anledning till att inte justera mätsignalen kan vara att kontrollen inte är fullt tillförlitlig och att man är nöjd med att få en indikation om mätningen verkar rimlig. Syftet med en kontroll är ofta att upptäcka potentiella mätfel som motiverar en efterföljande kalibrering. Kontroller bör därför vara enkla att utföra, i vissa fall är t.o.m. automatiska kontroller att föredra.

Gemensamt för kontroller är att någon form av referensmätning jämförs med mätsignalen, där referensmätningen troligen har lägre riktighet än det accepterade referensvärdet. Exempel på vanliga referensmätningar är: portabel givare, våtkemiska analyser, referensgaser och korrelerade givar-signaler. Här avser vi referens i vid bemärkelse och signalens normala beteende (d.v.s. processens beteende) kan användas som referens eller till exempel ett max/min-intervall där signalen vanligen mäter. I dessa fall är det processens beteende och den egna signalen som är referens. Det pågår även utveckling kring ren mönsterigenkänning, ibland kallat maskininläring (eng. machine learning), för att kontrollera signalens noggrannhet även om detta idag inte används i någon större utsträckning. I följande avsnitt beskrivs olika typer av referensmätningar som kan användas för att kontrollera givarens noggrannhet.

Accepterad referensmätning

Accepterade referensmätningar som används för kalibrering kan även användas för kontroll. För vissa givare finns vätskelösningar med väl definierade koncentrationer (pH, ammoniumkväve, nitratkväve). Som referens kan även ett prov av det media som givaren mäter analyseras och användas som referens. För samtliga referensprover som tas och analyseras är det avgörande att proverna tas på samma media som givaren mäter. Även här kan en hink där givaren mäter tillsammans med en provtagning ur hinken förbättra noggrannheten avsevärt jämfört med om analysprovet tas ”nära

givaren” i processen. Det är viktigt att givarens display avläses lokalt och direkt i samband med provtagning. Att ta ett prov och senare avläsa mätvärdet i ett styrsystem med filtrering av signalen kan ge stora avvikelser.

Trendkurvor

Den smidigaste och vanligaste typen av kontroll är att visuellt studera den önskade signalens värde över tid, en s.k. trend. Signalens trend kan visas över olika tidsintervall, men för just kontroll är det nyttigt att studera äldre värden (ett år tillbaka i tiden) för att kunna upptäcka långsamma förändringar som inte syns på en vanlig dygns- eller veckotrend. Ett stöd för att snabbt se en signals rimlighet är att samtidigt visualisera max- och mingränser. En trend ger mycket bättre och snabbare överblick jämfört med att kontrollera om aktuellt mätvärde är inom sina gränser. Det är dock viktigt att komma ihåg att om man studerar trendkurvor utifrån medelvärdesbildade data (exempelvis timmedelvärden) så filtreras högfrekventa variationer bort och det är sannolikt att signalen har ett betydligt högre maxvärde och lägre minvärde än vad som visas på trendkurvan. Den medelvärdesbildande effekten är framförallt viktig för signaler som har stora förändringar under kort tid, exempelvis en ventil som bara öppnar någon minut och släpper ett högt flöde och sedan återgår till stängt läge. En sådan trendkurva för flöde baserat på timmedelvärden kommer starkt att avvika från det sanna maximala flödet.

Det är också vanligt att processoperatörer bygger upp en erfarenhet kring hur ett mätvärde brukar bete sig, och kan genom att studera trendkurvor och deras mönster upptäcka avvikelser. Med erfarenhet kring signalers trendbeteenden går det att upptäcka kvalitativa förändringar som är inom det normala gränsområdet och som är svåra att förklara med ord. En annan fördel med trender är också att man kan jämföra flera signaler samtidigt och notera förändringar i korrelationen mellan signaler. De främsta nackdelarna med kontroller baserat på trender är att det tar tid att visuellt kontrollera många signaler och att trendkontrollens kvalitet är subjektiv och individberoende. Det finns också en inneboende svårighet i att det inte går att särskilja om orsaken för en avvikelse beror på givaren eller processen.

Portabel referensgivare

För många mätparameterer finns det även portabla (bärbara) givare. En portabel givare har fördelen att den gör det möjligt att jämföra avvikelser för flera mätsignaler av samma sort, men med en och samma referensmätning. Detta är speciellt smidigt för syregivare eller slamhaltsgivare som det vanligtvis finns flera givare av på ett och samma reningsverk. Givarnas interna överensstämmelse kan alltså kontrolleras om man använder en portabel givare som kontroll. En nackdel är att tillförlitligheten på kontrollens noggrannhet avgörs av hur noggrann den portabla givaren är. Kontroll med portabel givare kräver alltså en egen kalibrering inför en kontroll. I vissa fall är det också möjligt att temporärt flytta en syre- eller slamhaltsgivare till en närliggande givare och på så sätt kunna jämföra deras respektive mätningar. Detta kan vara ett bra sätt för att snabbt klargöra om skillnader i mätningen beror på givaren eller processen.

De två viktigaste fallgroparna när en portabel givare används som kontroll är att mätvärdena för den portabla givaren och den stationära givaren kan ha olika filter och medelvärdesbildningar. Man kan alltså luras att tro att det finns en avvikelse som egentligen beror på att man inte jämfört mätvärdena under tillräckligt lång tid för att effekten av olika filter ska kunna försummas. Den andra fallgropen är att den portabla givarens mätpunkt avviker från den kontrollerade givarens. En så liten skillnad som 1 meter i en aktivslambassäng kan ge skillnader i mätvärden. En enkel lösning på båda fallgroparna är att göra mätjämförelsen i en hink där man inväntar att mätvärden stabiliserar sig. En nackdel med att använda portabla givare för kontroll är att det kan vara tidsödande att synkronisera och exportera data från den portabla givaren för att jämföra med långtidsdatabasens- eller styrsystemsdatasensens mätvärden.

Databaserade kontrollmetoder

Utöver tidigare beskrivna kontrollmetoder finns sätt att automatiskt genomföra kontroller där man använder mätdata från andra givare. Genom att kombinera mätdata från flera givare med kända fysikaliska eller statistiska samband (såsom korrelationer) kan man kontrollera om givaren mäter normalt, utifrån vad andra givare visar. I detta stycke benämner vi sådana kontroller som databaserade kontrollmetoder eftersom de baseras på olika former av bearbetning av befintliga data. De tidigare nämnda kontrollmetoderna använder förstås också data även om de inte är automatiserade.

Det finns många namn och begrepp för olika databaserade metoder. Inom VA-branschen används begreppet soft sensors som ett samlingsnamn för beräkningar där en eller flera mätsignaler (som oftast är enkla att mäta) används för att beräkna eller uppskatta värdet för en variabel som inte mäts direkt. Soft sensors är en förkortning av software sensors (svenska mjukvarusensorer) som är motsatsen till vanlig givare eller hardware sensors. För avloppsvatten kan till exempel COD, P och N uppskattas utifrån enklare mätningar som t.ex. flöde, konduktivitet, SS och pH. Även flöde är en bra och enkel parameter att uppskatta från andra flödesmätare. Knappt en fjärdedel av reningsverken som ingick i enkäten använde någon form av soft sensor.

En soft sensor är en sorts matematisk modell som används för prediktion. Det finns många sätt att bygga modeller för att prediktera mätvärden. Syftet med en predikterad signal kan variera, där de två vanligaste målen är att:

1. Ta fram en (predikterad) mätsignal för en parameter som inte mäts, och använda den om den kommer från vilken (hårdvaru) givare som helst för exempelvis styrning eller mätning
2. Ta fram en (predikterad) mätsignal som kan jämföras med en befintlig (hårdvaru) givarsignal. Här är syftet att automatiskt kunna upptäcka skillnader mellan den predikterad och uppmätta signalen som indikerar ett mätfel. En avvikelse kan dock bero på fel i hårdvarugivaren, någon av de givarsignaler som används för att beräkna den predikterade signalen, eller ett fel i modellen. Det blir alltså mer komplicerat att säkerställa orsaken till

en avvikelse om många givarsignaler används för att mata data till modellen/soft sensorn.

På samma sätt som modeller kan konstrueras med olika komplexitetsnivåer finns det olika nivåer av komplexitet för databaserade kontrollmetoder. Det gemensamma målet är dock att kontrollerna ska kunna genomföras automatiskt och till viss del vara mer objektiva än att manuellt studera trendkurvor. Idag finns exempelvis möjlighet att automatisera trendövervakning där en algoritm automatiskt jämför normala signalvariationer (varsians, medelvärde, median) med den aktuella mätningen. En utmaning med detta är att definiera gränsen mellan normalt och onormalt, samt hur man hanterar avvikelser. När databaserade kontroller genomförs automatiskt finns det risk att det kommer för många potentiella falsklarm som gör att kontrollerna inte får avsedd effekt.

På samma sätt som man i trendkurvor med flera signaler samtidigt kan se avvikelser i deras inbördes korrelation kan liknande metoder implementeras med matematiska metoder. Principal komponentanalys är en metod som kan användas för att upptäcka avvikande mätningar genom att analysera korrelationer mellan signaler. Metoden har utvärderats i ett flertal studier, men används i begränsad omfattning reningsverk i Sverige och internationellt.

En annan databaserad kontrollmetod som däremot används i praktiken är massbalansberäkningar eller massflödesberäkningar. Dessa går ut på att man jämför samtliga flöden in och ut från en punkt/tank och man kan då jämföra vad exempelvis en utgående flödesmätare visar och vad den borde visa enligt de uppmätta inkommande flödena. Även massflöden av kväve och fosfor kan studeras på liknande sätt. Tidsskalan för massbalansberäkningar är ofta hög (månader) för att undvika problem med de tidsfördröjningar som naturligt finns i ett reningsverk.

Den största nackdelen med databaserade metoder är att de inte kan skilja på om en avvikelse beror på mätfel i givaren eller på en störning i processen, även om båda orsakerna är viktiga att upptäcka.

LÄS MER

Statistik och konfidensintervall

Stokastik: sannolikheteori och statistikteori med tillämpningar. Alm, S.E. and Britton, T. (2008) Liber.

Mätosäkerhet i laboratorieanalyser

Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories. Nordtest (2017) NT TR 537, 2017:11.

En sammanställning över databaserade övervakningsmetoder

A review of process fault detection and diagnosis. Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R. and Kavuri, S.N. (2003a-c). Computers & Chemical Engineering 27(3), 293–346.

Tillämpningar med soft-sensors

Shall we use hardware sensor measurements or soft-sensor estimates? Case study in a full-scale WWTP. Haimi, H., Corona, F., Mulas, M., Sundell, L., Heinonen, M. and Vahala, R. (2015) *Environmental Modelling and Software* 72, 215–229.

On-line instrument confirmation: how can we check that our instruments are working? Lumley, D. (2002) *Water Sci Technol* 45(4-5), 469–476.

Feasibility Study of Passive Acoustic and Soft Sensor Based Monitoring of Biological Wastewater Treatment Processes Nilsson, S., Harding, M., Baresel, C., Björk, A. (2017) *International Journal of Engineering and Technical Research*, 7(2), 22–28.

Resurseffektiv avloppsvattenrening – Samlad rapport över programmet 2002-2007. Nilsson, S., Nilsson, Å., Rahmberg M., Röttorp, J. (2007) IVL Rapport B1760.

Massbalanser som redskap för att hitta fel

Data Processing and Reconciliation for Chemical Process Operation. Romagnoli, J.A. and Sanchez, M.C. (1999) Elsevier Science.

Filter för att detektera avvikelser i signaler

Detection of Abrupt Changes: Theory and Application. Basseville, M. and Nikiforov, I.V. (1993) PTR Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Adaptive filtering and change detection, Gustafsson, F. (2000) John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.

7.3.2 Tips och råd

I detta avsnitt görs en kort sammanfattning över de aspekter som kan öka noggrannheten hos givare.

En förutsättning för noggranna mätningar är att de råd och tips följs som gäller givarplacering och underhåll (se avsnitt 6.4.2 respektive avsnitt 7.2.2). Givet att dessa är uppfyllda behöver man kontrollera följande:

- Kontrollera att grundläggande förutsättningar för signalöverföring från givare till långtidsdatabas inte påverkar mätningen negativt.
- Klargör vad mätsignalen används till och utforma en kalibrerings- och kontrollstrategi som är anpassad till den tillämpning som kräver högst noggrannhet. Detta innebär att svara på frågorna varför mäter vi och hur rätt behöver vi mäta? Inventera vilka kontrollmetoder som är relevanta, samt uppskatta vilka faktorer som kan ge upphov till avdrift i mätningen.
- Klargör vilka störfaktorer som påverkar givarens mätning på ett sätt som kan påverka den önskade noggrannheten i mätningen.
- Dokumentera svaren på ovan utredningarna och gör dem tillgängliga tillsammans med instruktioner för givarunderhåll så att det är enkelt att förstå syfte med mätningen och vilka faktorer som kan påverka dess noggrannhet.

8 Slutsatser och råd

För att skapa förutsättningar för svenska avloppsreningsverk att säkerställa att mätdata från instrumenten är av tillräckligt god kvalitet sammanfattas här de viktigaste tipsen och råden.

Organisation

De organisatoriska nyckelfaktorerna för att instrumenteringen ska fungera bra är:

- Engagerad och utbildad personal,
- Kontinuitet hos personalen som arbetar med instrumenten,
- En tydlig uppdelning av ansvar,
- Att använda en blandning av olika kompetenser.

Vid kontroll av instrument blir tillgång till laboratorium viktig.

Val av instrument

- Börja alltid med att definiera syftet med mätningen.
- Du behöver förstå de begrepp som används i instrumentspecifikationer och kunna formulera dina krav för instrumentet.
- Inventera marknaden, kontakta leverantörer och referenser.
- Fråga om det går att få låna ett instrument för test på plats.
- Säkerställ att placeringen uppfyller instrumentets krav på mätmiljö.
- Ta reda på egenskaper hos det media och omgivning som kan störa mätningen – t.ex. flöden, temperatur, färg, omblandning, skiktning, kanter, rörböjar, luftbubblor, kemikalier etc.

Upphandling

- Var tydlig i formuleringen av dina krav och din utvärderingsmodell.
- Beskriv syftet med användningen av instrumentet och information om platsen där det ska mäta.
- Kommunikationen mellan slutanvändare och leverantör, samt eventuella mellanhänder såsom konsulter eller projektorganisation är viktig. Platsbesök är bra!
- Tänk på all nödvändig kringutrustning.
- Se till att utbildning ingår.

Installation och placering

- Tänk på arbetsmiljön för de som ska underhålla instrumentet.
- Gör gärna kontrollmätningar innan installation för att hitta en representativ mätpunkt.
- Undvik dödzoner.
- Kontrollera signalöverföring och skalning av signalen.

Underhåll

Förutom att det är olika saker att tänka på beroende på vilken typ av givare underhållet gäller, så finns det ett antal mer generella tips:

- Planera underhållet för verkets givare i en skriftlig underhållsplan.
- Dokumentera och följ upp det underhåll som har gjorts för respektive givare.
- Gör en prioriteringsordning för underhållet av reningsverkets givare.
- Se till att ha ett väl fungerande underhållssystem.
- Tänk över din reservdelsstrategi.

Givarontroll och mätvärdesnoggrannhet

En förutsättning för noggranna mätningar är att de råd och tips som gäller givarplacering och underhåll följs. Givet att dessa är uppfyllda behöver man kontrollera följande:

- Kontrollera att signalöverföring från givare till långtidsdatabas inte påverkar mätningen negativt.
- Utforma en kalibrerings- och kontrollstrategi som är anpassad till den tillämpning som kräver högst noggrannhet. Tänk på vilken noggrannhet referensmetoden har!
- Klargör vilka störfaktorer som påverkar givarens mätning.
- Dokumentera ovanstående och de kalibreringar som utförs.

9 Referenser

Alm, S. E. & Britton, T. (2008) *Stokastik: sannolikhets teori och statistik teori med tillämpningar*. Sverige, Stockholm: Liber.

Basseville, M. & Nikiforov, I.V. (1993) *Detection of Abrupt Changes: Theory and Application*. PTR Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

Devisscher, M., Ciacci, G., Fe', L., Benedetti, L., Bixio, D., Thoeve, C., De Guedre, G., Marsili-Libelli, S. & Vanrolleghem, P.A. (2006) Estimating costs and benefits of advanced control for wastewater treatment plants – the MAgIC methodology. *Water Science and Technology*, 53 (4–5), ss. 215–223.

Gustafsson, F. (2000) *Adaptive filtering and change detection*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.

Haimi, H., Corona, F., Mulas, M., Sundell, L., Heinonen, M. & Vahala, R. (2015) Shall we use hardware sensor measurements or soft-sensor estimates? Case study in a full-scale WWTP. *Environmental Modelling and Software*, 72, ss. 215–229.

Ingildsen, P. (2002) Realising full-scale control in wastewater treatment systems using in situ nutrient sensors. PhD Thesis, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund University, Lund, Sweden.

Lumley, D. (2002) On-line instrument confirmation: how can we check that our instruments are working? *Water Science and Technology*, 45(4–5), ss. 469–476.

Magnusson, B., Näykki, T., Hovind, H., Krysell, M. & Sahlin, E. (2017) Handbook for Calculation of Measurement Uncertainty in Environmental Laboratories. Nordtest Report TR 537 (ed 4) 2017.

Morling, S. (2016) Why Should We Bother on Measurement in Wastewater Treatment Operation? *Journal of Water Resource and Protection*, 8, ss. 982–989. <http://dx.doi.org/10.4236/jwarp.2016.811079>

Nilsson, S., Nilsson, Å., Rahmberg M. & Röttorp, J. (2007) Resurseffektiv avloppsvattenrening – Samlad rapport över programmet 2002–2007. IVL Rapport B1760.

Nilsson, S., Harding, M., Baresel, C. & Björk, A. (2017) Feasibility Study of Passive Acoustic and Soft Sensor Based Monitoring of Biological Wastewater Treatment Processes. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 7(2), ss. 22–28.

Qasim, S.R. (1999) *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. Lancaster, PA: Technomic Publ., Inc.

- Rieger, L., Takács, I. & Siegrist, H. (2012) Improving nutrient removal while reducing energy use at three Swiss WWTPs using advanced control. *Water Environment Research*, 84(2), ss. 171–189.
- Romagnoli, J.A. & Sanchez, M.C. (1999) *Data Processing and Reconciliation for Chemical Process Operation*. Elsevier Science.
- SSG (2005) <https://standard.ssg.se/Standard/SSG2005>, hämtad 2017-03-29.
- Svenskt Vatten (2018) <http://www.svensktvatten.se/va-chefens-verktygs-lada/investeringsbeslut/upphandling/forfragningsunderlag/>, hämtad 2018-10-24.
- Upphandlingsmyndigheten (2018) <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/upphandla/Processen-for-LOU/upphandlingen/Utforma-upphandlingsdokument/krav-pa-varan-eller-tjansten/>, hämtad 2018-04-20.
- van den Broeke, J., Carpentier, C., Moore, C., Carswell, L., Jonsson, J., Sivil, D., Rosen, J. S., Cade, L., Mofidi, A., Swartz, C. & Coomans, N. (2014) Compendium of Sensors and Monitors and their Use in the Global Water Industry. Water Environment Research Foundation: Alexandria, VA.
- Vanrolleghem, P.A. & Lee, D.S. (2003) On-line monitoring equipment for wastewater treatment processes: state of the art. *Water Science and Technology* 47 (2), ss. 1–34.
- VAV P62 (1988) *Mätning, mätvärdesbearbetning och reglering i reningsverk*. Volym 62 av Publikation / Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV).
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R. & Kavuri, S.N. (2003a-c) A review of process fault detection and diagnosis. *Computers & Chemical Engineering*, 27(3), ss. 293–346.
- WEF (2013) *Automation of Water Resource Recovery Facilities: Manual of Practice No. 21*. Fourth Edition. Water Environment Federation. ISBN 978-1-57278-275-4.
- Åmand, L. (2014) Ammonium feedback control in wastewater treatment plants. PhD Thesis, Department of Information Technology, Uppsala University, Uppsala, Sweden.
- Åmand, L. (2015) Implementering och utvärdering av ammoniumåterkoppling i fullskala, IVL Rapport B2200.

Bilaga 1. Checklista för installation och placering

Nedanstående checklista är framtagen i samarbete med projektgruppen.

Innan val av placering och installation	☐ Definera tydligt <i>applikationen</i> – vad ska mätningen användas till? ☐ Ta reda på nödvändigt <i>mätområde</i> (t.ex. genom labbprover eller teoretiska beräkningar). ☐ Definiera vilken <i>mätnoggrannhet</i> som behövs. ☐ Om behov finns, undersök vilka instrument som finns på <i>marknaden</i>. ☐ Fråga leverantör om de kan komma på <i>platsbesök</i>. ☐ <i>Fråga leverantören</i> om placering, installation och underhållsbehov, gärna genom platsbesök. ☐ Ta <i>referenser</i> från installationer på andra anläggningar. ☐ Läs <i>manualer</i>. ☐ Kolla med leverantör om det går att <i>låna/hyra instrument</i> innan köp.
Avseende placering	☐ Kontrollera att instrumentet är av <i>material</i> som tål den miljö där den ska sitta. ☐ Ta reda på egenskaper hos det <i>media och omgivning</i> som kan <i>störa mätningen</i>. – t.ex. flöden, temperatur, färg, omblandning, skiktning, kanter, rörböjar, luftbubblor, kemikalier etc. ☐ Försök hitta en <i>representativ mätpunkt</i>. ☐ Se till att det går att <i>ta representativa prover</i>. ☐ Tänk på <i>arbetsmiljön</i> för den som ska underhålla och kontrollera instrumentet. ☐ Bestäm <i>var displayen</i> ska sitta och hur <i>långa kablar</i> som behövs, både för ström och styrning. ☐ <i>Involvera</i> de som ska designa eventuell styrning baserat på mätningen för att se om de har synpunkter på placering. ☐ Se till att du får med nödvändiga <i>kablar</i> med rätt kontakter i leveransen.
Avseende installation	☐ Kontrollera förutsättningar för ev. <i>renspolning</i> med luft/vatten. ☐ Välj <i>fästningsanordning</i> som gör det lätt att underhålla. ☐ Tänk på <i>antal ingångar/signaler</i> till varje transmitter/kontrollbox för redundans. ☐ Genomför <i>I/O-check</i>. ☐ Kontrollera att <i>signalen är rätt skalad</i> (i instrument och styrsystem) tillsammans med elektriker/IT-tekniker. ☐ Kontrollera <i>styrningen</i> så att man inte vänt på parametrar. ☐ Lägg in i <i>underhållssystem</i>. ☐ Se till att få <i>utbildning</i> från leverantör kring handhavandet av instrumentet.
Efter installation	☐ Gör en <i>plan för uppföljning</i> av installationen (under ca 1–6 månader) och dokumentera ☐ – hur mycket underhåll som krävs ☐ – vad mätsignalen visar jämfört mot labb/annan mätare ☐ Skapa <i>rutiner</i> för underhåll och uppföljning. ☐ <i>Följ rutinmässigt upp</i> med kontroller.
Övrigt	☐ Uppdatera <i>dokumentation</i> (el- och processritningar). ☐ Fundera över <i>reservdelar</i> du kan behöva ha på lager.

Bilaga 2. Exempel på mall för kravspecifikation

Detta är ett exempel på vilka krav som kan behöva specificeras vid inköp av instrument. Den bygger på ett utkast från Stockholm Vatten och Avfall och har delvis omarbetats för att vara mer generell. Kursiverad text i förslagen nedan kan bytas ut mot egna krav som gäller för aktuellt reningsverk.

1. *Allmänna principer, normer, standard och begrepp*

1.1 Allmänna principer

Denna kravspecifikation är framtagen för att användas i samband med inköp, upphandling samt installation av instrument till reningsverket.

Eventuella avsteg från denna kravspecifikation ska godkännas skriftligen av beställaren.

I samband med inköp/upphandling av instrument kan även andra kravspecifikationer vara aktuella, till exempel kravspecifikationer för El och Automation.

1.2 *Standarder*

Nedan uppräknade standarder ska följas när så är lämpligt.

- SSG 5401, Instrumentmontage översikt
- SSG 5402, Analyser (A)
- SSG 5403, Flödesmätning (F)
- SSG 5404, Nivåmätning (L)
- SSG 5405, Tryckmätning (P)
- SSG 5407, Ventiler (V)
- SSG 5408, Övrigt (Ö)
- SSG 5410, Mätgivare för processreglering
- SSG 5905, Fältbussanläggningar (rapport)

1.3 *Begrepp*

I denna kravspecifikation används följande begrepp gällande instrumentinstallation:

- Instrument = hela systemet av givare, kablar, armatur, och kontrollenhet. Även en provtagare eller analysator räknas i detta dokument som ett instrument.
- Givare = den del av instrumentet som mäter och som sitter i kontakt med det aktuella mediet (vatten, luft, slam).
- Kontrollenhet = den lokala enheten där instrumentet kan styras. Kontrollenheten kommunicerar vidare med det överordnade styr- och övervakningssystemet. Den lokala displayen är normalt monterad på

kontrollenheten, eller utgör en del av denna. Benämns även transmitter, centralenhet eller signalomvandlare beroende på leverantör.

2 Allmänna krav

Instrument

- Minst *tre* referenser från reningsverk i *Europa* där det offererade instrumentet installerats *under de två senaste åren* ska kunna uppvisas.
- Instrumentet ska ha automatisk återstart efter strömbavbrott.
- Instrumentet ska behålla aktuell parameterinställning efter strömbavbrott.

Givarenhet

- Givare ska vara lättåtkomlig från arbetsplan.
- Givare ska vara fabrikskalibrerad; kalibreringsprotokoll ska medfölja leveransen.
- Vätskeberörda givare ska ha kapslingsklass *IP X8*.
- Ej vätskeberörda givare ska ha kapslingklass lägst *IP55*.
- Leverantören ska garantera att samtliga material i givare klarar av den aktuella miljön i reningsverket.
- Givare monterad i ledning ska klara samma tryckklass som aktuell ledning.
- Mätosäkerhet/mätonoggrannhet vid mätområdet min- och maxvärde ska anges i specifikationen.

Kontrollenhet

- Varje kontrollenhet ska ha sin egen display.
- Om leveransen består av flera kontrollenheter ska varje kontrollenhet ha sin egen display (d.v.s. system med löstagbar "läsplatta" som ska användas på flera kontrollenheter för att kunna läsa/styra dessa accepteras ej).
- Kontrollenheter ska vara anpassade för gällande klassning av aktuellt utrymme (t.ex. Ex-klassning).
- Kapslingsklass lägst *IP55*.
- Matning *24 VDC/230 VAC*.
- Kommunikations- och elektroniska krav enligt verkets elkravspecifikation.
- Leverantören ska garantera att samtliga material i kontrollenheten klarar av den aktuella miljön som råder i reningsverket.
- Mjukvaruuppdatering ska erbjudas kostnadsfritt.
- Vid mjukvaruuppdatering ska givarinställningar kunna sparas och laddas tillbaka.

Display

- Givare utan kontrollenhet ska ha en egen display.
- Lokal display ska monteras i anslutning till givaren samt vara läsbar från arbetsplan.
- Menyerna ska visas på svenska eller engelska.

Kommunikation

- Signalöverföring ska i huvudsak ske med 4–20 mA och HART.

Enhetsstandard för visning i display

Halter, vatten	- mg/L, µg/L
Slamkoncentration	- % TS
Slamkoncentration, luftningsbassäng	- mg/L
Nivå	- meter
Temperatur	- °C
Tryck, reningsprocess	- mvp
Tryck, pumpar	- bar
Tryck, biogas	- mbar
Tryck, rum	- Pa
Vattenflöde	- m ³ /s
Slamflöde	- m ³ /h
Luftflöde	- Nm ³ /h ¹
Gasflöde	- Nm ³ /h
Halter, gasinnehåll	- ppm
Densitet	- kg/L
Konduktivitet	- mS/cm, mS/m, µS/cm
pH	- pH
Järnhalt	- g Fe/m ³
Turbiditet	- FTU
Vikt	- ton, kg, g, mg, µg

Installation, montage

- Max *fyra* (4) givare ska kopplas till varje kontrollenhet.
- Förslag på installation och montage ska bifogas offerten.
- Givaren ska monteras och installeras enligt tillverkarens krav.
- Vid installation av analysinstrument ska tryckluft och/eller spolvatten dras fram vid behov.
- Dragning av el och signalkablar ska ske på kabelkanalisation.
- Dragning av tryckluft och spolvatten får ej läggas på samma kanalisering som el- eller signalkablar.
- Avstånd mellan givare och kontrollenhet ska vara sådan att display på kontrollenheten med lätthet ska vara läsbar från givarens placering.

¹ "Normal" definieras vid 1 atm och 0 °C.

- Givare som mäter i vatten ska placeras så att ett vattenprov kan tas från samma punkt.
- El-, signal-, instrumentkablar ska vara anpassade i längd så att instrumentet blir hanterbart.
- All armatur för att kunna montera instrumentet på angiven plats ska ingå i leveransen.
- Leverantören ska garantera att samtliga material i armaturen klarar av den aktuella miljön som råder i reningsverket.

Driftsättning, instruktioner

- Drift- och skötselinstruktioner ska finnas på svenska.
- Inplastad lathund (1 sid A4) på svenska med de vanligaste funktionerna ska finnas vid varje kontrollenhet.
- Aktuell parameterlista samt fabriksinställningar ska bifogas installationen.
- Instrumentleverantören ska driftsätta instrumentet. Kostnad för driftsättning ska ingå i leveransen.
- Utbildning ska ges på svenska i samband med driftsättning till berörd personal.

Uppföljning, garanti

- Vid garantibesiktningen ska instrumentet uppfylla de noggrannhets- och tillförlitlighetskrav som efterfrågats vid upphandlingen.
- Vid uppföljning av analysinstrument ska kontroll ske mot vattenprover analyserat med standardmetoder av ackrediterat laboratorium.
- Vid verifiering av flödesinstrument, föredras metoder som innebär minimalt med stilleståndstid och signalbortfall från flödesgivaren.
- Garantitid för instrument ska vara minst 2 år för fabrikationsfel.

Service, reservdelar

- Serviceorganisation ska finnas i Sverige.
- Om servicekontrakt tecknas ska det innehålla minst: *årligt platsbesök då samtliga aktuella instrument går igenom, kontroll och kalibrering genomförs samt eventuella reagenser, membran och andra slitdelar byts ut.*
- Vid inlämnade av instrument för reparation ska normal reparationstid ej överstiga *3 arbetsveckor* för ett instrument eller provtagare.
- *Lägg till vitesklausul om reparationstid eller inställetid ej hålls enligt ovan.*
- Testprotokoll ska bifogas reparerad enhet.
- Reservdelar till instrument ska finnas att tillgå i minst *10 år* från och med installationstillfället.
- Om leverantör ej kan tillhandahålla reservdelar åligger det leverantören att kostnadsfritt ersätta verket med ett likvärdigt instrument under denna 10-årsperiod.

Särskilda krav

Analysatorer

- Reagenser ska utgöras av standardlösningar.
- Recept för reagens ska tillhandahållas av leverantören med förslag på ordernummer hos någon känd kemikalieleverantör.

Provtagare

- Potentialfri larmutgång ska finnas.
- Flödesstyrd provtagning via mA-signal ska finnas.
- Vid reparation ska leverantören kunna tillhandahålla en reservprovtagare mot hyra/lån.

Mätprinciper

- Vid funktionsupphandling ska leverantören föreslå bästa mätprincipen utifrån applikation. *[anm: stryk denna punkt om mätprincipen har specificerats i FFU (förfrågningsunderlaget)]*
- Val av mätprincip beror bland annat på givarens placering, (t.ex. sluten tank, öppen bassäng, rörledning m.m) samt media som ska mätas.
- Vid val av mätprincip ska hänsyn tas till noggrannhet, livslängd, driftkostnad, arbetsmiljö och underhållsbehov.
- Leverantören ska redovisa fördelar med den valda mätprincipen.

Bilaga 3. Hur gör man en kritikalitetsanalys för instrument?

Metodiken för kritikalitetsanalys från industrin har anpassats för att fungera bra för instrument på reningsverk. Mer ingående information finns i SSG 2005 och tillhörande Excelverktyg (kan mot betalning laddas ner från <https://standard.ssg.se/Standard/SSG2005>). En kritikalitetsanalys gjordes på en fallstudie och metodiken har diskuterats i projektgruppen på workshops där en del tips och rekommendationer har framkommit.

Hur kritikalitetsanalysmetodiken anpassats för att passa instrument på reningsverk

I den ursprungliga mallen fanns kategorierna *Personskydd/Miljö*, *Produktion*, *Utnyttjandenivå*, *Kvalitet*, och *Underhållspåverkan*. I anpassningen till instrument på reningsverk uteslöts kategorin *Personskydd/Miljö* då funktionsfel på instrument sällan upplevs ha någon direkt påverkan på personsäkerhet eller är kritisk för miljön. Det är vanligt att det finns begränsningar som gör att signal trots funktionsfel från instrument inte ger särskild påverkan på personskydd. Notera dock att det kan finnas situationer med t.ex. gastryck som skulle kunna ge påverkan på kategorin *Personskydd/Miljö*. Kategorin *Produktion* översattes till *Slamhantering* där produktion av slam och biogas skulle kunna påverkas av fel på instrument. Avseende kategorin *Resursanvändning* har kemikalier och energi, men även arbetstimmar räknats in. Reningsresultatet på utgående vatten har räknats som den kategori som motsvarar *Kvalitet*. Den femte kategorin är kostnad i tid och pengar för avhjälpande underhåll vid funktionsfel. Här räknas alltså tid då driften måste klara sig utan pålitlig signal från givaren, men inte den faktiska arbetstiden med att åtgärda felet (som istället ingår i *Resursförbrukning*).

En viktig skillnad från standarden är att denna inte tar upp felfrekvens i själva kritikalitetsanalysen utan bara fokuserar på konsekvensen av ett fel. Felfrekvensen läggs i standarden till efteråt för att ta fram en riskbaserad underhållsstrategi. I vår anpassning till instrument valdes att ta med felfrekvens som en egen kategori i kritikalitetsanalysen.

I vårt arbete beslutade vi att med funktionsfel mena situationer där signalen från instrumentet inte kan användas till det som den är tänkt till. Detta innefattar alltså både fel i instrumentet och i kringutrustning.

I texten nedan finns arbetsgång och konkreta förslag som kan användas som underlag i en kritikalitetsanalys. Informationen illustreras av exempel från fallstudien.

1. Samla en grupp av lämpliga personer

En kritikalitetsanalys görs i grupp i workshopformat. Det är bra om gruppen består av blandade kompetenser. Det är viktigt att de som utför underhållet på instrumenten är delaktiga, men även personer som har koll på processen och styrning. Exempel på personer som kan ingå i gruppen är processingenjörer, drifttekniker, platschefer, automationsingenjörer, elingenjörer, instrumenttekniker och laboratoriepersonal. Avsätt ungefär en halv till en dag för att i grupp gå igenom vilka instrument som finns och klassa deras kritikalitet.

2. Skapa kriteriematris

Syftet med att göra en kriteriematris är att definiera vilka kriterier som en givare ska uppfylla för att hamna på olika nivåer av kritikalitet (kritikalitetsklasser) på olika områden (kritikalitetskategorier). I Figur 1 finns ett exempel på hur en kriteriematris kan se ut. De olika kritikalitetskategorierna är olika områden som kan påverkas om någon av verkets instrument inte fungerar som det ska. Förslagsvis kan följande *kritikalitetskategorier* användas för instrumenten på ett avloppsreningsverk:

- Slamhantering – påverkan på produktion av slam och biogas
- Resursanvändning – påverkan på förbrukningen av kemikalier, energi och arbetstimmar
- Kvalitet – påverkan på reningsresultaten
- Kostnad för avhjälpande underhåll – tid och reparationskostnad vid funktionsfel
- Felfrekvens – hur ofta inträffar fel på givaren som kräver åtgärder?

Kritikalitetsklasserna avspeglar på en tregradig skala hur kritisk effekten blir på respektive område om givaren ger fel värden, d.v.s. nivån av kritikalitet.

Klasserna som brukar användas är:

- Klass A – mest kritisk
- Klass B
- Klass C – minst kritisk
- Klass X – ej relevant för klassning

		KATEGORI				
		Slamhantering	Resursanvändning	Kvalitet (reningsresultat)	Kostnad avhjälpande underhåll	Felfrekvens
KLASS	A	Påverkan på reningsverkets produktionsmål (omöjliga att återta)	Stor påverkan på resursförbrukningen	Stor påverkan på reningsresultatet (risk för överträdelse av utsläppsvillkoren)	Tid för reparation längre än X dagar och/ eller kostnad >XX kkr	Mer ofta än var tredje månad
	B	Påverkan på produktionen, men inte produktionsmålen (möjliga att återta)	Påverkan på resursförbrukningen	Påverkan på reningsresultatet (ej risk för överträdelse av utsläppsvillkoren)	Tid för reparation längre än Y dagar och/ eller kostnad >YY kkr	Mer ofta än varje halvår, men mindre ofta än var tredje månad
	C	Ingen påverkan på produktionen	Ingen påverkan på resursförbrukningen	Påverkar inte reningsresultatet	Tid för reparation längre än Z dagar och/ eller kostnad >ZZ kkr	Mer sällan än varje halvår
	X	Ej prioriterad, tillämplig eller relevant för klassning				

Figur 1 Förslag på kriteriematris med fem klassningskategorier och kriterier för de olika klassningarna A, B, C och X.

Fyll i matrisen med information om vad som skulle inträffa om ett instrument inte fungerar som det ska, d.v.s. olika *kriterier*. Utgångspunkten bör vara att tänka "Vid funktionsfel inträffar ...". Med funktionsfel menas situationer där signalen från instrumentet inte kan användas till det som den är tänkt till. Detta innefattar alltså både fel i instrumentet och i kringutrustning. Utgå gärna från matrisen i Figur 1 men anpassa kategorier och kriterier om så behövs.

I ett uppskalat system kan kritikalitetsanalysen även innefatta kontrollboxar som kan ha fler instrument kopplade till sig och styrsystemet där alla signaler finns. Om styrsystemet fallerar fås påverkan på hela processen.

3. Klassa varje instrument enligt kriteriematrisen

För varje instrument (eller möjligen grupper av instrument om man har parallella linjer) görs sedan en genomgång där instrumentet tilldelas en bokstav (klass) i varje kategori, se exempel nedan. Tänk på att det inte bara reservdelar som behöver vara på plats vid funktionsfel på ett instrument, utan det kan även krävas viss kompetens tillgänglig, exempelvis personer med elbehörighet, som ibland kan ta flera dagar innan sådan är tillgänglig.

Helst bör antalet A:n vara färre än antalet B:n, som i sin tur bör vara färre än antalet C:n. Om man är långt från $A < B < C$ och/eller att det finns en stor övervikt av någon av klasserna, så kan det vara en idé att se över kriterierna i kriteriematrisen. (SSG 2005).

Exempel från fallstudie: I exemplet i Figur 2 har en första kategorisering gjorts för om instrumentet används för styrning eller bara för övervakning. Instrumenten som används för styrning hade alla påverkan på reningsresultatet, men ingen till den grad att gränsvärden riskerar att överskridas. En del av de instrument som inte automatiskt används för styrning kan ändå ha påverkan på reningsresultat och resursförbrukning. Detta på grund av att operatörer justerar styrning (till exempel kemikaliedos) utifrån vad instrumentet visar för värde.

Objekt ID	Enhetsbeskrivning	Slamhantering (slam, gas)	Resurs- användning	Kvalitet (renings- resultat)	Kostnad avhjälpande underhåll	Felfrekvens
Ange	Syre styr	C	B	B	-	C
Ange	Nitrat ut övervakn.	C	B	B	-	C
Ange	Nitrat bio övervakn.	C	C	C	-	B
Ange	Nitrat bio styr	C	B	B	-	C
Ange	Ammonium bio övervakn.	C	C	C	-	B
Ange	Ammonium ut övervakn.	C	B	B	-	A
Ange	Slamhalt RS styr	C	B	B	-	B
Ange	Slamhalt bio ÖS styr	C	C	B	-	C
Ange	TS-mätare slam övervakn.	B	B	C	-	B
Ange	Slamnivå sed övervakn.	C	C	B	-	C
Ange	Slamnivå ftj övervakn.	B	B	C	-	B
Ange	Fosfor ut övervakn.	C	B	B	-	A

Figur 2 Exempel på ifyllt kritikalitetsanalys för några vanliga instrument på ett reningsverk. Kostnad för avhjälpande underhåll var svår att fastställa och har därför lämnats tom i exemplet.

4. Sammanvägd klassning för varje instrument

För att i slutändan ge ett instrument en sammanvägd klassning kan olika sätt av viktning av kategorier och klasser tänkas. Det finns många sätt att vikta på, fundera över vilken viktning du tycker passar. Ska någon kategori kan få en starkare viktning? Är det lämpligast att tilldela ett instrument den vanligast förekommande klassen för det instrumentet (t.ex. tre C och två B ger slutklassning C)? Kanske ska givarna tilldelas den högsta klass som återfanns för respektive givare i någon av kategorierna (t.ex. om det finns ett A och resten C blir totalen A)?

Exempel från fallstudie: Resultatet från exemplet ovan gav att ammonium och fosfat på utgående var de mest kritiska instrumenten. Även om detta resultat enligt exemplet kom av att felfrekvensen hamnat i klass A tyckte personalen på verket att det kändes rimligt då det också intuitivt känns som de viktigaste mätsignalerna för att veta hur reningen går (och att dessa parametrar är kopplade mot faktiska reningskrav).

Felfrekvensen var den enda kategori där ett par instrument fick klass A. Med den totalberäkning som användes (att den högsta klass som återfanns bland kategorierna gav resultatet) var dessa alltså de enda som fick totalklassning A. Alla övriga instrument fick totalklass B. Antingen kan man stanna här och konstatera att det inte skiljer så mycket mellan instrumentet, eller så kan man arbeta om gränsera för klassningen för att få mer spridning.

För att studera närmare vilka instrument som var viktiga för vad gjordes ändå en uppdelning av resultatet i grupperna "Säkerhet och miljö", "Produktion och kvalitet" samt "Underhållskostnad". När det gäller "Säkerhet och miljö" var det enbart kolumnen Resurspåverkan som ingick, samma med Underhållskostnad. För Produktion och kvalitet ingick både Slamhantering och Reningsresultat. Se exempel nedan (Figur 3).

Enhetsbeskrivning	Slamhantering	Resursanvändning	Reningsresultat	Kostnad AU	Felfrekvens	Resultat Säkerhet & miljö	Resultat Produktion & Kvalitet	Resultat UH-kostnad	TOTALT RESULTAT
Syre styr	C	B	B	-	C	B	B	C	B
Nitrat ut öv	C	B	B	-	C	B	B	C	B
Nitrat bio öv	C	C	C	-	B	C	C	B	B
Nitrat bio styr	C	B	B	-	C	B	B	C	B
Ammonium bio öv	C	C	C	-	B	C	C	B	B
Ammonium ut öv	C	B	B	-	A	B	B	A	A
Slamhalt RS styr	C	B	B	-	B	B	B	B	B
Slamhalt bio ÖS styr	C	C	B	-	C	C	B	C	B
TS-mätare slam öv	B	B	C	-	B	B	C	B	B
Slamnivå sed öv	C	C	B	-	C	C	B	C	B
Slamnivå ftj öv	B	B	C	-	B	B	C	B	B
Fosfor ut öv	C	B	B	-	A	B	B	A	A

Figur 3 Exempel på utförd kritikalitetsanalys.

I Excelverktyget som hör till SSG 2005 finns färdiga grafer för att illustrera de olika summerade kategorierna. Det finns även extra kolumner för "Fortsatt analys" där man kan fylla i ett "ja" om information saknas eller om det råder oenighet om klassningsgrupp. Detta för att man ska komma ihåg att utvärdera resultatet närmare. Det finns även en kolumn för "Särskild besiktningsplikt" där ett kryss innebär att extern part utför kontroll och är därför inte en underhållsfråga. Det innebär att dessa objekt kan, även med hög kritikalitet, utgå från kommande arbeten med underhållsoptimering.

5. Uppdatera klassningen vid behov

Följ upp kritikalitetsanalysen minst en gång per år. Tänk också på att det är ett levande dokument och att det behövs ny klassning av nya instrument, instrument som byter plats eller instrument som börjar användas för styrning.

Fundera även över sätt att kommunicera om instrument är tagna ur drift eller underhållna mindre/avvikande värden.

Bilaga 4. Käppalaverket – har en väl fungerande arbetsmetod för sina instrument

Käppalaförbundet ägs av elva medlemskommuner vars avloppsvatten renas på Käppalaverket längst ut i Lidingö i Stockholms inre skärgård. Käppalaverket renar vatten från ca en halv miljon invånare. Medlemskommunerna ansvarar själva för sitt eget ledningsnät fram till anslutningspunkt till tunnelsystemet som leder vattnet till Käppalaverket. Käppalaverket har mekanisk, kemisk och biologisk rening.

Texten bygger på en intervju med Tofik Massiri (instrumenttekniker), Sari Vienola och Michael Medoc (processingenjörer).

Instrumentteknikern – spindeln i nätet

Instrumentteknikern på Käppalaverket utför största delen av allt arbete med instrumentering – från planering av inköp, förebyggande underhåll, avhjälpande underhåll, kontroll och kalibrering av instrument samt kontakt med leverantörer. Instrumentteknikern tillhör el- och automationsenheten på verket, men har samtidigt nära kontakt med det egna labbet och verkets processingenjörer. En gång i veckan finns en stående punkt om instrument och mätvärden på verkets processmöten. Processenheten ansvarar för mötena och labb, drift och el deltar. Det är sällan att frågor uppkommer på mötet som man inte redan fångat upp. Denna förankring som sker på veckobasis upplevs som viktig för att lyfta instrumentfrågan till något som angår alla.

En annan aspekt som upplevs vara en stor tillgång för instrumentarbetet är det egna labbet. Processingenjörerna upplever att de över lag kan lita på sina instrument och de litar på att de sköts enligt de rutiner som finns. Engagemang, kompetens och erfarenhet hos instrumentteknikern är avgörande för att det ska fungera.

Underhållsarbetet sker via underhållssystemet

Arbetsordrar för förebyggande underhåll skickas ut från underhållssystemet IDUS. I systemet finns beskrivningar av vad som ska utföras för varje instrument, samt när detta ska göras. Om underhåll uteblir skickas ett mail till instrumentteknikern som en påminnelse, vilket upplevs som en hjälp särskilt för rutiner som utförs mer sällan. Utfört underhåll bockas av i IDUS.

All teknisk utrustning ligger inne i IDUS, inte bara instrumenten. Inköp och felanmälan sköts via IDUS. Både drift, underhåll, process och el och automation använder sig av verktyget. Att arbetet sker utifrån ett underhållssystem har följt med sedan tidigare. Man har haft ett underhållssystem på verket sedan 20 år tillbaka och bytte för några år sedan från ett äldre system till IDUS. Under åren har man aktivt arbetat med att förbättra användarvänligheten. När IDUS skulle driftsättas tog man konsult hjälp för att få in all utrustning i systemet på relativt kort tid. Detta var avgö-

rande för att man skulle kunna komma igång och arbeta med systemet och kunna lita på informationen som var inlagd.

På Käppalaverket tror man att underhållssystem främst kan fungera smidigt inom lite större organisationer eftersom det krävs att en person på plats på verket har det administrativa ansvaret för systemet.

En styrka med att ha ett underhållssystem är när kontakt behöver tas med leverantörer t.ex. när instrument inte fungerar som de borde. Då kan instrumentteknikern enkelt, genom loggboken i IDUS, för objektet i fråga visa vilket underhåll som utförts, när instrumentet inte fungerat samt vilka tidigare kontakter och försök till förbättringar som gjorts i samråd med leverantören.

Om ett instrument går sönder stängs det av, för att inte ligga och visa en felaktig signal i övervakningssystemet.

Prioritetslista som går på remiss årligen

I och med att verket ISO-certifierades togs en prioritetslista fram över instrumenten. Labbet ansvarar för listan, som går på remiss till labb, process, el och drift en gång per år. Instrumentteknikern uppdaterar listan när nya instrument tillkommer.

Listan har fyra prioritetsnivåer: akut (I), hög (II), hög (III) och låg (IV). De instrument som används för automatisk eller manuell styrning får en högre prioritet. Det finns i dagsläget fyra instrument som är listade som prio I. Tre av dessa sitter på utgående vatten, och den fjärde instrumentgruppen är syregivare i biosteget. Bakgrunden till valet av dessa mätparametrar är att de i flera fall är direkt kopplade till utsläppsvillkoret, eller att de ger en fingervisning om bakomliggande fel i processen. Genom att ha extra bra koll på dessa instrument kan man fånga upp eventuella fel som orsakar kedjereaktioner i processen. Att ha 4 till 5 akutinstrument anses vara lagom. Utöver prioriteringslistan har instrumentteknikern bra koll på andra prioriteringar som processingenjörerna har genom daglig kontakt. Det kan t.ex. gälla ett särskilt processteg som har problem just för tillfället.

Om det dagliga arbetet kan utföras som planerat av instrumenttekniker används inte prioriteringslistan i särskilt stor omfattning. Vid tidsbrist prioriteras avhjälpande underhåll av akuta instrument före förebyggande underhåll av instrument med lägre prioritet. Om instrumentteknikern av någon anledning är borta används prioriteringslistan av de som träder in och utför arbetet.

Kalibrering enligt dokumenterade toleransgränser

Instrumentteknikern utför kontroll så väl som kalibrering av instrumenten. Toleransgränser för avvikelse och intervall för instrumentkontroll finns dokumenterat. Gränserna för tolererad avvikelse vid instrumentkontroll har tagits fram av processingenjörerna som bedömt en rimlig avvikelse.

Vill bli bättre på att upphandla instrument

Käppalaverket vill bli bättre på att skriva bra förfrågningsunderlag för upphandling av instrument där kraven skärps på vad leverantören förväntas

leverera. Det skulle också vara bättre om Käppalaverket oftare än vad de gör nu utvärderar instrumenten på plats i driften innan slutgiltigt köp. Det kan ta upp till ett år innan man kan lita på vissa instrument. En annan aspekt är att kunna ställa krav på viss leveranstid av reservdelar i upphandlingen. Att inte veta när reservdelar anländer utgör en sårbarhet för verket, och det går inte att ha ett lager av all typ av utrustning.

Vad kommer hända när utsläppskraven skärps?

Käppalaverket väntar sig skärpta utsläppskrav i framtiden. Det kommer ställa nya krav på instrumenteringen på verket och det sätt man arbetar på idag kommer antagligen inte räcka till. Kan man t.ex. i framtiden gå en hel helg med felaktiga mätvärden? Återigen är leveranstid för reservdelar eller väntan på service något som skulle bli ännu viktigare att bevaka i framtiden. Även den rent tekniska mätningen skulle behöva bli bättre vid skärpta krav. Mätnoggrannheten blir generellt sämre vid låga koncentrationer, och i framtiden behöver man kunna styra mot väldigt låga börvärden både på kväve och på fosfor.

Bilaga 5. Nykvarnsverket - det mest välinstrumenterade reningsverket

Tekniska Verken i Linköping AB (TVAB) driver ett stort reningsverk (Nykvarn) och tre mindre verk. Linköpings kommun är en tillväxtkommun vilket också märks inom VA-verksamheten där nya omvandlingsområden ansluter till Nykvarnsverket. Linköping har under många år aktivt arbetat med styrning och optimering för att utnyttja sina processvolymer på bästa sätt, och instrumenteringen har varit en nyckel till att få detta att fungera.

Denna text bygger på en intervju med Magnus Hammarkärr, instrumenttekniker, och Robert Schlén, processingenjör.

Instrumentteknikerna ansvarar för instrumentarbetet

På Nykvarnsverket finns två instrumenttekniker som ansvarar för instrumenten på avloppssidan. Ute på nätet finns en eltekniker som arbetar med instrument, som ibland tar hjälp av instrumentteknikerna på verket. Instrumentteknikerna har ett nära samarbete med verkets egna labb som utför samtliga analyser för instrumentkontroll. Instrumentteknikerna har också ett nära samarbete med processingenjören på verket, tillsammans bevakar de att instrumenten lever upp till förväntningarna och är det något som ser konstigt ut ringer man varandra. Att vara två instrumenttekniker upplevs som positivt eftersom det ger redundans.

Varannan vecka hålls processmöten där instrumentfrågorna kan lyftas vid behov. Varje morgon träffas personer från drift, underhåll och instrument för en avstämning. Utöver process, instrumentare och labb så är styr- och reglertekniker och el också involverade i instrumentarbetet, särskilt när nya instrument ska installeras.

Allt arbete utgår från underhållsystemet

På Nykvarnsverket har man i över tio års tid arbetat med ett underhållsystem. Idag används Maintenance Master från Aretics. Rutinerna för underhåll av varje enskilt instrument ligger inlagt i systemet, liksom när underhållet ska utföras. Underhållsystemet talar om för instrumentteknikerna vad som ska göras och när det ska göras. Efter utfört underhåll registreras detta i systemet. Avhjälpande underhåll dokumenteras också via underhållsystemet som direktrapporter. För vissa instrument har man serviceavtal med Hach.

Instrumentteknikerna ser underhållsystemet som en extra arbetskamrat som ser till att hålla koll på vad som behöver göras. Att kunna gå tillbaka i systemet för att se vilket underhåll som utförts, t.ex. byte av delar, uppskattas. Särskilt för analysatorerna har detta varit till nytta. Det är också värdefullt att veta vilket arbete som utförts på instrumentet i kontakt med leverantören. Att komma igång med systemet sågs inte som svårt, eftersom

instrumentteknikerna själva såg att de inte skulle klara sig utan ett underhållssystem.

Skriftliga rutiner för prioritering av underhåll finns inte. Vid de enstaka tillfällen då det kör ihop sig gör instrumentteknikerna en bedömning av vad som är mest kritiskt, t.ex. baserat på vilka instrument som används för styrning i styrsystemet. Processingenjören kan också vara behjälplig i prioriteringsarbetet. Överlag upplever instrumenttekniker och processingenjör att de är samkörda.

Även instrumentkontrollen registreras i underhållssystemet

En grundläggande kvalitetskontroll av instrumenten görs varje morgon av en av instrumentteknikerna som inleder arbetsdagen med att kontrollera instrumentens kurvor i styrsystemet. För de instrument som ingår i kontrollprogrammet finns dokumenterade kontrollintervall inlagda i underhållssystemet.

Veckovisa kontrollprover analyseras på labb. För susp-givarna görs justering av instrumenten vid behov var tredje vecka. Då vägs de tre senaste veckornas kontrollprover in i jämförelsen. Risken för att ta icke-representativa slamprover har gjort att man vill ha tre prover för att bedöma givarens funktion. För de jonselektiva instrumenten görs justeringar vid behov varje vecka. Toleransgränsen för avvikelse är 7 % för alla instrument. Utförd instrumentkontroll dokumenteras i underhållssystemet.

För de jonselektiva givarna kan en faktorjustering göras i styrsystemet om man har en avvikelse från kontrollprovet över 7 %. På så sätt slipper man att göra en justering i själva hårdvaran, vilket tar mer tid. Samtidigt håller instrumentteknikerna koll på att instrumentet inte driver för mycket. Ser man en drift i instrumentet görs en tvåpunktskalibrering eller mätcellen byts ut.

Nitratgivarna kan vara svåra att tvåpunktskalibrera vintertid, vilket även anges av leverantören. Det är också svårt att tvåpunktskalibrera när svängningarna i de normala koncentrationerna är små. Då använder sig TVAB av en spikning av ett av proverna på labb.

Instrument som bevakar risker i arbetsmiljön – en utmaning

TVAB har startat upp Sveriges första fullskaleanläggning för läkemedelsrening med ozon. Ozonanläggningen medför vissa arbetsmiljörisker, så som att ozon kan läcka ut i arbetshallen. För detta finns två ozonmätare uppsatta som, om ozon detekteras, ska starta i gång ett antal säkerhetsfunktioner, så som larm och nödventilation. Ozonmätarna visar normalt värdet noll – men hur vet man då att instrumenten fungerar? Liknande utmaningar finns för att mäta syre i rötgasledningar eller för mätning av svavelväte. Här försöker TVAB se till att ha externa firmor som regelbundet kommer och kontrollerar instrumentens funktion.

Arbete med kontinuerliga förbättringar

TVAB strävar efter att ha ett kontinuerligt förbättringsarbete på instrumentsidan. Identifierar de att något behövs förbättras tar de tag i det, men

de är överlag nöjda med hur arbetet med instrumenten fungerar. Vid lugnare perioder ser de till att träffa leverantörer, omvärldsbevaka och se efter vilka nya instrument som finns tillgängliga på marknaden. De har lärt sig av erfarenhet att nya produkter kan ha en del barnsjukdomar, varför man är försiktig med dessa.

TVAB testar regelbundet de instrument de avser att köpa in genom att låna/hyra från leverantörerna. Deras uppfattning är att de har goda förutsättningar för detta eftersom leverantörerna kan betrakta dem som referensanläggning, och de är generellt sett en bra kund med många instrument.

En anläggningsdel där de haft stora problem med instrumenteringen är Sharon-processen som man var först i Sverige med. Utmaningen låg i att nitrathalterna var så låga att det inte gick att mäta och därmed även styra vid så pass låga halter. Man försökte sig på en omskalning av signalen i styrsystemet men det ledde till en alldeles för bruskänslig styrning. Även syremätningen i Sharon-processen visade sig svår eftersom kväveoxider i processen gav ”spök-toppar” på syregivarna. Idag styr man därför inte luftflödet utan man använder ett fast luftflöde.

Bilaga 6. Ryaverket - har flest instrument av reningsverken i Sverige

Gryaab ansvarar för rening av avloppsvattnet i Göteborgsregionen för de sju ägarkommunerna Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal och Partille. Gryaab driver Ryaverket med drygt 700 000 anslutna personer. Ryaverket är Nordens största reningsverk, sett till mängden vatten som renas. Reningsprocessen inkluderar mekanisk, kemisk och biologisk rening. Den biologiska reningen är uppdelad i steg där denitrifikationen sker i en aktivslamprocess samt i efterdenitrifikation med bärare och nitrifikation sker i biobäddar och i efternitrifikation också med bärare. Efterfällning sker på skivdiskfilter.

Texten bygger på en intervju med Pierre Lindqvist, processingenjör och instrumentansvarig på Ryaverket.

Instrumentansvarig processingenjör

En av processingenjörerna på Ryaverket har det övergripande instrumentansvaret. Den instrumentansvarige är också ansvarig för omvärldsbevakningen på området. Det förebyggande underhållet delas av instrumenttekniker, labb och kontrollrummet. Instrumentteknikerna tillhör avdelningen Teknisk försörjning som även ansvarar för underhåll av anläggning och byggnader. På Ryaverket tillhör både labb och process organisatoriskt avdelning Drift.

Förebyggande underhåll av givare som mäter tryck och flöde utförs av de två instrumentteknikerna. Labb och kontrollrum utför förebyggande underhåll på resterande instrument. Instrumentteknikerna utför avhjälpare underhåll för samtliga instrument. Driften i kontrollrummet studerar hur processen och kurvor beter sig och meddelar instrumentansvarig processingenjör eller instrumenttekniker om man ser några avvikelser som kan härröras till instrumenten.

Processgruppen består av verkets kontrollrumsingenjörer och processingenjörer som sinsemellan ansvarar för olika anläggningsdelar. Deras fokus ligger på processen, snarare än utrustningen. De kan tillsammans ta initiativ till att utreda eller undersöka instrumenteringen på verket. Instrumentansvarig processingenjör har daglig kontakt med de personer som är involverade i instrumentarbetet – andra processingenjörer, instrumenttekniker, labb och kontrollrum. Som komplement till detta hålls instrumentmöten 6 gånger per år.

En fördel man ser med den nuvarande organisationen är att man har redundans på instrumentsidan med både drift och instrumenttekniker involverade. Det fungerar väl vid ev. sjukdom samt semestrar.

Underhållssystemet används till viss del

I verkets underhållssystem MaintMaster hanteras instrumenten till viss del. Instrumentteknikerna skickar felanmälan via underhållssystemet då avhjälp

pande underhåll behöver utföras. Däremot har man inte ronderingslistor/scheman för förebyggande underhåll i MaintMaster och utfört förebyggande underhåll registreras inte heller i underhållssystemet. Systemet upplevs fortfarande som nytt för driften och i nuläget ser man inget behov av att arbeta mer i systemet.

Rutiner för förebyggande underhåll dokumenteras istället i Excelark, inklusive ansvarsfördelning. Tidpunkt för service av instrument är också inlagt i Excellistan. Schemaläggning ansvarar personerna själva för att göra. Utfört underhåll dokumenteras inte i Excelarken.

I underhållslistan i Excel finns även en prioriteringsordning på instrumenten (prio 1–3). Listan används också när kontakt behöver tas med leverantörer. Prioritetsordningen är framtagen av processgruppen baserat på påverkan från instrumentet i uppföljningsarbete och i styrningen av verket. Instrument som man använder för processtyrning har i regel en högre prioritet. Utöver listan görs alltid en bedömning från fall till fall. Instrumentansvarig processingenjör ser till att hålla listan uppdaterad när t.ex. nya instrument tillkommer.

Automatisk mjukvarujustering av instrumenten

Ryaverket använder sig sedan några år tillbaka av mjukvarujustering av sina instrument. Mjukvarujustering (kallas autojustering) innebär att en justering av den råmätsignal som kommer från givaren görs i styrsystemet innan den visas i operatörsgränssnittet, i kurvor eller används i reglerkretsar.

När labbet har tagit ett kontrollstickprov matas detta värde in i labbets LIMS-system och den överförs automatiskt till styrsystemet. I en särskild modul i verktyget går det att välja om kontrollprovet ska leda till en automatisk justering av råvärdet för instrumentet eller inte. T.ex. används inte autojustering av syregivarna. För t.ex. ammonium och nitratgivarna väljs alltid autojustering. I verktyget är toleransgränser inlagda som avgör om avvikelsen mellan kontrollvärde och råvärde ska användas som underlag för beräkning av autojusteringen eller inte. Det går också att ange hur många historiska prover som ska användas för att justera kurvan, mellan 1 och 10 prover. Proverna viktas, där störst vikt läggs på det senaste kontrollvärdet.

Om det skulle vara så att avvikelsen mellan råvärdet och det värde som används i styrsystemet efter en autojustering av instrumentsignalen avviker för mycket görs en manuell kalibrering av instrumentet. En utmaning med autojusteringen är att hantera prover som ligger precis vid detektionsgränsen för labbanalysen av kontrollproverna. Här görs normalt en avvägning för varje instrument, t.ex. baserat på om instrumentet används för styrning eller inte.

Vill se ökat fokus på underhåll – och eventuellt fler analysatorer

Instrumentansvarig processingenjör skulle önska att det fanns någon som har lite mer utökat ansvar för underhållet av alla instrument. Även om det är en fördel att ha flera personer involverade för att det skapar redundans, så finns det också fördelar med att ha en tydlig ansvarsfördelning.

Det skulle även vara bra med någon som kan ansvara för mätsignalen hela vägen – från instrument och upp till styrsystemet.

Ryaverket har en relativt komplex process med många anläggningsdelar, och det skulle vara nyttigt med en genomgång av de olika delarna för att identifiera viktiga mätpunkter som man idag kanske inte mäter på.

Ryaverket befinner sig för tillfället i en tillståndprocess, och man väntar sig skärpta utsläppskrav med minskade marginaler som följd. När indikationerna kommer om var utsläppsnivåerna kommer hamna i framtiden behövs också en genomgång för att matcha instrumentering mot de nya behoven. Gissningsvis kommer fler provtagare och analysatorer behövas. Dock finns det en upplevd skepsis mot analysatorer inom organisationen eftersom man för ca 15 år sedan hade stora problem med dem man hade då. Underhållsbehovet ökar också och kostnaden för mätsignalen ökar.

Användning av soft sensors

Gryaab har implementerat ett antal soft sensors för att både komplettera och kontrollera fysiska mätare. Bland annat finns en flödesmodell för processen med fysiska mätare och mjukvarsensorer med syfte att höja kvalitén på flödesmätning i verket som ligger till grund för massbalansmätningar som används i processtyrning. En annan tillämpning för soft sensors är att estimerar flödet från en rötkammare genom att titta på nivåändringshastighet över tid.

Bilaga 7. MIVA - verkar i mindre kommun med många små reningsverk

MIVA – Miljö och vatten i Örnköldsvik AB – ansvarar för kommunalt vatten och avlopp i Örnköldsviks kommun som har ca 56 000 invånare. I centralorten Örnköldsvik med ca 30 000 invånare finns tre reningsverk om vardera ca 15 000 p.e. med mekanisk, kemisk och biologisk rening. Det finns även viss industriell anslutning till verken. Reningsverken saknar kväverening. Utöver dessa tre anläggningar har man 27 mindre anläggningar (varav två B-verk och resten C-verk) samt 103 pumpstationer på det 57 mil långa ledningsnätet.

Texten bygger på en intervju med Sten Lundberg, processingenjör på MIVA.

Maskinister sköter instrumenten

Tolv maskinister delar på ansvaret över instrumenten på alla 30 reningsverk. Maskinisterna är idag uppdelade på geografiska områden och utför både underhåll, kontroll och kalibrering av instrumenten. B-verken är bemannade medan C-verken har ambulerande personal. MIVA planerar en omorganisation av tillsynen av verken där man ska gå över till en mer centraliserad organisation istället för som idag en uppdelning på geografiska områden.

Vid installation av nya instrument har man avtal med elektriker som utför de elarbeten som behövs.

Svårt att få tillit till underhållssystemet

Det är upp till var och en av maskinisterna att utföra underhåll av instrumenten, eftersom det i dag saknas skriftliga instruktioner. Man har försökt arbeta med underhållssystemet IDUS, men upplever organisatoriska hinder för att detta ska fungera tillfredsställande. Det saknades en ansvarig person som ser till att systemet har den senaste informationen. När systemet inte fungerade som tänkt litade man inte på att allt som borde finnas där fanns. Man kan ha ronderingar och rutiner inlagda i IDUS, men det är inte gjort idag inom MIVA.

Dagböcker i pappersformat används där maskinisterna ska ange vilket underhåll som utförts, men det händer att det glöms bort att dokumentera åtgärderna.

Toleransnivåer för instrumentkontroll saknas idag

Kontrollprover skickas till labb för att jämföra mot instrumentets mätsignal. För vissa instrument (slamhalt) utförs instrumentkontroll av leverantören. Det finns inga dokumenterade toleransgränser för maskinisterna att använda sig av vid kontroll och kalibrering av instrumenten.

Omorganisation på gång

Inom kort kommer MIVA genomföra en omorganisation där man skapar en gemensam enhet för arbete med reningsverken. Förhoppningen är då att ett färre antal personer ska ansvara för instrumenten och därmed minska de variationer som uppkommer av att det är många personer involverade i arbetet. Idag händer det att något annat i processen hinner haverera innan man uppmärksammar att instrumentet visar fel. Vid fel på instrumenten är det inte alltid instrumentet det är fel på, utan det kan också vara ett handhavandefel t.ex. vid rengöring.

Utmaningar med många små verk

Den genomsnittliga C-anläggningen inom MIVA är ett kemverk där det finns givare för nivå, flöde och pH. Fällningen styrs mot pH, och flödesmätningen är främst relevant för flödesproportionell provtagning och för att komplettera den flödesinformation man har från pumpstationer på ledningsnätet. Detta kan jämföras med de större verken där man mäter nivå, flöde, pH, syre, slamhalt och TS på något av verken.

Småverken är idag inte uppkopplade mot ett övervakningssystem, vilket man överväger att ändra på i framtiden. Idag går det därför inte att få en uppfattning om processens status. Med så många små anläggningar som renar lite vatten är det också svårt att få kostnadseffektivitet för instrumenten. MIVA behöver hela tiden väga kostnad mot nytta för att värdera om ett instrument ger ett större mervärde jämfört med kostnader för inköp, underhåll och service. Det går också att ställa sig frågan hur exakt mätningen behöver vara på ett litet verk? Idag larmar det inte om det händer något på ett av de mindre verken.

En annan utmaning är att det är svårt att ha många olika fabrikat på anläggningarna. Med färre fabrikat medför det att det är lättare att få en god relation med leverantören, MIVA behöver inte lära sig att felsöka så många olika typer av instrument och de behöver inte heller ha ett lika brett reservdelslager. För en liten kommun med många små anläggningar förenklar det instrumentarbetet. En annan aspekt är att en liten kommun i Norrland är mindre intressant för de leverantörer som inte redan har utrustning på plats. Har en anläggning relativt sett få instrument, vilket MIVA har, är anläggningen en mindre intressant kund för leverantörerna. MIVA ligger dessutom långt bort från många servicekontor.

Kommunen växer inte

Kommuninvånarantalet i Örnsköldsviks kommun har under lång tid stått still. Till skillnad mot kommuner i samma storleksordning invånarmässigt men som växer, t.ex. Skövde, har man därför inte några naturliga tillfällen att rusta upp reningsverken, varken på processidan eller inom instrumenteringen.

MIVA har heller inte något större incitament att utöka instrumenteringen, men till följd av skärpta utsläppskrav kan detta ändras. Man har idag krav på 15 mg BOD/l och 0,5 mg tot-P/l i utgående vatten på de stora verken. En ny tillståndprocess är inledd, men MIVA förväntar sig att verken ska klara även nya något skärpta krav, även på fosforsidan. Det saknas idag

mätning av utgående fosfor. Det skulle kunna vara en möjlig effektivisering men än så länge har man inte sett tillräckligt stora ekonomiska fördelar.

På sikt kommer anläggningarna att behöva rustas upp eftersom de byggdes på 1970- och 80-talen och den tekniska livslängden passerats. Det kan också bli aktuellt att minska antalet reningsverk i centralorten från tre till två. Men kommunen tvekar än så länge, med ekonomin som begränsande faktor.

Bilaga 8. Skövde - den mindre kommunen med sammanhållen centralort

Skövde kommun ligger i Västergötland söder om Vänern och väster om Vättern. Kommunen har idag knappt 55 000 invånare och invånarantalet ökar. Reningsverket Stadskvarn i centralorten Skövde är dimensionerat för 57 000 p.e., men man förbereder för en utbyggnad till ca 70 000 p.e. Utöver Stadskvarn driftar man två mindre reningsverk i kommunen samt ett minireningsverk. Stadskvarn har mekanisk, kemisk och biologisk rening samt en avslutande slutsedimentering.

Texten bygger på en intervju med Andreas Johansson, processingenjör på Stadskvarns reningsverk.

Processtekniker och processingenjör nyckelpersoner i instrumentarbetet

På Stadskvarns reningsverk har man en processtekniker som är anställd för att uteslutande arbeta med att utföra driftanalyser på reningsverkets driftlab, samla in och skicka prover som ska skickas till ackrediterat laboratorium samt kontrollera online-utrustning i provtagningsrummet. Inköp av instrument samt utredning av instrument som inte fungerar som de ska utförs av processingenjör som har ett nära samarbete med processteknikern. Under perioder då processteknikern är borta, t.ex. sjuk, övergår ansvaret för instrumenten helt på processingenjören. Då har det hänt att vissa instrument inte underhålls som de ska.

De instrument som sitter ute i bassängen underhålls av drifttekniker. 6 personer delar på dessa arbetsuppgifter. Kvaliteten på utfört underhåll upplevs som delvis personberoende. För vissa av instrumenten har man serviceavtal med Hach. Det gäller susp-givare, TS-givare, fosforanalysator samt nitratgivare. På senare tid har man minskat något på omfattningen av serviceavtalen för givare som kräver mindre underhåll, så som syregivare.

I underhållssystemet bockar driften av utfört underhåll

Verket använder VA-operatör som övervakningssystem, och har även införskaffat Mimer-VA som är mjukvarans underhållssystem. Mimer VA kan kopplas till en checklista med underhåll som ska utföras samt en kalender för att skapa ronder för förebyggande underhåll. Driftteknikerna bockar av utfört underhåll i systemet. Till varje aktivitet som ska utföras i checklistan finns en skriftlig arbetsbeskrivning. På senare tid har man valt att precisera när ett visst underhåll ska utföras och utav vem. Detta för att minska risken för att underhållet inte blir utfört vid t.ex. sjukdom eller om personalen är borta på utbildning delar av veckan.

Underhållssystemet upplevs som viktigt för att kunna följa upp online-instrumenten, men också som tungt att arbeta med. Det har tagit lång tid (5–6 år) att få in alla komponenter i systemet, där inte bara instrumenten ingår. Just detta att systemet är komponentbaserat upplevs ta mycket tid.

Ett alternativt sätt hade varit att börja ovanifrån och identifiera vad som ska göras.

Har insett att en prioriteringslista behövs

Idag saknas en prioriteringslista över instrumenten som kan användas för prioritering av avhjälpande underhåll eller när tiden för det förebyggande underhållet inte räcker till. Det finns en inofficiell lista som används för att informera sommarjobbare om deras arbetsuppgifter. Processingenjören planerar att ta fram en prioriteringslista över vilka instrument som bör prioriteras vid fel eller för underhållsarbete.

Excelmallar för instrumentkontroll

Instrumentkontrollen är inte implementerad som aktiviteter i Mimer. Istället arbetar man med Excelmallar för kontroll och kalibrering. Labbet är ansvariga för detta arbete. I Excelmallarna finns angivet toleransgränser för när en avvikelse från kontrollvärdet kan accepteras. Detta kompletteras med villkorsstyrd formatering i Excel för att göra det tydligt när ett mätvärde avviker för mycket från kontrollvärdet. Toleransgränserna i Excelmallarna är framtagna över tid. Från början var det önskad mätnoggrannhet för processövervakning/styrning som styrde toleransgränserna. Efter hand var man tvungen att också ta hänsyn till instrumentens mätnoggrannhet för att inte alltför ofta behöva kalibrera om ett instrument som ändå inte klarar av att uppnå den noggrannhet som efterfrågas.

Mjukvarukalibrering för vissa instrument

Processingenjören på verket eftersträvar en långsam injustering av instrumentet mot korrekt värde i de fall man ser en avvikelse. Ofta används 3 till 5 kontrollprover för att göra en justering av instrumentets mätsignal. För att kunna göra detta utför man i vissa fall en mjukvarukalibrering av instrumentet, istället för att följa leverantörens instruktioner av kalibrering i själva instrumentet. Mjukvarukalibreringen bygger på att man tar fram statistiska mått i Excel baserat på flera historiska mätningar. Rent matematiskt bygger det på en minstakvadratmetod med s.k. glömskefaktor, där glömskefaktorn används för att bestämma hur många prover som ska räknas in i omkalibreringen.

Mjukvarukalibreringen kan utföras på två sätt. Antingen görs en omskalning i mA-signalen från instrumentet upp till styrsystemet (görs för jonselektiva ammonium- och nitratgivare). Eller så görs en beräkning av omskalningsfaktor i Excel som sedan läggs in direkt i instrumentet (görs för SS- och TS-givare).

Efterhand har andelen instrument som mjukvarukalibreras istället för hårdvarukalibreras i instrumentet ökat. En nackdel med mjukvarukalibrering där omskalning sker på mA-signalen är att instrumentet kommer visa ett avvikande värde vid bassängen, jämfört med den korrekt kalibrerade signalen i styrsystemet. En annan nackdel med den metod man använder är att om ett instrument systematiskt ligger över/under kontrollvärdet under en längre tid men fortfarande inom toleransen så görs ingen justering idag, vilket man vill ändra på.

Långa ledtider på ytterverken

De mindre verken har historiskt varit lite instrumenterade. T.ex. har verket Tidån på 1850 p.e. länge helt saknat online-instrument utöver flödesmätning. För att hitta fel snabbare görs nu en upprustning av Tidåns instrumentering med susp, turbiditet, pH, syre och slamlod. Detta går att genomföra eftersom anläggningen uppgraderas och då är instrumentkostnaderna inte så stora i sammanhanget. Tidån har haft många haverier och svårt att hålla riktvärdena. En utmaning med kontroll av instrumenten på småverken är de långa ledtiderna från provtagning till analys och risken för att prover förväxlas om inte märkningen är noggrann.

Flera saker på gång inom instrumentering

Utvecklingen på verket går mot att de allt oftare väljer analysatorer framför jonselektiv mätning eftersom dessa ger större noggrannhet. De vill också undersöka placering av instrument framöver. Ett exempel är SS-mätning i luftningssteget där man upplever en brusig signal. Man ser även ett behov av att förbättra rengöringen och fortsätta förbättra mjukvarukalibreringen. Omvärldsbevakning och nätverkande rörande instrumentering med t.ex. studiebesök hos andra är också intressant.



Box 14057 • 167 14 Bromma

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se