

Benchmarking och nyckeltal vid avlopps- reningsverk

Peter Balmér



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Carina Färm	Eskilstuna Energi & Miljö AB
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Margaretha Lindbäck	Luleå kommun
Charlotte Lindstedt	Göteborg Vatten
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Mats Rostö	Gästrik Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Ulf Thysell	VA SYD
Susann Wennmalm	Käppalaförbundet
Fred Ivar Aasand, adjungerad	Norsk Vann

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

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47 607
117 94 Stockholm
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:	Benchmarking och nyckeltal vid avloppsreningsverk
Title of the report:	Benchmarking and Performance Indicators for Wastewater Treatment Plants
Rapportnummer:	2010-10
Författare:	Peter Balmér, VA-strategi
Projektnummer:	29-106
Projektets namn:	Nyckeltalsjämförelse för reningsverk – verktyg för effektivare resursanvändning
Projektets finansiering:	Energimyndigheten och Svenskt Vatten Utveckling
Rapportens omfattning	
Sidantal:	29
Format:	A4
Sökord:	Benchmarking, Nyckeltal, Resursförbrukning, Energiförbrukning, Avloppsreningsverk
Keywords:	Benchmarking, Performance Indicators, Resource consumption, Energy consumption, Wastewater treatment plants, WWTP
Sammandrag:	Rapporten beskriver begreppen benchmarking och nyckeltal och ger en internationell översikt av användning av benchmarking vid reningsverk. Rapporterade nyckeltal för energiförbrukning finns sammanställda.
Abstract:	The report describes the concepts benchmarking and performance indicators and gives an international overview of the application of benchmarking at WWTP. Reported performance indicators for energy consumption are compiled.
Målgrupper:	Företagsledning, ekonomi- och processansvariga vid avloppsreningsverk
Omslagsbild:	Jämförelse mellan äpplen och päron. Collagebild av modifierade clip arts: Victoria Sundgren
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2010
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Att med nyckeltal som bas genomföra benchmarking av verksamheter är ett kraftfullt verktyg för förbättring. Svenskt Vatten har via Avloppskommittén, VAK, tagit initiativ till ett "Benchmarkingprojekt" för att möjliggöra nyckeltalsjämförelse av svenska reningsverk med databasen VASS som plattform.

Genom att ha beskrivande nyckeltal för ekonomiska och organisatoriska förhållanden, men även för driftdata såsom flöden, resursförbrukning, inkommande och utgående föroreningar för sitt verk får man en möjlighet till systematisk jämförelse och erfarenhetsutbyte med andra verk. Jämförelsen kan sedan användas för att identifiera områden där insatser för förbättringsarbete bör prioriteras. Det primära syftet är således att ge verktyg för reningsverkens interna effektiviseringsarbete men nyckeltal kan också vara en bra metod för att kommunicera effektivitet och miljönytta till kunder, ägare och andra intressenter.

Benchmarkingprojektet är nära relaterat till "Energiprojektet" som Svenskt Vatten driver med stöd från Energimyndigheten. I Energiprojektet har Svenskt Vatten åtagit sig att verka för inbördes jämförelser av energirelaterade parametrar för avloppsreningsverk som behandlar över 3 000 ton BOD/år (i princip reningsverk med drygt 100 000 personekvivalenter anslutna).

Energifrågorna har stor betydelse för både ekonomi och miljö. Tidigare studier visar att det finns en betydande effektiviseringspotential för många svenska avloppsreningsverk. Energijämförelsen kan bidra till att skapa en gemensam referensram för branschens synsätt på energieffektiviseringsarbetet och synliggöra var potentialen finns.

Jämförelsen med avseende på energirelaterade parametrar skall kunna användas för att visa resultat av teknikval och att utbyta erfarenheter, men också som ett stöd för det enskilda verkets energieffektiviseringsarbete. Inledningsvis är det i huvudsak större reningsverk som engageras, men resultaten ska kunna användas av hela branschen.

Syftet med denna rapport är att ge en introduktion till begreppen nyckeltal och benchmarking och att ge en översikt av vad som sker inom området internationellt. Därutöver har försök gjorts att sammanställa publicerade nyckeltal för energianvändning vid reningsverk.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary.....	7
1. Benchmarking och nyckeltal.....	8
1.1 Vad är benchmarking?.....	8
1.2 Utgångspunkter för benchmarking.....	9
1.3 För- och nackdelar med benchmarking.....	10
1.4 Vad är nyckeltal?.....	10
1.5 Utformning av nyckeltal.....	11
1.6 Belastningsmått.....	11
1.7 Datakvalitet.....	12
2. Benchmarking – en internationell översikt.....	13
2.1 Internationella organisationer.....	13
2.2 Europeiskt samarbete.....	13
2.3 Sverige.....	14
2.4 Norge.....	14
2.5 Danmark.....	15
2.6 Finland.....	15
2.7 Tyskland.....	15
2.8 Österrike.....	16
2.9 Schweiz.....	17
2.10 Storbritannien.....	17
2.11 Frankrike.....	18
2.12 Kanada.....	18
2.13 USA.....	18
3. Benchmarking av energiförbrukning.....	19
3.1 Energiförbrukning vid avloppsreningsverk.....	19
3.2 Energiförbrukning i olika anläggningsdelar.....	21
3.3 Rikt- och målvärden för energiförbrukning.....	22
3.4 Besparingsmöjligheter.....	23
Referenser.....	25

Sammanfattning

Benchmarking av VA-verksamheter tilldrar sig allt större intresse internationellt. I Sverige har Svenskt Vatten utvecklat VASS-systemet som ett verktyg för benchmarking. Svenskt Vatten planerar att utveckla VASS-systemet så att det kan användas för bred benchmarking av avloppsreningsverk. Som ett led i detta arbete har denna översikt av benchmarking och nyckeltal vid avloppsreningsverk utarbetats.

Rapporten består av tre huvuddelar; först introduceras och diskuteras begreppen nyckeltal och benchmarking, Sedan följer en översikt av hur benchmarking och nyckeltal används internationellt och slutligen ges en mer detaljerad beskrivning av benchmarking av energiförbrukning vid avloppsreningsverk med exempel från andra europeiska länder.

Det är främst i Tyskland, Österrike och Schweiz som det finns utarbetade system för benchmarking av avloppsreningsverk. De nyckeltal som rapporteras ligger i allmänhet på en överordnad nivå. De detaljerade resultaten från benchmarkingen delges då normalt enbart deltagarna. I Österrike publiceras dock årligen en rapport där kostnader och energiförbrukning redovisas för olika storlekar på reningsverk och fördelat på reningsverkets olika delar.

För energianvändning i reningsverk har omfattande studier gjorts i flera länder. I rapporten är resultaten från dessa studier sammanställda tillsammans med de energiförbrukningsnivåer som det bedöms möjligt att uppnå. Jämförs de genomsnittliga siffrorna för energiförbrukning vid svenska avloppsreningsverk med de som rapporterats från andra länder förefaller det som att svenska verken i genomsnitt har en klart högre el-energiförbrukning och att det således borde finnas en icke obetydlig förbättringspotential.

Summary

Benchmarking of wastewater services increases worldwide. In Sweden, Svenskt Vatten (the Swedish Water and Wastewater Works Association) has developed the VASS-system to facilitate benchmarking of water and wastewater services and Svenskt Vatten now plans to extend the system to benchmarking of wastewater treatment plants. As a starting point this state-of-the-art report on the use of benchmarking and performance indicators has been prepared.

The report consists of three parts. Firstly the concepts of benchmarking and performance indicator are introduced and discussed and secondly an overview of the international use of benchmarking and performance indicators is given. The third part is a more detailed comparison of the use of energy at wastewater treatment plants.

In the international overview the widespread use of benchmarking in Germany and Austria is described. The reported figures on the use of energy at wastewater treatment plants in Germany, Austria and Switzerland indicate that the average use of electrical energy at Swedish wastewater plant may be too high and that there is a potential for improvements.

1. Benchmarking och nyckeltal

1.1 Vad är benchmarking?

Institutet för kvalitetsutveckling, SIQ, har definierat benchmarking som:

”Benchmarking är en metod att systematiskt lära av goda förebilder, oavsett bransch. Syftet är att få insikt och kunskap som omsätts till förbättringar i den egna verksamheten.”

Stahre, Mellström och Adamsson (2007) har utvecklat detta i en SVU-rapport. Deras diskussion är utmärkt och återges därför här in extenso:

”Begreppet benchmarking används som samlingsbegrepp för olika former av systematiska jämförelser. Benchmarking är ett hjälpmedel för att utveckla en organisations verksamhet. Metoden kan användas både för jämförelser över tiden inom den egna organisationen och för jämförelser med andra organisationer. Man kan skilja mellan följande tre olika typer av benchmarking:

- Metrisk benchmarking
- Process benchmarking
- Effektivitetsbenchmarking

Metric benchmarking

Metrisk benchmarking är den grundläggande formen av benchmarking. Den används såväl för uppföljning av utvecklingen i den egna verksamheten som för jämförelse med situationen i andra kommuner. Metrisk benchmarking innebär att man jämför de numeriska värdena på vissa utvalda verksamhetsmått och nyckeltal. När det gäller den egna verksamheten sker jämförelsen vanligen i form av linjediagram som visar utvecklingen över tiden och när det gäller jämförelser med andra i form av stapeldiagram. Metrisk benchmarking är ett viktigt hjälpmedel för att identifiera utvecklingstrender samt skillnader mellan olika jämförda verksamheter. Man får dock ingen förklaring till orsakerna till eventuella skillnader. Metrisk benchmarking måste för att ge en helhetsbild av verksamheten omfatta jämförelser av en rad olika förhållanden. Dessa kan grupperas på olika sätt, t.ex. kvalitet, service, miljö och ekonomi etc.

Process benchmarking

Process benchmarking handlar om jämförelser av arbetsformer, arbetsmetoder, arbetsrutiner, mål, organisation m.m. för avgränsade delar av verksamheten. Jämförelsen fokuserar på enskilda processer och inte på hela verksamheten. Syftet med process benchmarking är att få impulser till hur man skulle kunna förbättra sitt sätt att arbeta inom de aktuella områdena. Detta sker genom att försöka dra nytta av erfarenheterna från andra organisationer. Det kan gälla såväl vatten- och avloppsorganisationer som organisationer med helt annan verksam-

het. Sålunda kan impulser om kundhantering mycket väl hämtas från reseföretag, banker etc. Resultaten från metrisk benchmarking utgör ofta ett värdefullt underlag för arbetet med process benchmarking.

Effektivitetsbenchmarking

Effektivitetsbenchmarking är en mer utvecklad form av benchmarking som syftar till att värdera en verksamhet i kvantifierbara termer. För detta krävs en integrerad analys av en hel rad olika förhållanden. Sambanden mellan dessa är ofta mycket komplexa. Som underlag för värderingen används resultaten från den metriska benchmarkingen. I underlaget ingår också en mängd grundläggande uppgifter om systemets uppbyggnad, omgivningsfaktorer etc.”

1.2 Utgångspunkter för benchmarking

Stahre et. al. (2007) pekar på att benchmarking kan göras på olika nivåer; internationellt, nationellt; mellan grupper av verksamheter och internt inom en verksamhet. Det som främst behandlas i denna rapport är nationell benchmarking inom gruppen avloppsreningsverk.

Vid konferensen ”Performance Indicators” i Amsterdam 2009 diskuterades dessa begrepp. Det konstaterades att termerna ”metric benchmarking” och ”process benchmarking” har varit i bruk länge men det konstaterades också att begreppen flyter in i varandra och svårligen kan åtskiljas. Det föreslogs istället att man skulle nyttja termerna ”performance assessment” och ”performance improvement” (eller performance enhancement). Ett centralt hjälpmedel för performance assessment är performance indicators (nyckeltal). Performance assessment och performance improvement bedrivs på olika nivåer; utility, function, process och task. Med utgångspunkt från detta synsätt är det vi siktar på i Svenskt Vattens benchmarkingprojekt en performance assessment av funktionen avloppsvattenrening. I Nederländerna talar man om benchmarking, benchlearning och benchaction (Oosterom 2009), termer som på ett enkelt sätt ger en intuitiv förståelse av benchmarkingprocessen.

Benchmarking sker med olika utgångspunkter:

- Va-verk, som önskar veta var de står och var deras förbättringsmöjligheter finns
- Myndigheter kan vilja övervaka VA-verkens verksamhet
- Reglerande myndigheter som i länder med privatiserad verksamhet har behov av att kunna objektivt granska VA-verkens prissättning och service till brukarna

Vid Amsterdamkonferensen diskuterades denna fråga och många underströk med emphasis att det enbart är den benchmarking som VA-verken själva eller deras organisationer initierar och som har till syfte att genom jämförelser och lärande av varandra förbättra verksamheten, som skall kallas benchmarking. Myndigheter kan ha legitima skäl att jämföra olika verksamheter men här är syftet ett annat och benämningen bör vara annorlunda. Ordet ”Yardstick” nämndes.

En språklig kommentar

Ordet benchmarking finns i Svenska Akademiens ordlista och förklaras som ”värdering av en produkt eller tjänst i förhållande till andra av samma slag med hjälp av mätningar och jämförelser”. Det anges att man hellre bör använda orden riktmärkning eller prestandajämförelser.

Användning av engelskspråkiga uttryck bör undvikas men ordet benchmarking är väl etablerat och i ordet benchmarking omfattar mer än bara en prestandajämförelse varför ordet benchmarking används i denna rapport. I tillägg till benchmarking används ordet benchmark.

Benchmark anger den nivå som de bästa verksamheterna uppnår. Här borde det svenska ordet riktmärke med fördel kunna användas.

1.3 För- och nackdelar med benchmarking

Fördelarna med benchmarking är uppenbara. En verksamhet får möjlighet att jämföra sina prestationer med andra verksamheter och därmed få en uppfattning om hur väl verksamheten fungerar. Jämförelsen kan också indikera var verksamheten har sina relativa styrkor och svagheter. Genom att sedan utbyta erfarenheter med andra verksamheter som deltar i benchmarkingarbetet kan man få kunskaper som kan användas för att förbättra den egna verksamheten. Det är en allmän erfarenhet från de som deltar i benchmarking att det inte är jämförelsen utan det aktiva samarbete mellan deltagarna i ett benchmarkingprojekt som är mest värdefullt (Johansson 2005)

Benchmarking kan också ge negativa effekter. Om resultat från benchmarking offentliggörs på ogenomtänkt sett kan det bli "name and shame". Det kan i sin tur leda till misstro, minskat deltagande och till risk att ingångsdata inte blir korrekta. Rapportering anonymt, där varje deltagare får se sina data i relation till de andras medelvärden rekommenderas ofta. När man sedan känner sig trygg på att data inte missbrukas så byggs ett förtroende deltagarna emellan som leder till en öppen exponering av varandras data.

1.4 Vad är nyckeltal?

Enligt Nationalencyklopedien är nyckeltal "tal som komprimerar information i syfte att göra den mer lättillgänglig för en användare". Stahre et. al (2007) säger att "nyckeltal är det språk som används vid benchmarking" och att de krav som man kan ställa på nyckeltal är att de är tydligt definierade, enkelt mätbara och kontrollerbara, lätta att förstå även för icke specialister samt att de bör vara så få som möjligt. International Water Association, IWA, har gett ut en vägledning för benchmarking (Matos et. al. 2003) och i Tyskland har Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA, också gett ut en vägledning (DWA 2008). I Schweiz har Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA 2006) gett ut en skrift motsvarande skrift. Här definieras den engelskspråkiga (performance indicators), tyskspråkiga (Kennzahlen) och franskspråkiga (indicateur) motsvarigheten till nyckeltal som förhållandet mellan variabler och förklarar sedan nyckeltal med exempel som exempelvis personalinsats per m³ debiterat avloppsvatten eller kostnad per kg avskilt COD.

En informell nordisk arbetsgrupp (Balmér, Reinius och Sörensson) diskuterade nyckeltal och benchmarking 1999. I en icke publicerad rapport framförs följande synpunkter:

"Nyckeltal har sin största nytta som tidsserier för det enskilda verket. De kan visa trender i prestationer och kostnader. Det har i sådana fall mindre betydelse hur nyckeltalet är uttryckt.

Om nyckeltal standardiseras kan jämförelser också göras med andra verk såväl ett bestämt år som i tidsserier.

Man skall vara medveten om att jämförelser är svåra att få rättvisande eftersom förhållandena vid verken kan vara mer eller mindre olika. Korrigeringar av olika slag kan göras men detta blir ofta komplicerat och kan kräva särskild utredningsman eller mycket detaljerade instruktioner. Det är därför bättre att göra nyckeltalen enkla och vara väl medveten om dess begränsningar.

Att jämföra nyckeltal kan trots dess begränsningar vara av värde. Om två anläggningar skiljer sig mycket vad gäller ett nyckeltal, kan detta vara utgångspunkt för en mer ingående "benchmarking" där man kanske kan klarlägga om skillnaderna beror på olika förutsättningar eller om det är så att den ena anläggningen är bättre. Då finns det kanske några lärdomar att ta med hem."

1.5 Utformning av nyckeltal

Nyckeltal definierat enbart som relationen mellan två variabler är inte praktiskt användbar. Ett nyckeltal måste vara relevant för den verksamhet som studeras. För avloppsreningsverk kan relevanta nyckeltal vara förbrukningen av en resurs (t.ex. energi), en kostnad eller en prestation relativt en belastning på verket. Exempel på sådana nyckeltal kan vara el-energiförbrukning i kWh per ansluten person, driftkostnad per m³ debiterad avloppsvolym eller biogasproduktion per kg tillfört organiskt material. Relevanta nyckeltal kan också vara en förbrukning eller en kostnad relativt en prestation t.ex. fällningsmedelsförbrukning relativt avskiljd mängd fosfor eller kostnad per kg oxiderat material. Det kan även vara relevant att ha nyckeltal som karakteriserar avloppsreningsverket och dess belastning t.ex. föroreningsmängd per ansluten person eller tillrinning per m³ bassängvolym.

Det finns behov av relevanta nyckeltal på olika nivåer inom en organisation. På den politiska nivån och på förvaltningschefsnivå är det framförallt kostnader, kvalitet och kundservice som är intressant att kunna jämföra med anläggningar med liknande förutsättningar. På driftsnivå är resursförbrukning, energieffektivitet, personalbehov och liknande storheter relativt verkets belastning, storlek och andra förutsättningar som är intressant.

1.6 Belastningsmått

Något mått på belastning finns i nämnaren för många nyckeltal. Hur skall då belastning uttryckas? Internationellt har det varit vanligt att ange prestationer per m³ behandlat avloppsvatten. Detta mått diskuteras grundligt av Balmér och Mattson (1993) och av Balmér (1998). Att relatera till nyckeltalen till m³ behandlat vatten är närliggande då det är en storhet som fortlöpande mäts vid reningsverk. Det finns dock invändningar mot att relatera nyckeltal till behandlad volym. En invändning är flödesmätarna vid reningsverk ofta är bristfälligt kalibrerade. Den främsta invändningen är att mängden tillskottsvatten per ansluten person kan variera mycket mellan olika verk men också variera mycket mellan år vid samma verk. Då

driftkostnader och förbrukning (t.ex. energiförbrukning och polymerförbrukning) påverkas tämligen lite av tillskottsvattnet kan nyckeltal relaterade till behandlad volym bli missvisande. Antalet anslutna personer eller m³ debiterad avloppsvolym är att föredra som belastningsmått. Anslutna personer är ett lätt förståeligt begrepp och m³ debiterad avloppsvolym är direkt relaterat till VA-taxan. (Den debiterade avloppsvolymer är nästan alltid lika med debiterad vattenförbrukning – undantag kan förekomma när det finns industrier anslutna där vatten ingår i produkten.) Det kan vara motiverat att som komplement använda även nyckeltal relaterade till behandlad volym eftersom detta mått används i en del länder. Haberkern (2008) diskuterar belastningsmått och kommer fram till att antalet anslutna personekvivalenter, pe, ofta är det lämpligaste måttet.

Antalet anslutna personer är ett enkelt begrepp men det är inte utan komplikationer. I orter där industrier är anslutna till reningsverket kan dessa utgöra en väsentlig del av belastningen. Likaså kan ut- eller inpendling påverka belastningen i en del tätorter. På turistorter kan det periodvis förekomma stor extra belastning. I kommuner med flera reningsverk förekommer det att slam från de mindre verken körs till ett större som då får en avsevärd extra belastning. I kommuner med stor befolkning utanför reningsverkens verksamhetsområde körs slam från trekammarbrunnar och avloppsvatten från slutna tankar till reningsverket. Det finns därför behov av att på något sätt korrigera antalet anslutna personer för att få ett mer rättvisande mått på reningsverkets belastning. Denna övriga belastning kan uttryckas som ett antal personekvivalenter. Utgångspunkten är då att en fysisk person genererar en viss föroreningsmängd per tidsenhet. Denna mängd betecknas som en personekvivalent. Föroreningsmängden från t.ex. en industri kan sedan räknas om till personekvivalenter. Personekvivalentbegreppet är dock inte helt okomplicerat. Detta diskuteras mera i detalj i bilaga 1.

1.7 Datakvalitet

Om ingående data till nyckeltalen inte är av god kvalitet kan nyckeltalen bli missvisande och en benchmarking baserad på nyckeltal kan bli av begränsat värde. De data som krävs för att beräkna nyckeltal måste därför vara av acceptabel kvalitet. Svenskt Vatten har erfårit problem med detta i Energiundersökningen och i BIOGAS-VASS. I Kanada har man löst detta genom att en central grupp insamlar data genom besök vid VA-anläggningarna. I Österrike har man en kvalificerad granskning av insamlade data och vid tveksamheter tas kontakt med uppgiftslämnarna. Viss granskning kan göras automatiskt t.ex. genom att gränser för rimlighet definieras och genom beräkning av massbalanser.

2. Benchmarking – en internationell översikt

Benchmarking är en aktuell fråga i VA-branchen internationellt. Sedan mitten av 1990-talet har de varit en avsevärd aktivitet i flera länder. I detta avsnitt ges en översikt av läget i andra länder. Översikten är säkert långt ifrån fullständig då det är en liten del av informationen som återfinns i traditionell vetenskaplig litteratur varför informationen i stor utsträckning söktes via internet.

2.1 Internationella organisationer

International Water Association, IWA, (Matos et. al 2003) har gett ut en bok "Performance Indicators for Wastewater Services". "Wastewater services" omfattar avledning och rening av avloppsvatten. IWA-skriften diskuterar grundligt benchmarking och hur den bör organiseras i ett VA-företag. Skriften listar över 200 variabler som är aktuella att använda vid benchmarking och ger definitioner av dessa. Variablerna är indelade i områdena miljö, personal, anläggningar (physical assets), drift, demografi och kunder, servicekvalitet och ekonomi. Från dessa variabler definieras nästan 200 olika nyckeltal. Nyckeltalen har stor spännvidd från övergripande nyckeltal som totalkostnad per personekvivalent till detaljnyckeltal som antal analyser av olika parametrar per år. Intrycket av IWA-skriften är att den i hög grad är fokuserad på ekonomi, management och kundservice på företagsnivå medan det är ont om nyckeltal relaterade till miljöpåverkan och driften av avloppsreningsverk. Till exempel så finns inga nyckeltal för utsläpp och inga nyckeltal för energiförbrukning vid reningen eller för gasproduktion.

Världsbanken stödjer utvecklingen av vattenförsörjning och avloppshantering i framför allt utvecklingsländer. Världsbanken använder nyckeltal. Dessa ligger dock på en övergripande nivå och inte anpassade för avloppsreningsverk i utvecklade länder.

2.2 Europeiskt samarbete

Tyskland, Österrike, Schweiz och Nederländerna (DACH+NL-gruppen) har ett etablerat samarbete kring benchmarking av avloppssystem. Samarbetsgruppen har definierat ett fåtal övergripande nyckeltal främst tänkta för kommunikation mot politiker och allmänhet (Bäumer 2006).

Det görs också försök att få igång andra former av europeiskt samarbete. European Water Association, EWA, har offentliggjort en sammanfattning av europeiskt samarbete från ett EWA-symposium (EWA 2009). De olika föredragen från symposiet finns på EWA:s hemsida www.ewaonline.de.

2.3 Sverige

De stora VA-verken i Norden har en samverkan kring benchmarking sedan mitten av 90-talet den s.k. *Sexstadsgruppen*. Sexstadsgruppens benchmarking omfattar hela VA-systemet. Sexstadsgruppen producerar årliga rapporter vilka dock inte är offentliga. Sexstadsgruppens arbete har väckt stort internationellt intresse. Sexstadsgruppen arbetar på kommunnivå och tar inte fram data på anläggningsnivå.

VA-web är ett samarbete mellan nästan 30 VA-förvaltningar och VA-bolag kring verksamhetsplanering och nyckeltal (www.verksamhetsplan.com). Data om rening, förbrukningar, biogasproduktion samt slammängder och slamdisponering insamlas på anläggningsnivå. VA-web gruppen producerar årliga sammanställningar.

Sedan 2003 har Svenskt Vatten i drift en databas VASS som möjliggör benchmarking av VA-system på kommunnivå. Med hjälp av VASS görs också jämförelser på anläggningsnivå av energiförbrukning (Energiundersökningen) och biogasproduktion och biogasanvändning (BIOGAS-VASS). Svenskt Vattens Avloppskommitté har uttryckt önskemål om en komplettering av VASS i syfte att få möjlighet till en mer heltäckande jämförelse avloppsreningsverk

Bland tidigare arbeten i Sverige kan nämnas att Balmér och Mattsson (1993) genomförde ett benchmarkingprojekt för VA-Forsk där drygt 20 reningsverk jämfördes avseende kostnader, personalanvändning samt energi- och kemikalieanvändning. Data insamlades genom intervjuer på plats.

Balmér (2000) gjorde ett försök att jämföra fem stora reningsverk med kväveavskiljning i Norge, Danmark och Sverige. Metodiken var liknande den i ovannämnda VA-Forsk-projekt.

Vid ett möte på Avedöre 1999 mellan stora reningsverk tillsattes en arbetsgrupp (John Sörensen, Århus, Lars-Gunnar Reinius, Stockholm, Peter Balmér, Gryaab) med uppgift att lämna förslag till gemensamma nyckeltal. Ett utkast till rapport finns. Det fanns dock vid denna tidpunkt inte tillräckligt intresse för att gå vidare.

2.4 Norge

Norsk Vann har utvecklat ett benchmarkingsystem, bedreVA, som varit i bruk sedan 2006 och har nu ett 50-tal kommuner som deltar. De kommuner som deltar betalar en årlig avgift för drift av systemet. Data insamlas genom enkätschema. En sammanställning av resultaten publiceras årligen (www.norskvann.no). Data insamlas på kommunnivå och materialet ger därför inte möjlighet att jämföra enskilda anläggningar.

Bland tidigare arbeten kan nämnas att Oslo vann og avløpsverk genomförde, med hjälp av Envicare ApS, 1997 en jämförande studie av nordiska reningsverk med utgångspunkten att få en uppskattning av framtida kostnader och resursförbrukning för Bekkelaget rensanlegg som då var under planläggning. Envicare ApS framlade 1999 en PM där resultat från undersökningen för OVA jämfördes med data från Balmér (1999).

2.5 Danmark

I Danmark har Dansk Vann- og Spildevandsforening, DANVA, sedan 2005 drivit ett benchmarkingsystem, BESSY (www.bessy.dk). Ett 40-tal VA-verk rapporterar till BESSY. Systemet har stora likheter med Svenskt Vattens VASS-system. All rapportering i BESSY ligger på kommunnivå varför data på anläggningsnivå saknas. DANVA ger ut en årsrapport som främst verkar riktad mot politiker.

2.6 Finland

Vatten och Avloppsverksföreningen i Finland (VVY) har utvecklat ett omfattande system med nyckeltal för VA-förvaltningar. Nyckeltalen beräknas på kommun/förvaltningsnivå och det är inte möjligt att jämföra enskilda reningsverk (Mika Rontu pers. kontakt).

2.7 Tyskland

I Tyskland har Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) gett ut allmänna riktlinjer för benchmarking (DWA 2008). Det finns ett stort intresse för benchmarking i Tyskland. De tyska intresseföreningarna inom vattenområdet har gemensamt gett ut en skrift "Profile of the German water industry" (ATT et. al. 2008). I denna publikation listas totalt 26 olika benchmarkingprojekt inom avloppssektorn i förbundsrepubliken. De flesta projekten bedrivs på delstatsnivå. Benchmarking bedrivs i Bayern, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Saarland och i Sachsen. Det kan också finnas projekt i andra delstater. Det praktiska genomförandet av projekten är i stor utsträckning lagt ut på två företag, aquabench och Confideon. (aquabench är ett företag som ägs av tio stora VA-förvaltningar i Tyskland samt VA-förvaltningen i Zurich, Confideon är ett privat konsultföretag). I de tyska benchmarkingprojekten är sekretessen viktig och detaljerade resultat delges bara projektdeltagarna. Ett antal översiktsrapporter kan man finna på aquabench hemsida (www.aquabench.de).

Som exempel kan anges de nyckeltalen som används i Baden-Württemberg. De är indelade i sex grupper:

- struktur och teknik 27 nyckeltal
- ekonomi 49 nyckeltal
- säkerhet 10 nyckeltal
- kvalitet 15 nyckeltal
- kundservice 5 nyckeltal
- uthållighet 30 nyckeltal

Anläggningarna grupperas 5 storleksklasser och den publicerade information som främst är av intresse är uppgifter om totala kostnader och energiförbrukning för avloppsbehandlingen.

Firma aquabench organiserar även detaljerad benchmarking där jämförelser sker av delprocesser (t.ex. biologisk behandling, avvattning) på avloppsreningsverken. Resultaten från denna verksamhet delges bara deltagarna.

2.8 Österrike

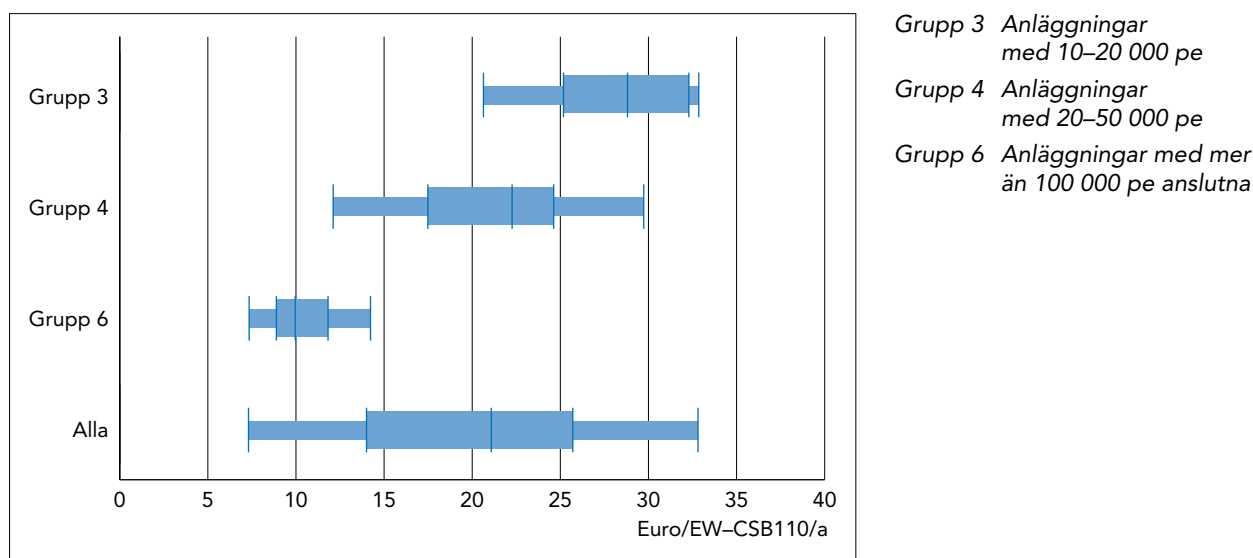
I Österrike började man utveckla benchmarking för avloppsreningsverk och avloppsledningssystem i slutet av 1990-talet. Staten stödde utvecklingen som skedde i samverkan med tekniska universitetet i Wien, branschföreningen (Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, ÖWAV) och ett par konsultfirmor. Sedan 2004 är benchmarkingsystemet etablerat och det utges årliga rapporter. Ett 80-tal anläggningar har deltagit i benchmarking.

Det österrikiska benchmarkingprojektet är ambitiöst. Datainsamlingen sker via internet men mycket arbete läggs ned på att granska insamlade data och att kontrollera dessa genom kontakt med uppgiftslämnarna. Preliminära rapporter diskuteras sedan med deltagande verk.

I det österrikiska systemet grupperas verken i 6 storleksklasser. Verksamheten vid verken indelas i fyra delprocesser:

- inloppspumpning och förbehandling
- mekanisk och biologisk rening
- förtjockning och stabilisering
- avvattning och längre gående slambehandling

Därtill har man definierat två hjälpprocesser, den ena omfattar laboratorium, administration samt driftsbyggnad och övrig infrastruktur, den andra omfattar verkstäder och fordonspark. För mindre verk är indelningen inte så detaljerad. Data insamlas om kostnader (kapital, personal, energi, köpta tjänster, material och kemikalier samt övriga kostnader) och energiförbrukning. Denna information redovisas som medianvärde med övre



Figur 2-1 Driftskostnader i Euro per pe vid österrikiska avloppsreningsverk. De lodräta linjerna anger lägsta värde, undre kvartil, median, övre kvartil och högsta värde. Figuren återgiven med tillstånd av ÖWAV.

och undre kvartil samt max- och minvärden för de storleksgrupper där det finns tillräckligt många deltagande verk. Lindtner (2009) har publicerat en sammanfattning av systemet i en power-point presentation. Lindtner et. al. (2004, 2008) har publicerat erfarenheter och resultat från den österrikiska benchmarkingen. Årsrapporter kan laddas ned från www.abwasserbenchmarking.at. Riktmarke för totala kostnader för de österrikiska avloppsverken är de verk som har de lägsta kostnaderna och som uppfyller alla myndighetskrav och har trovärdiga data (t.ex. massbalanser som stämmer). Ett exempel på hur data rapporteras i Österrike finns i figur 2-1.

2.9 Schweiz

Det pågår en del benchmarkingaktiviteter i Schweiz. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzleute (VSA 2006) har gett ut anvisningar för arbete med nyckeltal. Anvisningarna gäller nyckeltal på anläggningsnivå. De nyckeltal som kan bildas gäller belastning, utsläpp, personalkostnader, övriga kostnader och total el-energiförbrukning. Två privata konsultfirmor är aktiva, Infraconcept (Stefan Binggeli) och Kappeler Umwelt Consulting (Jurg Kappeler). Några sammanfattande publikationer har inte kunnat finnas men Kläranlage Kloten/Opfikon (2007) har publicerat en rapport där anläggningen jämförs med ett 25-tal andra schweiziska reningsverk. Av denna framgår att på mer överordnad nivå jämförs årskostnader, driftskostnader och slambehandlingskostnader. Det görs också jämförelser på mer detaljerad nivå som slamavvattningskostnader, kostnader för torkning och förbränning, kostnader för aktivt slambehandling och för kemisk fällning. Det finns också data för arbetsinsats i manår.

2.10 Storbritannien

I Storbritannien är VA-verksamheten privatiserad. OFWAT är den myndighet som har tillsyn av de privatiserade bolagen. OFWAT har stort intresse av att jämföra prestationerna hos de olika vattenbolagen och gör fortlöpande omfattande jämförelse mellan de brittiska vattenbolagens prestationer och jämför även med organisationer i andra länder, bl.a. har jämförelser gjorts med Sexstadsgruppen. Jämförelsen ligger på en överordnad nivå (cost per property, cost per m³ for water, cost per m³ for sewerage). OFWAT har ej data på anläggningsnivå.

Water Research Centre har på uppdrag av vattenbolagen gjort benchmarkingstudier. Dessa är dock ej offentliga. Water UK (2009), vattenbolagens intresseorganisation har gett ut en skrift Sustainability Indicators som finns på Water UK:s hemsida. I denna finns mycket information om VA-verksamheten i Storbritannien men nästa allt är summadata för Storbritannien och möjligheterna till jämförelser är små. UK Water Industry Research har även finansierat en studie "International Benchmarking of Water Industry Costs and Performance".

2.11 Frankrike

De stora franska vattenbolagen som sköter driften på många avloppsverk runt världen borde för internt bruk behöva nyckeltal. Kontakt har tagits med Veolias svenska representant som bekräftat att sådana nyckeltal finns. Efter kontakt med huvudkontoret har det meddelats att man inte vill lämna ut de nyckeltal som används inom Veolia. Sökningar på franska hemsidor har inte heller gett några resultat.

2.12 Kanada

I Canada bedrivs ett projekt "National Benchmarking Water and Wastewater Initiative" (www.nationalbenchmarking.ca). Data om kostnader, energiförbrukning, BOD-utsläpp, arbetsplatsförhållanden och klagomål på lukt insamlas och publiceras. Data insamlas genom besök på plats för att säkra kvaliteten på data. De insamlade data ligger på kommun/utility-nivå.

2.13 USA

I USA gjorde Water Environment Research Foundation (WERF 1997) en studie där data samlades in från 105 VA-företag. I WERF-publikationen finns listat ett antal "outcome measures", "efficiency measures", "effectiveness measures" samt "explanatory factors" som är av intresse. Vad gäller behandlingen av insamlade data har detta främst skett genom att alla data studerats hur de skiljer avseende en variabel och det har gjorts multipel regressionsanalys på materialet. Denna analys av data var inte framgångsrik. Sökningar på WERF:s och Water Environment Federations hemsidor har varit resultatlös. Vid University of Florida sker mycket forskning om naturliga monopol och Berg(2010) har nyligen publicerat boken "Water utility benchmarking".

3. Benchmarking av energiförbrukning

Det finns stort intresse i många länder för att kartlägga och minska energiförbrukningen i avloppsreningsverk. Omfattande arbeten har gjorts i Schweiz (Müller et. al 1994, Müller et. al 2006, VSA 2008), i Österrike (Kroiss 2001) och framförallt i Tyskland av Ministerium für Umwelt, Nordrhein-Westfalen 1999 och i Baden-Württemberg (LfU 1998). Arbetet i Nordrhein-Westfalen finns tillgängligt även på svenska eftersom VA-Forsk-rapport 2002-2 (Kjellén & Andersson 2002) till stor del är en översättning av detta arbete. Av särskilt intresse är en publikation av Haberkern et. al (2008), vilken ger en utmärkt översikt av läget i Tyskland och en översikt av de förbättringsmöjligheter som finns samt av vilken energiförbrukning som kan förväntas om ytterligare reningssteg skulle krävas vid kommunala reningsverk. Publikationen från VSA (2008) gör också en mycket grundlig genomgång av olika energiförbrukare i reningsverk och ger detaljerade anvisningar för systematiskt arbete för minskning av energiförbrukningen.

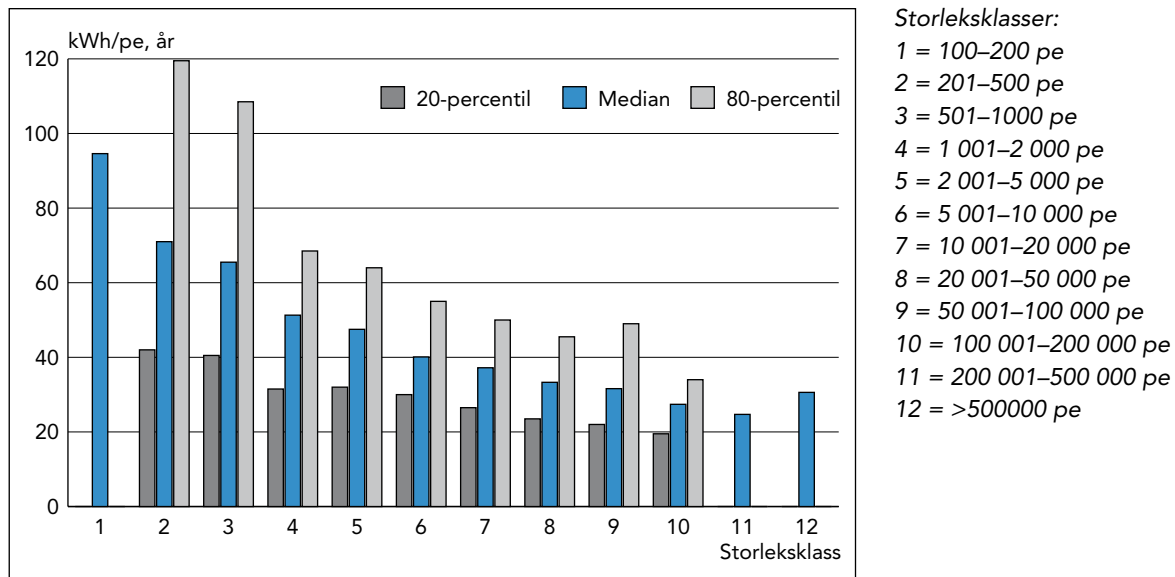
3.1 Energiförbrukning vid avloppsreningsverk

I en undersökning av energiförbrukningen vid svenska VA-verk (Lings-ten & Lundkvist 2008) uppskattades el-energiförbrukningen vid svenska avloppsreningsverk till 630 GWh/år motsvarande 80 kWh/år per ansluten person. (I dessa siffror ingår energi för inloppspumpstationer. Om man antar 5 m lyfthöjd, 400 l/p,d och en verkningsgrad på 60 % innebär det att förbrukningen för avloppsreningsprocesserna är ca 3 kWh lägre per person och år.) Av el-energin uppskattades 27 % eller ca 22 kWh/p,år användas till luftning. Övrig energiförbrukning (annat än el-energi) uppskattades till 300 GWh/år eller 38 kWh/p,år. I en testomgång med benchmarking insamlades uppgifter om energiförbrukning vid 5 stora svenska reningsverk. El-energi-förbrukningen vid dessa, exklusive inlopps- och ev. mellan- och utlopps-pumpning var 32–61 kWh/pe,år, varav 14–32 kWh/pe,år användes i den biologiska reningen där luftningen är den dominerade energiförbrukaren.

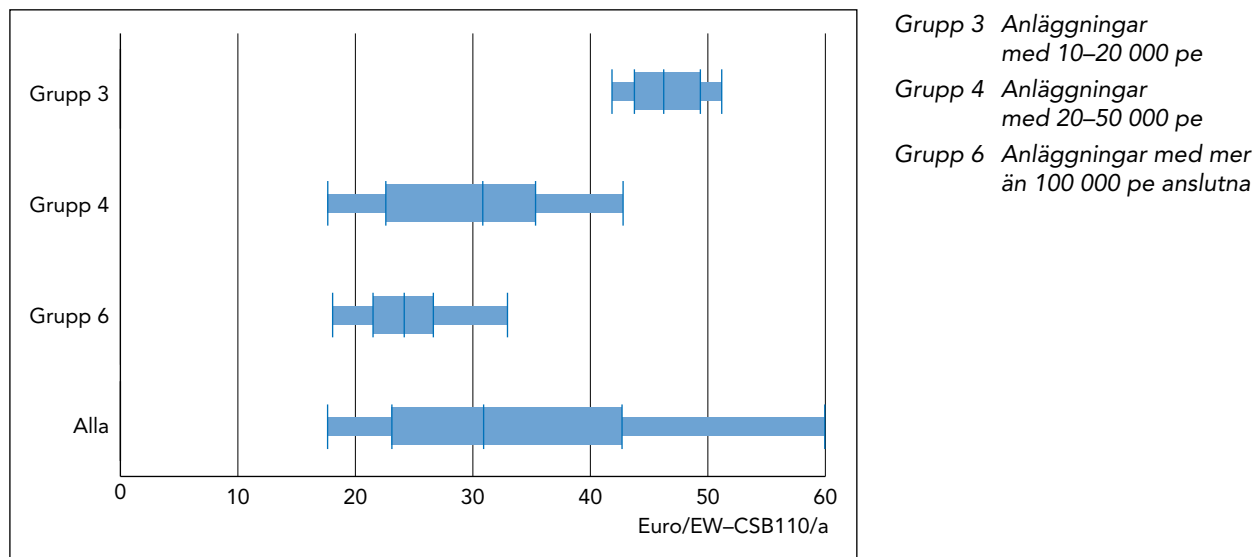
Det har gjorts omfattande undersökningar av el-energiförbrukning i andra länder. När uppgifter hämtas från litteraturen måste man vara observant på några faktorer; för pe-tals-beräkning används olika specifika tal (se bilaga 1), storlek på verk anges ibland i anslutna pe ibland i dimensionerande pe och förbrukningen kan ibland vara påverkad av att hänsyn inte tagits till eventuell förekomst av gasmotorer.

I Tyskland visade en undersökning i Nordrhein-Westfalen (Kjellén & Andersson 2002) ett medianvärde för el-energiförbrukning på 45 kWh/pe,år. Haberkern et. al. (2008) uppskattar, efter en genomgång av alla tyska undersökningar el-energiförbrukningen vid de tyska avloppsreningsverken till i genomsnitt 35 kWh/pe,år inklusive inloppspumpning. Detta är troligen enbart köpt el-energi. Om hänsyn tas till egenproducerad energi vid

verken blir den genomsnittliga förbrukningen 42 kWh/pe,år. Det bör noteras att ca en tredjedel av belastningen på de tyska reningsverken kommer från industri. Miljöministeriet i Baden-Württemberg (LFU 1998) insamlade data från över 1000 reningsverk. Genomsnittlig el-energiförbrukning var här 41,5 kWh/pe,år. I figur 3-1 återges resultaten fördelade på anläggningsstorlek. Det framgår tydligt att stora verk i genomsnitt är väsentligt energieffektivare än mindre. Ett liknande samband fann Balmér och Mattson (1993) vid svenska verk.



Figur 3-1 El-energiförbrukning i kWh per pe och år för reningsverk i Baden-Württemberg för verk från 200–>500 000 pe.



Figur 3-2 El-energiförbrukning vid österrikiska reningsverk uttryckt som kWh per pe och år. De lodräta linjerna anger lägsta värde, undre kvartil, median, övre kvartil och högsta värde. Figuren återgiven med tillstånd av ÖWAV.

Müller et. al. (1994) rapporterar för Schweiz genomsnittliga el-förbrukningar på 225 Wh/m³ avloppsvatten för anläggningar under 10 000 pe och 160 Wh/m³ för anläggningar över 10 000 pe. Enligt Müller är tillrinningen i genomsnitt 300 l avloppsvatten per person och dygn och då motsvarar detta 25 respektive 18 kWh/p,år. Siffrorna är förvånansvärt låga speciellt som det vid de mindre verken knappast kan finnas någon nämnvärd egenproduktion av el.

Energiförbrukningen för de anläggningar som deltar i benchmarking i Österrike återges i figur 3-2. De österrikiska data har gått genom en kvalitetssäkringsprocess och borde vara tämligen tillförlitliga.

3.2 Energiförbrukning i olika anläggningsdelar

I Baden-Württemberg (LfU 1998) undersöktes energiförbrukningen i detalj vid ett antal anläggningar däribland tre aktivtislamanläggningar. Müller har också angivit energiförbrukning för olika anläggningsdelar för en modellanläggning på 20 000 pe. I undersökningarna i Nordrhein-Westfalen (Kjellén & Andersson 2002) redovisas detaljstudier från tre anläggningar. Uppgifter från dessa undersökningar är sammanställda i tabell 3-1. VSA (2008) läm-

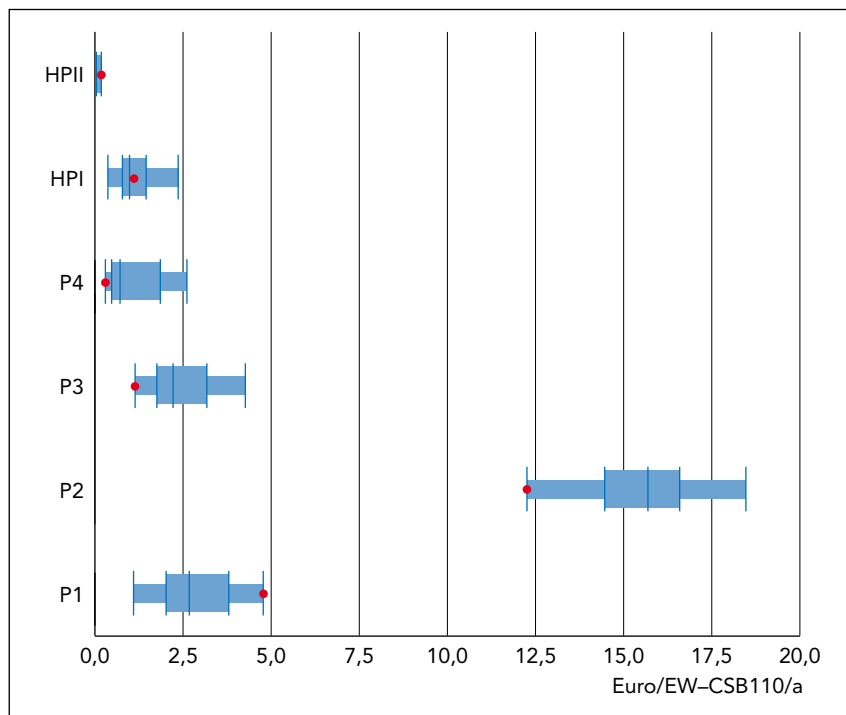
Tabell 3-1 Uppmätta energiförbrukningar vid tre anläggningar i Baden-Württemberg och tre anläggningar i Nordrhein-Westfalen samt beräknad energiförbrukning för en schweizisk modellanläggning. Alla data i kWh/pe,år där inget annat är angivet.

Anläggningsdel	B-W			NRW	NRW	NRW	Modellanläggning
	anl.1 >10 000pe	anl. 2 >10 000 pe	anl. 3 >10 000 pe	Wermse- kirschen 12 700 pe	Plettenberg 14 000 pe	Köln-Roden- kirschen 66 000 pe	Schweiz 20 000 pe
Galler	0,24	0,03	0,15	0,4	0,1	0,7	0,05–0,15
Sandfång	1,2	0,51	0,12	2,0	0,7	1,7	0,6–1,9
Försedimen- tering	0,2	0,06	0,31	–	0,2	0,5	0,2
Luftning	11	31	6,4	20,4	13,1	16,2	16–22
Denitrifikation omrörning	1,5	1,9	–	3,3	4,5	4,0	
Internrecirk.	3,3	–	–	1,2	0,5	1,1	0,26–0,36
Returslam	6,1	5,6	1,9	3,4	1,3	1,3	0,7–1,4
Pumpning över- skottsslam	0,15	–	0,28				0,02–0,04
Eftersedimen- tering	3,4	1,1	0,23	1,1	–	–	0,2
P-fällning	0,25	–	0,06	0,1	0,1	–	0,03–0,05
Filtrering inkl lyftpump				3,6	2,8	2,8	
Slamsil							0,05–0,09
Mek förtjockn.	1,3	0,05*	0,41*	3,6	–	2,8	1,1–3,7
Rötning	1,1	7,4	3,0	–	1,9	3,3	1,3–1,8
Slamavvattning	–	1,0	0,91	–	1,4	1,2	1,0–1,8
Frånluftsbeh				–	–	0,7	
Driftsvatten	0,59	0,54	0,31	0,4	–	–	0,25–0,5 kWh/m ³
Driftsbyggnad och verkstad				–	2,0	1,1	
Övrigt	6,5	1,5	0,31	8,6	6,2	0,0	

*Gravitationsförtjockare. Även om alla anläggningarna är av typ aktivtislam med nitrifikation och denitrifikation skiljer utformningen varför siffrorna i tabellen bör ses som en indikation på ungefärlig el-förbrukning.

nar också detaljerade data för förbrukning i olika anläggningsdelar för en energimässigt optimerad anläggning.

Data i tabell 3-1 kan jämföras med data från den österrikiska benchmarkingen, figur 3-3, där data finns för reningsverkets huvuddelar. Det är den biologiska behandlingen (inklusive försedimentering) som är dominerande med två tredjedelar av energiförbrukningen.



P1 är förbehandling (galler, silar, sandfång)
P2 är försedimentering och biologisk behandling
P3 är förtjockning och stabilisering,
P4 är avvattning och annan vidaregående slambehandling
HP1 är lab, förvaltning och driftsbyggnad
HP2 är verkstäder och fordonspark

Figur 3-3 El-energiförbrukning i kWh per pe och år för österrikiska reningsverk med mer än 100 000 pe anslutna fördelat på delprocesser. De lodräta linjerna anger lägsta värde, undre kvartil, median, övre kvartil och högsta värde. Den röda punkten anger riktvärdet för respektive process. Återgivet med tillstånd från ÖWAV.

Det förefaller som om genomsnittliga elförbrukningen vid svenska reningsverk är större än den vid reningsverk på kontinenten. Likaså om man jämför elförbrukningen vid fem stora svenska reningsverk med den som rapporteras för österrikiska verk av samma storleksklass så förefaller förbrukningen av el-energi vara högre vid de svenska verken. Notera att i Österrike räknar man med att 1 pe = 110 g COD/p,d medan motsvarande tal i Tyskland är 120 g COD/p,d. Detta gör att energiförbrukningen blir 9 % lägre när belastningen beräknas på det österrikiska sättet.

3.3 Rikt- och målvärden för energiförbrukning

Haberkern et. al. (2008) diskuterar mål för energieffektivitet och pekar på olika möjligheter att sätta mål. En beräknad energiförbrukning för en modelanläggning enligt Müller kan vara en möjlighet. En annan möjlighet är att utgår från fördelningen av energiförbrukning i befintliga reningsverk t.ex. att sätta medianvärdet som "toleransvärde" och 20-percentilen som målvärde.

En tredje möjlighet är ”best practise” – att utse verket med lägst energiförbrukning per pe som mål. Därtill kan man sätta mål för olika delprocesser t.ex. syreöverföring per kWh vid luftning, verkningsgrad för pumpanläggningar etc.

Haberkern et. al. (2008) diskuterar även utförligt vilka mått som skall användas för att mäta energieffektiviteten vid reningsverk. Haberkern föreslår följande mått:

- Total el-energiförbrukning, kWh per pe och år
- Egenförsörjningsgrad med el-energi, %
- Extern värmeleverans, kWh per pe och år
- Biogasproduktion, liter biogas per pe och år

För delprocesser föreslår Haberkern att mål sätts för:

- El-energiförbrukning för luftning, kWh per pe och år
- Energiförbrukning för pumpar, Wh per m³ och m lyfthöjd
- Omrörning, t.ex. av röt-kammare, kWh per 1 000 m³ och år

De målnivåer Haberkern föreslår är återgivna i tabell 3-2 tillsammans med mål och riktvärden som föreslagits i Nordrhein-Westfalen.

Tabell 3-2 Riktvärden och målvärden för energiförbrukning och energiproduktion vid avloppsreningsverk med kväveavskiljning.

	Nordrhein-Westfalen						Haberkern			VSA Målvärde
	Målvärde	Riktvärde	Målvärde	Riktvärde	Målvärde	Riktvärde	Målvärde	Riktvärde ³		
Storlek pe tusental	5-10	5-10	10-30	10-30	30-100	30-100	5->100	5-10	10->100	100
El-energi hela verket. kWh/pe,år	39	30	34	26	30	23	18	35	30	22,2
El-energi luftn. ¹ kWh/pe,år	29	22	25	19	23	18	10	18	16	13,7
Biogasenergi ² kWh/pe,år	450	475	450	475	450	475	68	-	45	
Egenförsörjningsgrad el. %	37	50	50	67	58	78	100	-	60	
Pumpanläggningar Wh/m ³ ,m							4,0	-	6,0	4,6
Tillägg för filtrering kWh/pe,år	2	3	2	3	2	3	2,0		4,0	3,1

¹ NRW-värdena inkluderar omrörning och interrecirkulation.

² Beräknat med antagande av 6,2 kWh/m³ biogas. NRW-värdena är angivna som liter biogas per kg tillfört organiskt TS.

³ Haberkern använder termen toleransvärde.

3.4 Besparingsmöjligheter

Det finns många möjligheter till besparing av energi vid reningsverk och Kjellén och Andersson (2002) och Olsson (2008) diskuterar de möjligheter som finns. Det finns också ett flertal publikationer från andra länder, speciellt VSA (2008), som diskuterar detta. Det är stora likheter mellan dessa publikationer, det som främst skiljer de utländska publikationerna från de svenska är att det i de utländska läggs stor vikt vid att öka el-energiproduktionen vid reningsverken genom användning gasmotorer. Gasmotoran-

vändningen har kommit något i skymundan i Sverige eftersom produktion av fordonsgas från biogas prioriterats.

Lingsten och Lundkvist (2008) uppskattar potentialen för minskning av el-energiförbrukningen vid svenska avloppsreningsverk till ca 13 %, därtill finns möjligheter till energibesparing genom förbättringar i kemikalieanvändning och ökad biogasproduktion. Haberkern et. al. (2008) anger den teoretiska besparingsmöjligheten i Tyskland till ca 45 % och det från en per capitaförbrukning som är avsevärt lägre än den svenska. Heberkern et. al. för en ingående diskussion om besparingspotentialen och de faktorer, som gör att den teoretiskt möjliga besparingen inte kan nås i praktiken. Haberkern et. al. konkluderar med att den praktiskt möjliga besparingen i el-energiförbrukning borde vara 10–20 %.

Müller et. al. (2006) redogör för omfattande energisparkampanjer vid reningsverk i Schweiz och i Nordrhein-Westfalen. I Schweiz har det gjorts energianalyser vid ett stort antal reningsverk. I genomsnitt har man vid dessa anläggningar genom åtgärder kunnat sänka el-energiförbrukningen med 38 %. Två tredjedelar av besparingen har uppnåtts genom ökad egen elproduktion och en tredjedel genom minskad förbrukning. Detaljanalys av 37 anläggningar i Nordrhein-Westfalen visade på en potential på 40–50 % besparing varav 10–20 % kunde uppnås med enkla åtgärder. Omfattande energianalyser har också genomförts i Österrike (Agis och Kroiss 2002).

Med tanke på att energiförbrukningen vid reningsverk i Sverige ligger klart högre i Sverige än den i Schweiz, Tyskland och Österrike och med tanke på den potential och verkliga besparingar som redovisats ovan så är måhända den besparingsmöjlighet som Lingsten och Lundkvist (2008) uppskattat för svenska reningsverk något i underkant.

Referenser

- Agis H.A. & Kroiss H. (2002). Energieoptimierung von Kläranlagen. Detiluntersuchung von 21 Anlagen. Bundesministerium von Land- und Forstwirtschaft Umwelt un Wasserwirtschaft.
- ATT et. al. (2008). Profile of the German Water Industry. Wvgv Wirtschafts- und verlagsgesellschaft. Gas und Wasser mbH, Bonn.
- Balmér P. (1998). Benchmarking of Wastewater Treatment Costs. Proc of the int. conf. European Water Policy. Editrice Compositore, Bologna 1998, pp 167–174. ISBN 88-77163-4.
- Balmér P. (2000). Operating costs and consumption of resources at Nordic nutrient removal plants. Wat. Sci. Tech. 41:6 (2000) pp 273–279.
- Balmér P. & Mattson B. (1993). Kostnader för drift av reningsverk. VA-Forsk Rapport nr 1993-15 ISBN 91-88392-66-X, ISSN 1102–5638.
- Berg S.V. (2010). Water Utility benchmarking – measurement, methodologies and performance incentives. IWA Publishing, ISBN 9781843392729.
- Bäumer A. (2006). Erfahrungen aus internationalen Kennzahlen- vergleichen – DACH+NL-Koordination und Standardisierung. VSA/FES-Tagung am 24. November 2006 in Zürich. http://www.vsa.ch/uploads/media/570_03_Baeumer.pdf.
- DWA (2008). Benchmarking in der Wasserversorgung und Abwasserbe- seitigung. Merkblatt DWA-M 1100. ISBN 978-3-940173-50-8.
- EWA (2009). International workshop – “European Wastewater Benchmarking. Reporting – Discussion of current activities and chances of cross-national comparison”, Hennef, Germany, 4th June 2009. <http://www.ewaonline.de/portale/ewa/ewa.nsf/home?readform&objectid=F0650B04B40CDC9DC12576160023FE8B>.
- Haberkorn B., Meier W. & Schneider U. (2008). Steigerung der Energi- effizienz auf kommunalen Kläranlagen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Texte 1108. ISSN 1862–4804.
- Kjellén B.J.& Andersson A-C (2002). Energihandbok för avloppsrenings- verk. VA-Forsk rapport 2002-2. ISBN 91-89182-58-8.
- Johansson I. (2005). Benchmarking – vad är det – hur gör man? Presentation vid seminarium SAM–Benchmarking 2005-05-19. www.medadm.org/Material_Bench_Huddinge/Ingvar%20Johansson.pdf.
- Kläranlage Kloten/Opfikon (2007). Kläranlage- Benchmarking – Betrachtung 2005 Zusammenfassung des Schlussberichtes der ARA Kloten/Opfikon. http://www.klaeranlage.ch/documents/admis/2006968584/Benchmarking+06+Zusammenfassung+2006_200711294959.pdf.

- Lingsten A. & Lundkvist M. (2008). Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning. Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2008-01.
- LfU (1998). Stromverbrauch auf kommunalen Kläranlagen. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Handbuch Wasser 4 ISSN 0949-0272.
- Lindtner S., Kroiss H. & Nowak O (2004). Benchmarking of municipal waste water treatment plants (an Austrian project). *Wat. Sci. Tech.* 50, No 7, pp 265–271.
- Lindtner S., Schaar H. & Kroiss H. (2008). Benchmarking of large municipal waste water treatment plants > 100000 PE in Austria. *Wat. Sci. Tech.* 57, No 10, pp1487–1493.
- Lindtner S. (2009). Benchmarking; Grundlagen/Praxiserfahrungen. Ein Vortrag im Rahmen des 10. Erfahrungsaustausches der Betriebsleiter von direkt in den Bodensee einleitenden Kläranlagen in Romashorn am Mittwoch den 17.06.2009.
http://www.abwasserbenchmarking.at/upload/documents/cms/42/BM_Grundlagen_Praxiserfahrungen_20090617.pdf.
- Matos R., Cardoso A., Ashley R., Duarte P., Molinari A. & Schulz A. (2003). Performance indicators for wastewater services. IWA Publishing, London. ISBN 1 900222 90 6.
- Müller E. A., Thommen R. & Stähli P. (1994). Energie in ARA. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL Dokumentationsdienst, 3003 Bern, ISBN 3-90522-49-9.
- Müller A., Schmid F. & Kobel B. (2006). Aktion "Energie in Kläranlagen" Zehn Jahre Erfahrung in der Schweiz. *Korrespondenz Abwasser* 53, No 8, pp 793–797.
- Olsson G. (2008). Effektivare reningsverk. Några steg mot bättre energi- och resursutnyttjande. Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2008-19.
- Oosterom G.A. (2009). <http://www.ewaonline.de/portale/ewa/ewa.nsf/home?readform&objectid=4EC0DC573B329892C12576D50048211F>.
- Stahre P., Mellström G. & Adamsson J. (2007). Värdering av vatten- och avloppsledningsnät.. Svenskt Vatten Utveckling Rapport 2007-13.
- WERF (1997). Benchmarking Wastewater Operations – Collection Treatment and Biosolids Management.. Water Environment Research Foundation. Project 96-CTS-5. ISBN 1-57278-121-1.
- VSA (2006). Definition und Standardisierung von Kennzahlen für die Abwasserversorgung. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Zürich.
- VSA (2008). Energie in ARA. Leitfaden zur Energieoptimierung auf Abwasserreinigungsanlagen. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Zürich.

Personekvivalentbegreppet

Specifika föroreningsmängder

Beräkning av personekvivalenter sker från antaganden om specifika föroreningsmängder per person. Vanligen är tillförseln av organisk substans utgångspunkten eftersom denna påverkar energiförbrukning vid luftning, biogasproduktion vid rötning och mängden slam som skall omhändertas. Organisk substans kan mätas som biokemisk syreförbrukning (BOD), som kemisk syreförbrukning (COD) och även som totalt organiskt kol (TOC). I Sverige mäts BOD sedan mitten av 1960-talet som syreförbrukningen över 7 dygn, BOD_7 medan nästan alla andra länder fortfarande använder syreförbrukningen över 5 dygn, BOD_5 .

I Sverige används vanligen ett specifikt tal för BOD_7 på 70 g/p,d (det nationella medelvärdet enligt SCB är 67 g/p,d) medan man i de länder som använder BOD_5 vanligen använder ett specifikt tal på 60 g/p,d. Dessa tal är approximativt lika då relationen mellan BOD_7 och BOD_5 brukar ligga i området 1,15–1,20 förutsatt att ATU tillsätts som nitrifikationshämmare vid analysen.

Internationellt sker nu i stor utsträckning en övergång till att använda COD_{Cr} vid beräkning av pe-tal. Detta har flera fördelar; COD analysen är säkrare än BOD-analysen och COD ger möjlighet att upprätta materialbalanser. I Tyskland och Schweiz används ett specifikt COD värde på 120 g/p,d medan man i Österrike använder 110 g/p,d. Ett specifikt COD värde på 120 g/p,d innebär att relationen mellan COD och BOD_5 är 2,0. I Sverige finns inget allmänt accepterat specifikt tal för COD. Jönsson et. al. (2005) föreslår för hushållsspillvatten ett värde på 135 g/p,d. Jönsson et. al. föreslår ett BOD_7 - värde på 72,9 g/p,d vilket ger en COD/ BOD_7 relation på 1,85. Vid testomgången av SV:s benchmarkingsystem fann man en relation COD/ BOD_7 på 2,16–2,32. Ovanstående indikerar att det specifika COD-värdet vid svenska reningsverk är högre än det vid tyska verk. Detta kan behöva beaktas vid internationella jämförelser. Dock är detta något förvånande då BOD -värdena synes ligga på samma nivå.

Bedömningar av antal anslutna pe grundas ibland på tillförd mängd kväve. Motivet för detta är att kväve i spillvatten är direkt kopplat till den mänskliga utsöndringen och därför är ett bättre mått på antal anslutna. Kvävet står vid verk med nitrifikation också för ca hälften av syrebehovet vid reningen (vid COD analysen kommer inte kvävet syrebehov med). Kvävet i avloppsvattnet påverkar dock inte biogasproduktionen och ej heller den mängd slam som avskiljs vid reningsverket. Vid en konsumtion av 75 g protein per person och dygn utsöndras det 12 g kväve per dygn. Detta stämmer väl överens med data från Jönsson et. al. (2005) som anger 12,5 g N/p,d i urin och faeces. I gråvatten uppger Jönsson et. al. kväveinnehållet till 1,5 g N/d; tillsammans således 14 g/p,d. Detta stämmer väl överens med det nationella medelvärdet enligt SCB som just är 14,0 g N/p,d.

Beräkning av antalet personekvivalenter vid ett verk

Antalet anslutna personekvivalenter kan beräknas genom att dividera inkommande mängd till reningsverket av en komponent (BOD, COD eller kväve) med det specifika talet för komponenten. Kunskap om tillförd mängd kräver säkra analyser av inkommande vatten och säker mätning av ingående volymflöde. Vid mindre verk tas ett förhållandevis litet antal prov på inkommande vatten och flödesmätarnas kalibrering är vid många verk inte fullgod. Vid flertalet verk är också belastningen liten utöver den från hushåll och sanitärt avloppsvatten från skolor och arbetsplatser. Då kan beräkningen av antalet anslutna personekvivalenter ta utgångspunkt i antalet anslutna fysiska personer som sedan korrigeras för förhållandena i reningsverkets verksamhetsområde.

I ett verksamhetsområde finns det en ut- eller inpendling till arbetsplatser och skolor. Korrigering för pendling borde inte behöva göras om den inte är betydande, säg över 20 %. De som pendlar till arbete eller skolor tillbringar huvuddelen av tiden i hemmet och en del aktiviteter t.ex. tvätt sker antagligen enbart i hemmet. En ut- eller inpendlande person kan förslagsvis antas bidra med ca 75 % av belastningen från en heltidsboende. Huruvida in- och utpendling bör vara med vid beräkningen av antalet pe kan diskuteras men data om pendling bör samlas in då pendling kan vara en förklaringsfaktor. Industribelastning av betydelse mäts ofta. Denna belastning kan överföras till personekvivalenter genom att dividera uppmätt belastning i $BOD_7/\text{år}$ med det specifika belastningstalet 25,5 kg $BOD_7/p,\text{år}$ (motsvarande 70 g $BOD_7/p,d$). (Det vore troligen bättre att använda COD-belastning men tillgången på BOD data är i allmänhet bättre.)

Vid många reningsverk sker tillförsel av slam från trekammarbrunnar och från slutna tankar. Ofta tillförs också slam från mindre reningsverk till större verk. Vid verk med rötning tillförs ibland fettslam och annat nedbrytbart material direkt till röt-kammaren i syfte att öka biogasproduktionen. En komplicerande faktor är att externt tillfört material då kan belasta vattenbehandling och slambehandling i olika grad.

Vid tillförsel av slam från trekammarbrunnar kan man förslagsvis anta att varje person som bidrar med slam motsvarar $\frac{1}{2}$ personekvivalent på såväl vatten som slambehandling. Samma kan gälla för personer levererar avloppsvatten från slutna tankar. Bidraget per person från trekammarbrunnar respektive slutna tankar kan skilja, skillnaderna är troligen små relativt andra osäkerheter varför det knappast är motiverat att skilja på personer som levererar trekammarbrunnsslam och de som levererar avloppsvatten från slutna tankar. Slam som levereras från reningsverk går troligen i de flesta fall direkt till slambehandlingen och belastar inte reningsverksdelen mer än indirekt via rejektvatten. Samma sak gäller organiskt material som tillförs röt-kammaren direkt.

Bilaga 2

Mer att läsa

ATV (1998). Personalbedarf für den Betrieb kommunaler Kläranlagen. Merkblatt ATV-M271. ISBN 3-927729-52-3.

Balmér P. & Mattsson B. (1994). Wastewater Treatment Plant Operation Costs. *Wat.Sci.Tech.* 30 no 4 (1994) pp 7–15.

Müller A. & Kobel B. (2004). Energetische bestandsaufnahme an Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen mit 30 Millionen Einwohnerwerten. Energie-Benchmarking und Sparpotentiale. *Korrespondenz Abwasser* 51, No 6, pp 625–631.

Nowak O. (2003). Benchmarks for the energy demand of nutrient removal plants. *Wat.Sci.Tech.* 47, No12, pp 125–132.

Schulz A., Obenaus F., Egerland B. & Reicherter E. (2003). Elimination costs for different wastewater compounds. *Wat.Sci.Tech* 47, No 2, pp 119–124.

von Seidlitz A.E. & Londong J. (2001). Modern management instruments-control of a water resources management association by means of an agreement on targets (Balanced scorecard). *Wat.Sci.Tech* 44, No2-3, pp 119–126.

Stemplewski J., Schulz A. & Schön J. (2001). Benchmarking – an approach to efficiency enhancement in planning, construction and operation of wastewater treatment plants. *Wat. Sci. Tech* 44, No 2–3, pp 111–117.

Stemplewski J (2005). Zehn Jahre Benchmarking. *Korrespondenz Abwasser* 52 No 12, pp 1364–1367.



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se