

VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering

Rapport 3: VA-verkens energianvändning 2008



Svenskt Vatten

Förord

Detta är en rapport från Svenskt Vattens energieffektiviseringsprojekt: ”VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering”.

Energiprojektet (etapp 3) har handlagts av en projektorganisation enligt nedan:

Projektledare: Anders Lingsten

Arbetande ordförande i styrgruppen: Daniel Hellström

Styrgrupp:

- Jan Magnusson, STEM
- Roger Bergström, sakkunnig
- Daniel Hellström, Svenskt Vatten
- Rune Simonsson (Henrik Held t.o.m. 2009) VARIM

Referensgrupp:

Svenskt Vattens Utvecklingskommitté

Rapporten har tagits fram med undertecknad som huvudförfattare. Mats Lundkvist, Sweco Environment har skrivit avsnitten om avloppsrening, Daniel Hellström och Peter Balmér avsnitten om biogas.

En förutsättning för denna rapport är att Svenskt Vattens medlemmar anser att projektet är så angeläget så att man tar den tid som krävs för att redovisa sin nuvarande energianvändning. Detta har gjorts av 71 kommuner och 5 regionala VA-organisationer. Vi är mycket tacksamma för detta arbete som medfört att vi i undersökningen täckt in c:a 60% av VA-branschen.

Denna rapport är den andra kartläggningen av VA-branschens energianvändning. Rapporten är en uppföljning av den inventering som gjordes för 2005.

Energiprojektet har rönt ett mycket stort intresse och redovisats på ett antal möten och seminarier där branschens företrädare deltagit. Intresse har även visats av aktörer utanför branschen och från flera organisationer utomlands.

Sundbyberg i mars 2011

Anders Lingsten

Innehållsförteckning

	Sida
Sammanfattning	5
Summary	6
1. Bakgrund	7
2. Metodik	7
3. Resultat	11
3.1 Vattenförsörjning	11
3.1.1 Vattenverk	11
3.1.1.1 Fördelning av energianvändningen på olika delar	12
3.1.2 Vattenledningsnät	14
3.1.3 Vattenförsörjning totalt	15
3.2 Avloppshantering	15
3.2.1 Avloppsledningsnät	15
3.2.2 Avloppsrening	16
3.2.2.1 Elanvändning	17
3.2.2.2 Fördelning elanvändning	17
3.2.2.3 Gasproduktion och användning	18
3.2.2.4 Uppvärmning	18
3.2.2.5 Egen elproduktion	20
3.2.2.6 Kolkällor	20
3.2.2.7 Kalkning av slam	20
3.2.3 Biogas	21
3.2.3.1 Introduktion	21
3.2.3.2 Användning av biogas	21
3.2.4 Avloppshantering totalt	22
3.3 Totalt	22
4. Nyckeltal	24
4.1 Vattenförsörjning	24
4.1.1 Vattenverk	24
4.1.2 Vattenledningsnät	25
4.1.3 Vattenförsörjning totalt för kommuner	25
4.2 Avloppshantering	26
4.2.1 Avloppsledningsnät	26
4.2.2 Avloppsrening	27
4.2.2.1 Elanvändning generellt	27
4.2.2.2 BOD-relaterad specifik elanvändning	28
4.2.2.3 Elanvändningens påverkan av koncentration	29
4.2.2.4 Kapacitetsutnyttjande	30
4.2.2.5 Elanvändningens påverkan av avskiljningsgrad	32
4.2.2.6 Relationen kvävekrav/elanvändning	33
4.2.3 Biogas	34
4.2.3.1 Gasproduktion	34
4.2.3.2 Elproduktion	37
4.2.3.3 Effekt av mottagning av externt organiskt material (EOM)	37
4.2.3.4 Nyttjande av röt-kammarvolym	38
4.3 Totalt	39

5.	Jämförelse av energianvändning 2005 och 2008	40
5.1	Allmänt	40
5.2	Vattenverk	40
5.3	Ledningsnät	45
5.3.1	Vattenledningsnät	46
5.3.2	Avloppsledningsnät	47
5.4	Avloppsreningsverk	48
6.	Slutsatser och diskussion	53
6.1	Allmänt	53
6.2	Avloppsreningsverk	53
6.2.1	Uppnådd effektivisering	53
6.2.1.1	Elanvändning	53
6.2.1.2	Gas	54
6.2.1.3	Växling mellan energislag	54
6.2.1.4	Övrig energi	55
6.3	Totalt	55
.	Bilagor	
Bilaga 1	Deltagande kommuner och organisationer	57
Bilaga 2	Biogas vid avloppsreningsverk 2008 och 2009 – produktion och användning av nyckeltal	58

Sammanfattning

Denna rapport är den andra kartläggningen av VA-branschens energianvändning. Rapporten redovisar energianvändningen hos de svenska VA-verken under 2008 och är en uppföljning av den inventering som gjordes för 2005 (SVU-rapport 2008-1). Nästa energikartläggning kommer att göras för 2011. Detta arbete ingår i Svenskt Vattens energieffektiviseringsprojekt som startade 2005 och skall pågå till 2012.

I rapporten redovisas resultatet av en undersökning som har utförts inom statistiksystemet VASS av deltagarna i Energieffektiviseringsprojektets etapp 3. Totalt har ett drygt 70-tal kommuner och regionala organisationer besvarat frågor inom hela VA-verksamheten, dvs. vattenverk, ledningsnät och avloppsreningsverk. Genom de svarande har c:a 60 % av VA-branschen täckts.

Rapporten redovisar resultatet av undersökningen på riksnivå, genom extrapolering, i kapitel 3. Här framgår även skillnader jämfört med undersökningen för 2005 (Energi 2005). Även produktionen av biogas och vad gasen används till redovisas. En del av detta resultat är hämtat från en särskild undersökning om biogas som gjorts av Svenskt Vatten (Biogas 2008).

Resultatet är att VA-branschen använder c:a 1,3 TWh el och c:a 0,3 TWh annan energi exklusive energi-innehållet i de kemikalier som används. Detta är en minskning med c:a 3 % jämfört med 2005. Om hänsyn tas till ökad ansluten befolkning, utökade reningskrav både på vattenverk och avloppsreningsverk samt att 2008 hade större årsnederbörd är 2005 är minskningen större.

I kapitel 4 beskrivs nyckeltal för de svarande VA-verken för VA-branschens alla olika delar. Nyckeltalen jämförs med de som togs fram i Energi 2005. Stora spridningar i nyckeltalen kan konstateras mellan de som har de bästa och de sämsta. De verk som har bäst nyckeltal i undersökningen redovisas. Bland annat visas här att kostnaden för inköp av el i medeltal är 14 % av driftskostnaden eller 10 % av totalkostnaden för VA-verksamheten.

I kapitel 5 görs en jämförelse bland de respondenter som deltagit både i Energi 2005 och Energi 2008. Även denna jämförelse, som har låg felmarginal eftersom det är samma verk som jämförs, visar en minskning av energianvändningen. Detta är ju av stor vikt att kunna konstatera eftersom detta är det viktigaste målet i Energieffektiviseringsprojektet.

I det avslutande kapitlet diskuteras lite slutsatser av undersökningen med en del förklaringar till uppnått resultat.

I en särskild bilaga redovisas biogasproduktionen och dess användning samt en del nyckeltal detaljerat vilket är ett resultat av Biogas 2008. Biogasproduktionen vid svenska avloppsreningsverk uppgick till 644 GWh år 2008.

Summary

This report is the second mapping of the energy use of Swedish water- and wastewater utilities. The report records the energy use in 2008 and is a follow-up to the investigation carried out in 2005 (SVU-report 2008-1). Next energy mapping will be done in 2011. This survey is part of the Swedish Water energy efficiency project that started in 2005 and will last until 2012.

The report is the result of an investigation carried out within the internet based statistical system VASS of the participants in the Energy efficiency project stage 3. A total of just over 70 municipalities and regional organizations, responded to questions throughout the water and wastewater activities, i.e. water production, collecting systems and waste-water treatment plants. By the respondents was approximately 60 % of water and sewage industry covered.

The report presents the results of the investigation at the national level, by extrapolation, in Chapter 3. The result is compared with the survey for 2005 (Energy 2005). Production of biogas and what the gas are used to, is also mapped. Part of this result is taken from a specific study on biogas made of Swedish waters (Biogas 2008).

The result is that the water and wastewater industry uses approximately 1.3 TWh electricity and approx. 0.3 TWh in other energy sources, excluding energy content of the used chemicals. This is a reduction by approximately 3 % compared to 2005. If account is taken of more connected population, extended treatment requirements both at water treatment plants and sewage treatment plants and that 2008 had more rainfall than 2005, is the reduction higher.

Chapter 4 describes performance indicators for the responding water and wastewater utilities for all the different parts in the business. Indicators are compared with those that were developed in the Energy 2005. Large passages of indicators can be found between those who have the best and those who have the worst. The utilities which have the best indicators in the study are reported. Among others, shows that the cost of purchasing electricity in average is 14% of the operating cost or 10% of the total cost of water and wastewater activities.

Chapter 5 contains a comparison among the respondents who participated in both Energy 2005 and Energy 2008. Also this comparison that has a high probability, since it is the same works being compared, showing a reduction in energy consumption. This is very important to note because this is the most important goal in the Energy efficiency project.

In the concluding chapter discusses some of the conclusions of the study with some explanations for the achieved results.

In a separate annex accounted for biogas production and its use and some key figures in detail which results from Biogas 2008. Biogas production in Swedish sewage treatment plants amounted to 644 GWh in the year 2008.

1. Bakgrund

Kostnaden för energi har stigit kraftigt inom vatten- och avloppsförsörjningen. Detta tillsammans med den pågående diskussionen om klimatförändring, medför att energifrågorna får ett allt större utrymme inom branschen. Från ett nationellt perspektiv är energieffektivisering mycket aktuellt och stora ansträngningar görs från ansvariga myndigheter för att minska landets energianvändning.

Med stöd av Energimyndigheten bedriver Svenskt Vatten sedan 2005, projektet ”VA-verkens bidrag till Sveriges energieffektivisering”. Projektets syfte är att genom frivilligt deltagande av Svenskt Vattens medlemmar:

- Minska användningen av högvärdig energi
- Öka produktionen av biogas
- Använda mer gas till fordonsbränsle, elgenerering och uppvärmning
- Utvinna mer energi ur spillvärme
- Minska utsläppen av koldioxid
- Öka energimedvetandet inom VA-branschen

Projektet är uppdelat i tre etapper:

- Etapp 1 omfattar en nulägeskartläggning (avslutad)
- Etapp 2 innebär att genom faktiska åtgärder uppfylla ovan angivna mål (avslutad)
- Etapp 3 innebär en fortsättning av etapp 2 och en kartläggning av energianvändningen för 2008 och 2011 (pågår)

Energimyndigheten har hela tiden stött projektet med statliga medel på c:a 25 % av kostnaderna. I etapp 2 och 3 har huvuddelen av pengarna använts till investeringsbidrag till de svenska VA-verkens energibesparande investeringar.

Projektet (etapp 3) har handlagts av en projektorganisation enligt nedan:

Projektledare: Anders Lingsten

Arbetande ordförande i styrgruppen: Daniel Hellström

Styrgrupp:

- Jan Magnusson, STEM
- Roger Bergström, sakkunnig
- Daniel Hellström, Svenskt Vatten
- Rune Simonsson (Henrik Held t.o.m. 2009) VARIM

Referensgrupp:

Svenskt Vattens Utvecklingskommitté

2. Metodik

En inbjudan om att delta i projektets etapp 3 sändes ut till samtliga medlemmar i Svenskt Vatten, vilket är samtliga 290 kommuner och ett tiotal regionala organisationer, i oktober 2008. Inbjudan resulterade i att 79 kommuner och 5 regionala organisationer anmälde sitt intresse av att delta vilket medför att c:a 60 % av VA-branschen täcks in. Detta var betydligt fler än under etapp 1 då c:a 40 % av branschen deltog i karteringen av energianvändningen. Ett deltagande i energiprojektet medför att man får full tillgång till alla aktiviteter i projektet, man får förtur till investeringsbidrag och man förbinder sig att

redovisa sin energianvändning för 2008. Denna förbindelse har medfört att 8 kommuner har hoppat av projektet eftersom de inte kunnat redovisa sin energianvändning på grund av resursbrist.

Karteringen av de deltagande VA-verkens energianvändning uppdelades i 4 delar:

- vattenverk
- vattenledningsnät
- avloppsledningsnät
- avloppsreningsverk

För varje delområde konstruerades ett antal relevanta frågor som deltagarna skulle besvara. Frågorna framgår av bil. 1. Frågorna är identiska när det gäller de tre första delarna jämfört med undersökningen 2005 (Energi 2005). För avloppsreningsverk har en del frågor omformulerats och andra har tillkommit utifrån erfarenheterna av Energi 2005. För de större verken har en del parametrar bytts mot andra och mer intressanta. Detta gör att fler slutsatser kan dras och att vi får ett bra utgångsläge för jämförelse med den kommande undersökningen 2011 (Energi 2011).

En stor skillnad mot Energi 2005 är att i undersökning 2008 (Energi 2008) skall ett svar ges för varje vattenverk och avloppsreningsverk. För de mindre verken (< 2000 pe) rapporteras endast ett litet antal värden. I Energi 2005 samlades alla verk dimensionerade för mindre än 2000 personer i ett svar.

En omfattande rimlighetskontroll av indata har gjorts före bearbetning särskilt omfattande blev denna för data för avloppsrening. En hel del värden fastnade i rimlighetskontrollen och åtgärder har vidtagits för att säkra indatakvaliteten. Ett flertal rapportörer har rättat sina uppgifter och en del avloppsreningsverk har exkluderats ur undersökningen. Genom att basmaterialet är omfattande har den sammantagna kvaliteten kunnat upprätthållas på en hög nivå även om några procent av det insamlade materialet inte använts i beräkningarna. Ca 60 % av branschen, beräknat på antal anslutna personer, ligger nu till grund för beräkningar och i denna rapport presenterade slutsatser. En faktor som kan ge en missvisning är att större verk är överrepresenterade i undersökningen. Signifikant för avloppssektorn är att den både använder och levererar energi av ett flertal olika slag. En analys av energihushållningen blir därför komplex.

Insamlingen skedde i Svenskt Vattens web-baserade statistiksystem VASS. Frågorna för vatten- och avloppsledningsnät avser hela kommunen eller den regionala organisationen medan frågorna för vatten- och avloppsreningsverk avser specifika verk.

För biogasavsnittet är de resultat som presenteras baserade på bearbetningar av data insamlade i VASS undersökningen för Biogas 2008. Data i Biogas-VASS har kompletterats genom sökning i miljörapporter som funnits på Internet och genom direkt kontakt med avloppsreningsverken. För ett 20-tal verk som inte lämnat uppgifter om biogasproduktion har uppgifter kunnat hämtas från Energi 2008. En beskrivning hur data kompletterats och bearbetats finns i bilaga 2.

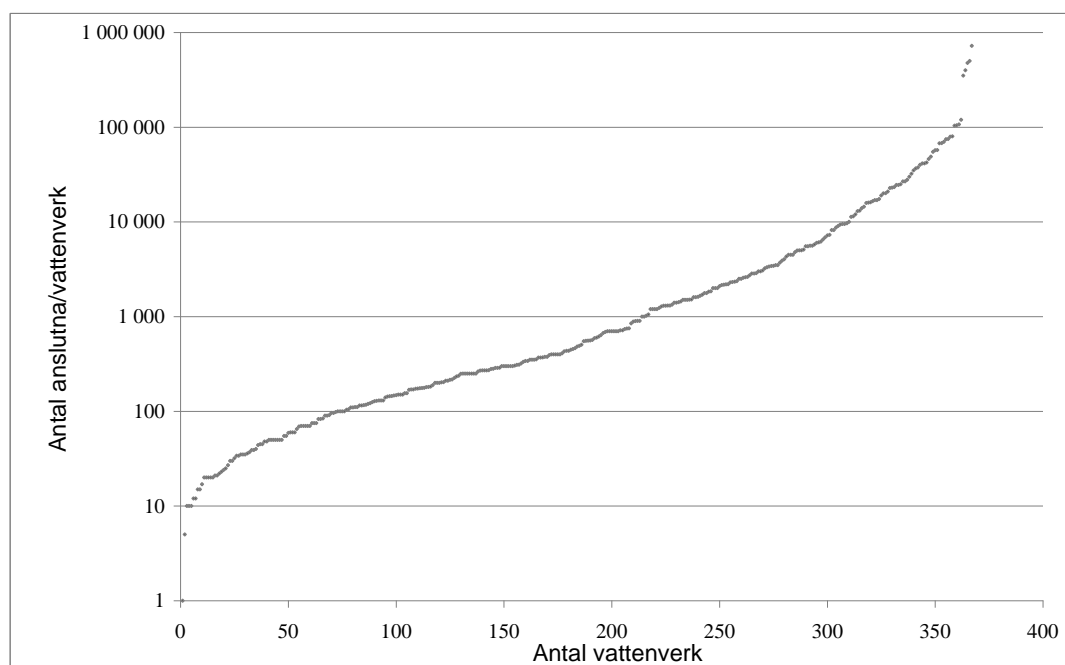
Undersökningsmaterialet omfattar därför följande antal svarande (deltagande organisationer visas i bilaga 1). Siffrorna inom parentes visar antalet i Energi 2005 (detta uttrycksätt kommer att genomgående användas i rapporten):

Tabell 2-1. Deltagande kommuner och verk (antalet 2005 inom parentes)

	Vattenverk	Vattenledningsnät	Avloppsledningsnät	Avloppsreningsverk
Kommuner och reg.org	68 (39)	71 (41)	71 (40)	72 (42)
Verk	369 (203)	-	-	407 (256)

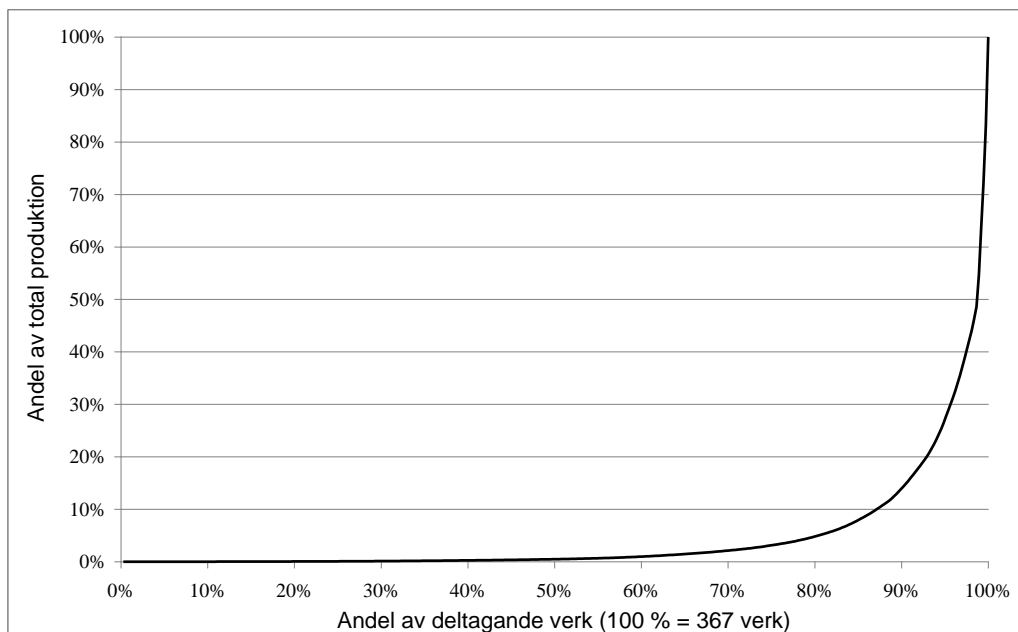
Deltagarna representerar allt från de största kommunerna till riktigt små kommuner sett till befolkning. Geografiskt är det en bra spridning. Materialet omfattar ca 60 % av VA-branschen (siffran varierar något för de olika undersökningarna).

De flesta vattenverk som lämnat svar till Energi 2008 är små, exempelvis har 58 % av vattenverken (213 av 367) färre än 1000 personer anslutna och 84 % av vattenverken (309 av 367) färre än 10 000 personer anslutna. Sett till riket är dock andelen små vattenverk ännu större, det vill säga större vattenverk är överrepresenterade i Energi 2008.



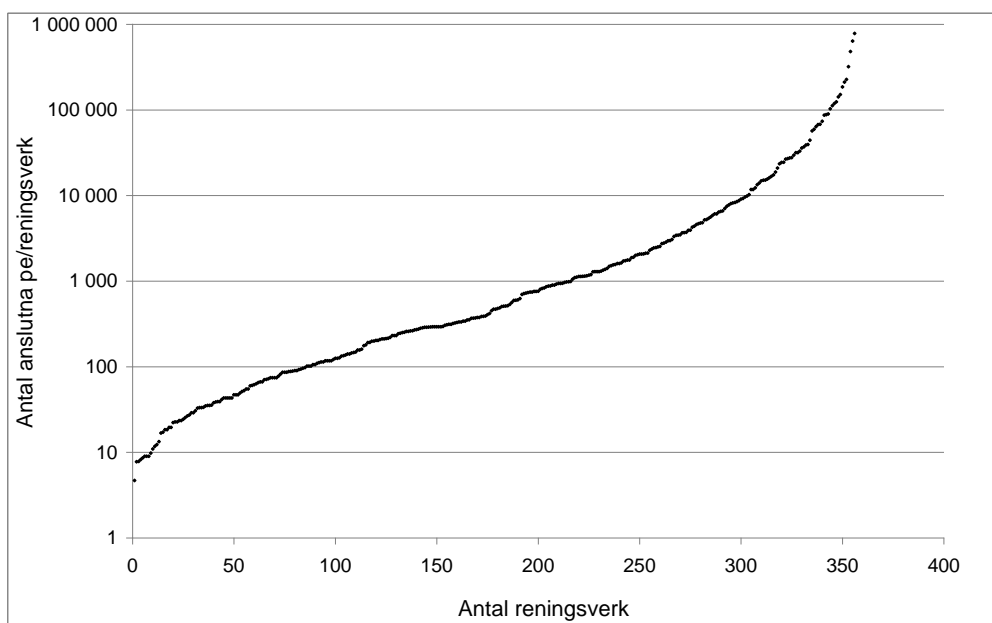
Figur 2-1. Storleksfördelningen av de vattenverk som deltagit i Energi 2008

Även om de stora vattenverken är relativt få till antalet står de för en mycket stor andel av den totala produktionen. Exempelvis står 13 % (48 verk) för 90 % av den totala produktionen och drygt 7 % av vattenverken står för 80 % av den totala produktionen.



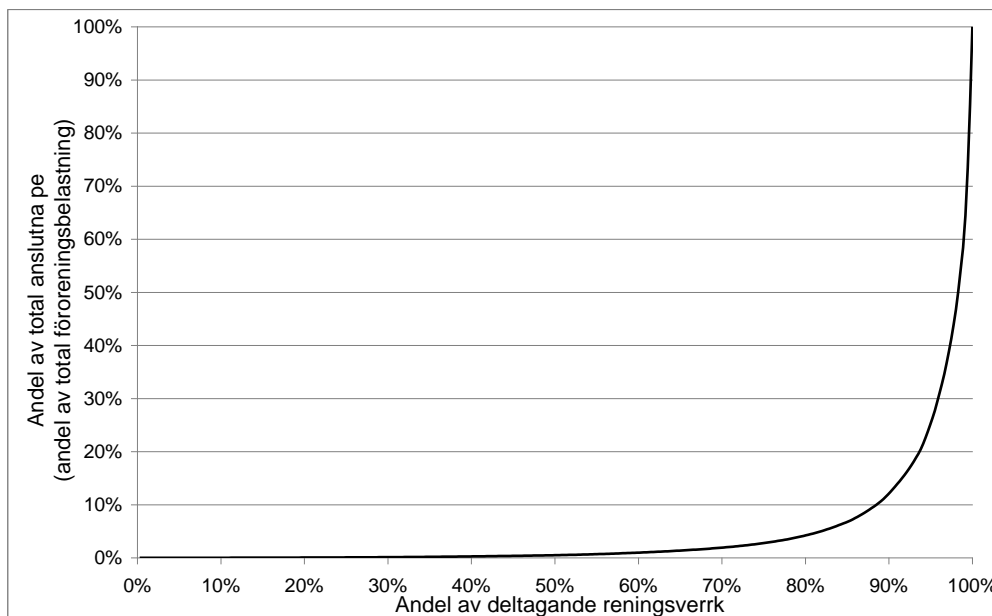
Figur 2-2. Fördelning av vattenproduktionen på deltagande vattenverk i Energi 2008

De flesta avloppsreningsverk som lämnat svar till Energi 2008 är små, exempelvis har 61 % av reningsverken (216 av 356) färre än 1000 pe anslutna och 85 % av reningsverken (303 av 356) har färre än 10 000 pe anslutna. Sett till riket är dock andelen små reningsverk ännu större, det vill säga större reningsverk är överrepresenterade i Energi 2008.



Figur 2-3. Storleksfördelningen av de avloppsreningsverk som deltagit i Energi 2008

Även om de stora avloppsreningsverken är relativt få till antalet står de för en mycket stor andel av behandlad mängd. Exempelvis står 11,5 % av reningsverken för 90 % av behandlad BOD-mängd och 6,5 % av reningsverken svarar för 80 % av behandlad avloppsmängd.



Figur 2-4. Fördelning av avloppsreningen på deltagande avloppsreningsverk i Energi 2008

I VASS driftundersökning för år 2008 (i fortsättningen benämnd ”Drift 2008”) finns frågor på energi-användning för olika delar av VA-verksamheten. Drift 2008 täcker in ca 88 % av antalet anslutna till kommunalt VA. Resultat från Drift 2008 har därför använts där så är möjligt. Extrapolering baserat på Energi 2008 baserat på befolkning i kommunerna och totalt i landet visar god samstämmighet med extrapolering utgående från Drift 2008.

Eftersom extrapolering gjorts på två oberoende källor anser vi att resultatet är relativt säkert. Naturligtvis finns det en felmarginal beroende på extrapolering och framförallt felaktiga indata. Tyvärr finns det många inrapporterade data som är orimliga. Framförallt på frågorna för avloppsreningsverken har mycket tid lagts på kvalitetssäkring av uppgifterna men alla data har av kostnadsskäl inte kontrollerats. Osäkra uppgifter som inte kunnat verifieras har exkluderats från Energi 2008.

Vi bedömer felmarginalen till ca 10 %.

3. Resultat

3.1 Vattenförsörjning

3.1.1 Vattenverk

68 (39 st. år 2005) av kommunerna har svarat helt eller delvis på de 14 frågor som utgjorde undersökningen för vattenverk. Energi 2008 var upplagd så att ett svar per vattenverk skulle ges, till skillnad mot Energi 2005 då alla vattenverk som försörjer mindre än 2 000 personer sammanslogs till ett svar. Dessutom finns svar från Kommunalförbundet Norrvatten som levererar dricksvatten i norra Stor-Stockholm och från Sydsvatten som levererar dricksvatten i Skåne. I Energi 2008 finns därför ett material som består av 68 svar som täcker in 369 (203) vattenverk.

Totala energiåtgången för vattenverken i Energi 2008 framgår av tabell 3-1:

Tabell 3-1. Energianvändning för deltagande vattenverk

	Antal anslutna personer	Producerad vattenmängd (10 ⁶ m ³)	Elanvändning (GWh)	Annan energiförbrukning (GWh)	Total energianvändning (GWh)
369 (203) vattenverk	4 901 900 (3 274 100)	484,6 (370,4)	206,4 (158,0)	7,6 (7,8)	214,0 (165,8)

Om ovanstående siffror används och extrapoleras på landets folkmängd 1 nov. 2008 jämfört med folkmängden i de redovisade kommunerna så fås värden enligt tabell 3-2. (Antal anslutna personer och antal vattenverk är tagna från driftstatistiken 2008). I Drift 2008 finns en fråga på total elanvändning för både vattenverk och vattenledningsnät. Detta värde blir 525 (519) GWh extrapolerad på folkmängden på samma sätt som ovan.

Energi 2008 ger totalt 499,5 (484,5) GWh, dvs. en skillnad på 5,1 (9,6) %. Eftersom driftstatistiken består av 209 svarande kommuner måste den anses säkrare. I tabell 3-2 har på rad 2, värdena därför uppräknats med 5,1%.

Tabell 3-2. Energianvändning för landets allmänna vattenverk 2008

	Antal anslutna personer	Producerad vattenmängd (10 ⁶ m ³)	Elanvändning (GWh)	Annan energianvändning (GWh)	Total energianvändning (GWh)
Energi 2008: underlag 1420 (1510) vattenverk	8 120 000 (7 920 000)	927 (896)	395 (382)	14,6 (18,7)	410 (401)
Drift 08 (energisiffror uppräknade med 5,1 %)	8 120 000	888,5 (827)	415 (397)	15 (19,5)	430 (417)

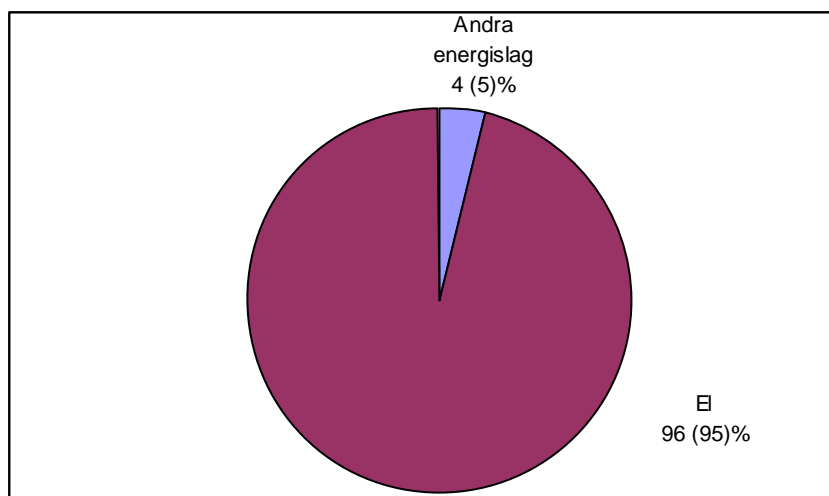
Med detta som grund den totala energianvändningen hos Sveriges vattenverk uppskattas till ca 430 (420) GWh varav ca 415 (400) GWh är elenergi. Naturligtvis finns en viss osäkerhet i ovanstående siffror beroende på extrapoleringen men eftersom materialet i Drift 2008 täcker in 88 % av Sveriges befolkning som är ansluten till kommunalt VA, bedöms underlaget vara relativt tillförlitligt.

3.1.1.1 Fördelning av energianvändningen på olika delar

Energianvändningen kan delas i olika delar med hjälp av de frågor som finns i undersökningen och som skulle besvaras av vattenverk > 2000 personer anslutna. Alla kommuner har inte svarat tillfredsställande på detta. Därför har endast de kommuner som har en trovärdig energibalans (dvs. summan av delarna skall vara ungefär lika med totalsumman), tagits med i materialet.

Tabell 3-3. Energianvändning för de vattenverk som har tillfredsställande energibalans i rapporterade data

	Antal anslutna personer	Producerad vattenmängd (Mm ³)	Elanvändning (GWh)	Annan energianvändning (GWh)	Total energianvändning (GWh)
38 vattenverk (från 24 kommuner)	2 527 000	258	109,7	3,3	113



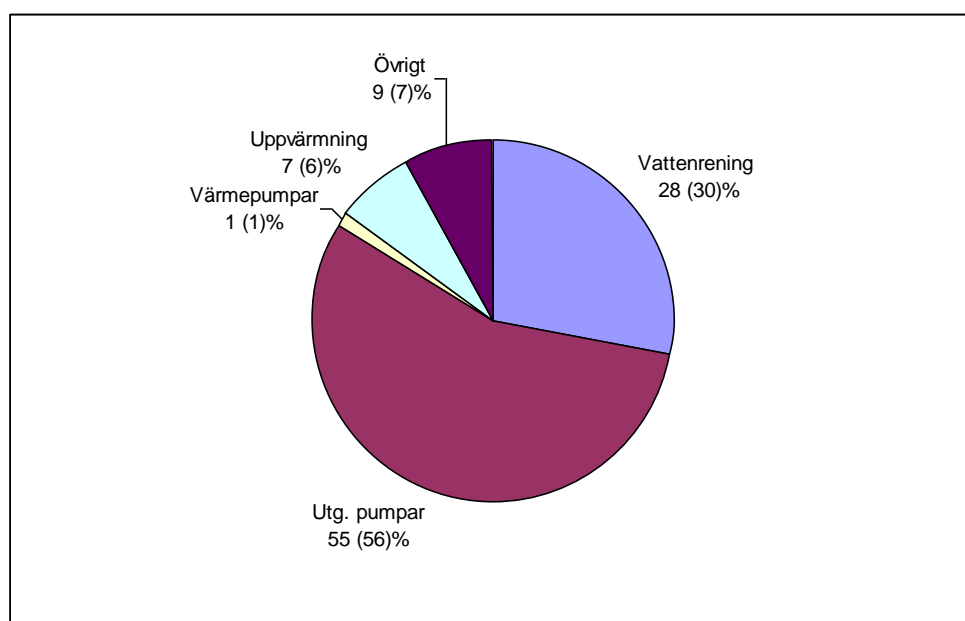
Figur 3-1. Använda energislag vattenverk. Den totala energianvändningen var 430 (420) GWh

I tabell 3-4 redovisas hur el använts på vattenverken:

Tabell 3-4. Elanvändning uppdelat på olika delar för vattenverk

GWh	Vatten- rening	Utgående pumpar	Drift av värmepum- par	Uppvärm- ning	Övrigt	Total ener- gianvänd- ning
38 vatten- verk	31,2 (29,9)	62,9 (55,1)	1,0 (0,6)	7,7 (6,4)	10,2 (7,2)	113 (99)

Den relativa fördelningen av elanvändningen uppdelat på olika behov visas i figur 3-2:



Figur 3-2. Elenergin uppdelad på olika ändamål. Den totala energianvändningen var 425 (400) GWh

Övriga resultat från Energi 2008 som är värt att notera:

- På de 369 vattenverk som är med i undersökningen finns totalt 39 värmepumpar. Dessa tar huvudsakligen värme ur råvatten eller dricksvatten men även några ur luft.
- Värmepumparna ger 3,8 GWh utgående energi med en ingående elenergi på 1,3 GWh dvs. med en värmefaktor på 2,9).
- På de 369 vattenverken är totalt installerad effekt för pumpning 54,4 MW.
- Av denna effekt är 27,8 MW installerade för konstantvarviga pumpar vilket utgör 51 %.
- Extrapolering på anslutna personer ger att ca 90 MW är installerad effekt på Sveriges kommunala vattenverk.

3.1.2 Vattenledningsnät

71 (41) kommuner har svarat på de 5 frågor som berör vattenledningsnätet.

Tabell 3-5. Elanvändning för vattenledningsnät för deltagande kommuner

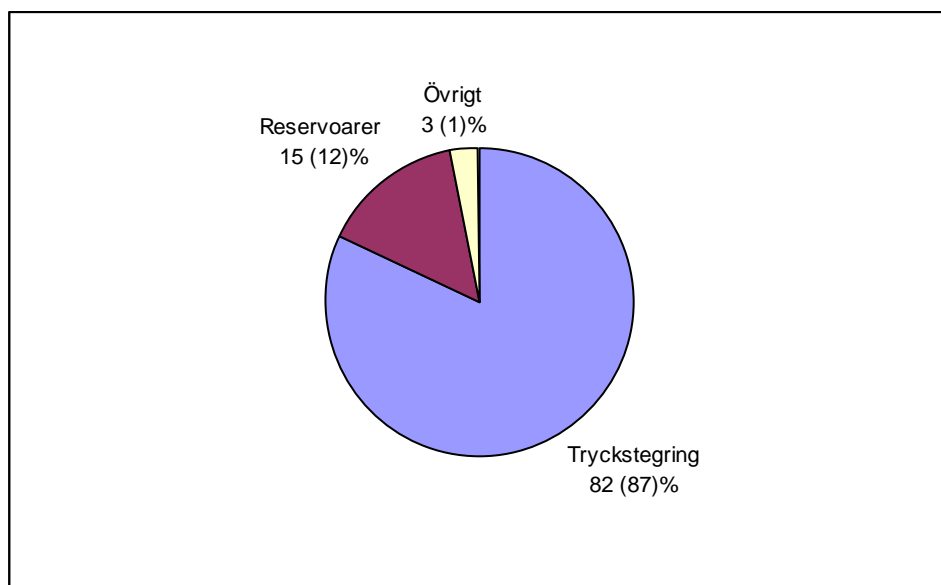
	Antal anslutna personer	Antal tryckstegningsstationer	Elanvändning för dessa (GWh)	Antal reservoarer	Elanvändning för dessa (GWh)	Övrig elanvändning (GWh)	Total elanvändning (GWh)
71 kommuner	4 172 300	679	35,4	404	6,2	1,2	42,8

Om data från undersökningen används och extrapoleras mot landets folkmängd 1 nov. 2008 jämfört med folkmängden i de redovisade kommunerna fås värden enligt tabell 3-6. I tabellens rad 3 framgår också data som är uppräknade med 5,1 % enligt statistik från Drift 2008.

Tabell 3-6. Elanvändning för landets allmänna vattenledningsnät

	Antal anslutna personer	Antal tryckstegningsstationer	Elanvändning för dessa (GWh)	Antal reservoarer	Elanvändning för dessa (GWh)	Övrig elanvändning (GWh)	Total elanvändning (GWh)
290 kommuner	8 120 000	1 364 (1 370)	73,6 (85,1)	812 (740)	13,4 (12,1)	2,5 (1,3)	89,5 (98,5)
Drift 08 (energisiffror uppräknade med 5,1 %)	8 120 000	1 720 (1 590)	77,4 (88,5)	1 366 (1 280)	14,1 (12,5)	2,6 (1,3)	94,1 (102)

Sammanfattningsvis ser energianvändningen på Sveriges vattenledningsnät ut enligt figur 3-3. Observera att energigtången för pumpningen från vattenverk och ut på distributionsnätet ingår i vattenverk.



Figur 3-3. Elanvändningen för vattenledningsnät uppdelad på olika delar. Den totala elanvändningen var 94 (102) GWh

3.1.3 Vattenförsörjning totalt

För att ansluta till internationell praxis och möjliggöra intressanta jämförelser summeras elanvändningen för vattenverk och ledningsnät. Elanvändningen för utgående pumpar räknas ofta inte in i vattenverkens energianvändning utomlands varför en summering av vattenverk och ledningsnät möjliggör jämförelser internationellt. I tabellen 3-7 visas därför elanvändningen för utgående pumpar separat.

Tabell 3-7. Elanvändningen för vattenförsörjning

GWh	Vattenverk					Vattenledningsnät			Totalt
	Vattenrening	Uppvärmning	Drift av värmepumpar	Övrigt	Utgående pumpar	Tryckstegring	Reservoarer	Övrigt	
290 kommuner	116 (120)	29 (24)	4 (4)	38 (28)	228 (224)	77 (89)	14 (12)	3 (1)	509 (502)

3.2 Avloppshantering

3.2.1 Avloppsledningsnät

71 kommuner har svarat på de 5 frågor som berör avloppsledningsnätet.

Tabell 3-8. Elanvändning för avloppsledningsnät för deltagande kommuner

	Antal anslutna personer	Antal spillvattenpumpstationer	Elförbrukning för dessa (GWh)	Antal dagvattenpumpstationer	Elförbrukning för dessa (GWh)	Övrig elförbrukning (GWh)	Total elförbrukning (GWh)
71 kommuner	4 153 000	4 471	79,0	410	2,6	1,2	82,8

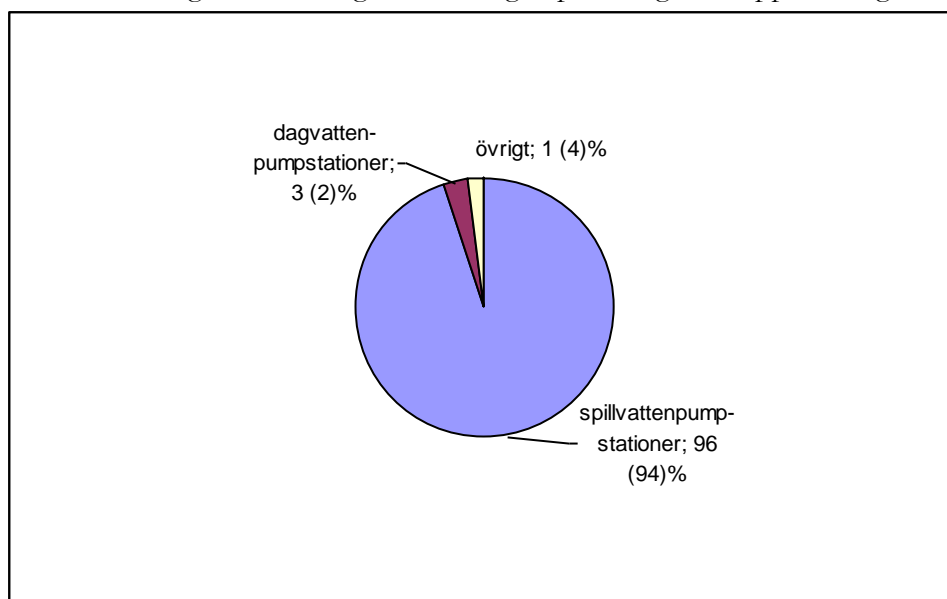
Om data från tabell 3-8 extrapoleras mot en folkmängd på 9 174 464 1 nov. 2008 i Sverige fås värden enligt tabell 3-9. Driftstatistiken för 2008 för antal pumpstationer och total elanvändning och extrapolering mot folkmängd ger värden enligt rad 3 i tabell 3-9. Att antalet dagvattenpumpstationer är så litet beror förmodligen på att många dagvattenpumpstationer som finns i gång- och cykelvägars lågpunkter vid planfri passage under vägar och järnvägar sorterar under väghållaren.

Tabell 3-9. Elanvändning för landets allmänna avloppsledningsnät

	Antal anslutna personer	Antal spillvattenpumpstationer	Elanvändning för dessa (GWh)	Antal dagvattenpumpstationer	Elanvändning för dessa (GWh)	Övrig elanvändning (GWh)	Total elanvändning (GWh)
290 kommuner	8 050 000	8 984 (7 150)	159 (135)	824 (730)	5,3 (3,2)	2,5 (4,8)	167 (143)
Drift 2008	8 050 000	11 668 (10 900)	166 (145)	913 (820)	5,5 (3,5)	2,6 (5,2)	174 (154)

Här är avvikelserna mellan Energi 2008 och Drift 2008 ca 4 %. Eftersom driftstatistiken innehåller svar från 214 kommuner är dessa siffror säkrare än de som fås ur Energi 2008. För den totala användningen utgår vi därför från Drift 2008 medan den relativa fördelningen fås ur Energi 2008.

Sammanfattningsvis ser energianvändningen på Sveriges avloppsledningsnät ut enligt figur 3-4.



Figur 3-4. Elanvändningen för avloppsledningsnät uppdelad på olika delar. Den totala elanvändningen var 174 (154) GWh.

3.2.2 Avloppsrening

Verken i Energi 2008 belastades av 5,06 miljoner personekvivalenter (pe) räknat på inkommande mängd BOD₇ (70 g BOD₇/pe). 2005 års undersökning omfattade en mindre del av branschen, varför en relevant jämförelse av belastningens förändring är svår att göra.

Värdena för 2008 påverkas av att nederbörden var större än normalt. Det är svårt att säga hur mycket en vägd medelnederbörd för de inrapporterade verken avvek från det normala, men statistiken för fyra orter kan ge en viss uppfattning.

Tabell 3-8. Nederbörden i några städer 2005 och 2008 (Källa: SMHI:s hemsida)

Plats	Nederbörd 2005	Nederbörd 2008	Förändring	Normal 1961 - 1990
Stockholm	558	634	14%	539
Göteborg	819	1059	29%	758
Malmö	513	637	24%	602
Linköping	459	567	24%	516

Hur detta påverkat de inkommande vattenmängdernas storlek i riket är svårt att beräkna på grund av sammansättningen av verk i 2005 års undersökning. I avsnitt 5.4 framgår dock att vattenmängden per pe ökade 10,7 % från 2005 till 2008 för de 70 verk som finns med i båda undersökningarna.

3.2.2.1 Elanvändning

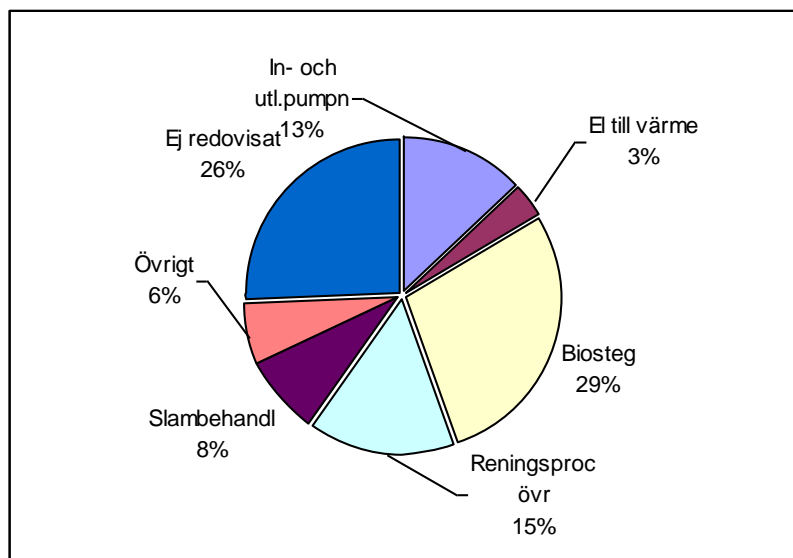
Avloppsreningsverken i Energi 2008 använde 319 GWh, vilket extrapolerat mot folkmängd ger en elanvändning i svenska avloppsverk 2008 på 573 GWh (inkl egenproducerad el). För att få en säkrare siffra kan jämföras med Drift 2008, som omfattar betydligt fler anslutna personer. Denna ger också resultatet 573 GWh.

Detta kan jämföras med 630 GWh enligt Drift 2005 vilket innebär en minskning med 9,1 %. Energi 2005 gav ett lägre värde, endast 509 GWh, vilket är orimligt lågt. Anledningen till att Energi 2005 visade detta låga värde är att stora, och därmed eleffektiva, verk var kraftigt överrepresenterade i det mer begränsade materialet. Energi 2008 har ett betydligt större underlag som gör resultaten säkrare. Fortfarande finns dock en kvarvarande överrepresentation av stora verk. Det är därför troligt att den verkliga elanvändningen var något högre såväl 2005 som 2008 för landet som helhet jämfört med vad som fås vid extrapolering av data från Energi 2005 och 2008. För att uppskatta den verkliga förändringen har en jämförelse gjorts i kapitel 5 för de verk som deltog både 2005 och 2008. Denna jämförelse visar en minskning med 4,1 % för elanvändningen/pe och med 13 % för elanvändningen/behandlad m³.

Av ovanstående kan slutsatsen dras att en minskning av elanvändningen för avloppsrening med 9 %, som extrapoleringen ovan ger, verkar troligt.

3.2.2.2 Fördelning elanvändning

Figur 3-5 visar att reningsprocessen är den dominerande elförbrukaren med biosteg som den enskilt största. Detta överensstämmer med gängse erfarenheter och tidigare undersökningar.



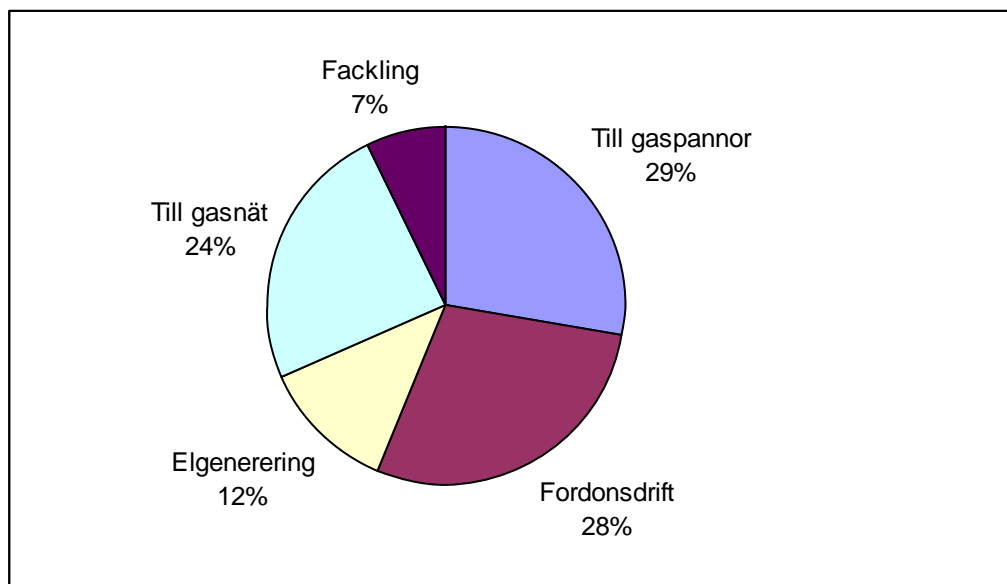
Figur 3-5. Fördelning av elanvändning för avloppsrening i Energi 2008

För in- och utloppspumpning bör noteras att förhållandena skiljer sig åt på betydande sätt mellan olika verk. En ytterlighet representeras av verk vars tilloppssystem utgörs av långsträckta tunnelsekvenser med åtföljande stora lyfthöjder in i anläggningen. En annan ytterlighet är verk som tillförs vattnet genom självfallssystem. I vissa fall förekommer pumpstationer i verkens närhet med tryckledningarna hela vägen till inloppsdelarna i resp. verk. Detta skapar svårigheter vid jämförelser då dessa pumpstationers elanvändning redovisas som användning på ledningsnät. Därför redovisas den samlade elanvändningen för avloppshantering i avsnitt 3.2.4.

El till uppvärmning är mycket låg. Då det här ska ingå drivenergi till värmepumpar kan ifrågasättas om alla uppgifter är riktiga. Det finns anledning att misstänka att en del av den elanvändning som är att relatera till uppvärmning är redovisad som övrig elanvändning. Övrig elanvändning utgörs främst av fastighetsrelaterad användning, exempelvis belysning och ventilation. Delen "Ej redovisat" utgörs dels av elanvändningen vid anläggningar < 2 000 pe, dels av elanvändningen vid de större anläggningar som ej specificerat sin elanvändning.

3.2.2.3 Gasproduktion och användning

Vid verken i Energi 2008 producerades 433 GWh biogas. Då större avloppsreningsverk är överrepresenterade i Energi 2008 bör detta värde inte användas för att uppskatta den totala produktionen. Istället används data från Biogas 2008 (se vidare i Energimyndighetens rapport ES2010:01: "Produktion och användning av biogas år 2008"). Enligt denna undersökning var den totala biogasproduktionen från avloppsreningsverk 605 GWh år 2008. Till detta kommer biogas från rötningsanläggningar lokaliserade vid avloppsreningsverk, men som ej används för rötning av avloppsslam (samrötningsanläggningar) (se vidare avsnitt 3.2.3 Biogas). Figur 3-6 speglar den förändrade biogasanvändningen inom VA-sektorn (figur 3-9 visar biogasens användning för samtliga avloppsreningsverk baserat på data från Biogas 2008).



Figur 3-6. Biogasens användning vid de deltagande avloppsreningsverken

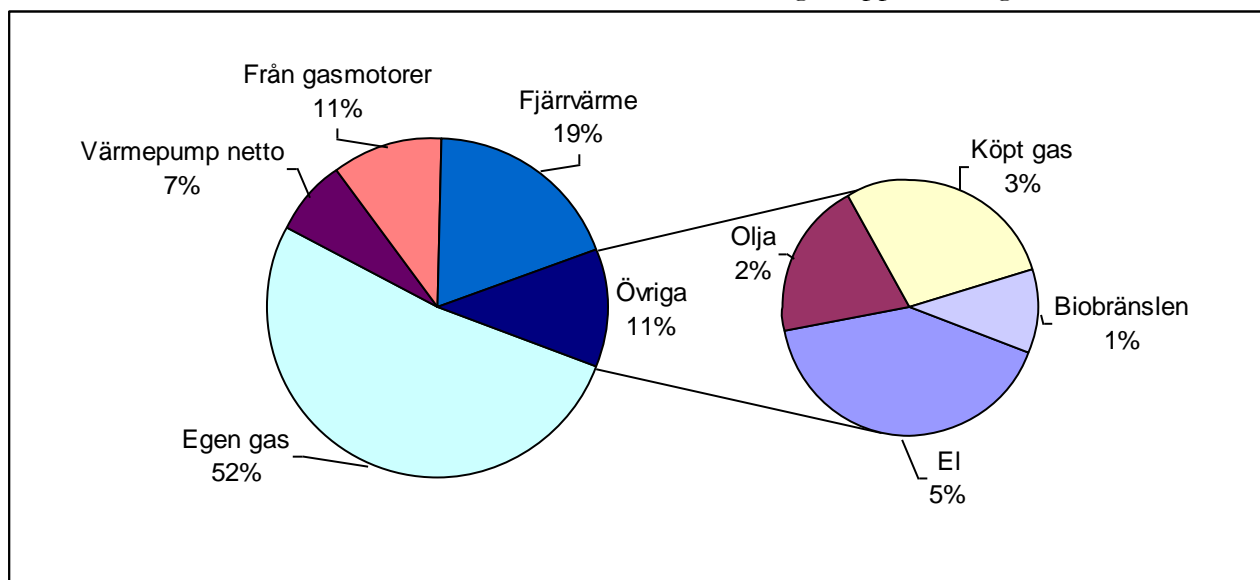
3.2.2.4 Uppvärmning

I tabell 3-9 visas vilken energikälla som används för uppvärmningen av avloppsreningsverken. Det bör noteras att större delen av den el som använts till uppvärmning troligen redovisats som övrig elanvändning. Vissa av siffrorna för Riket blir fel då stora verk är överrepresenterade.

Tabell 3-9. Uppvärmning av svenska avloppsreningsverk

Uppvärmning (GWh)	Deltagande verk	Riket
El	6,2	11,2
Olja	5,5	9,9
Köpt gas	7,8	14,0
Egen gas	123,4	221,9
Värmepumpar netto	47,8	85,9
Från gasmotorer	25,4	45,8
Fjärrvärme	44,8	80,3
Biobränslen	2,8	5,0
Summa	263,6	474,1

Traditionellt är den egenproducerade biogasen den viktigaste energikällan för uppvärmningen av verken och biogasproduktionen är samtidigt den dominerande förbrukaren av värme. Energi 2005 ger ingen användbar bas för jämförelse bakåt i tiden, men vår uppfattning är att energiomställningsarbetet har satt mer avtryck efter 2005 än före. Vid jämförelse av gasens användning 2005 och 2008 kan konstateras att mer levereras till externa användare och därmed allt mindre till egen uppvärmning.



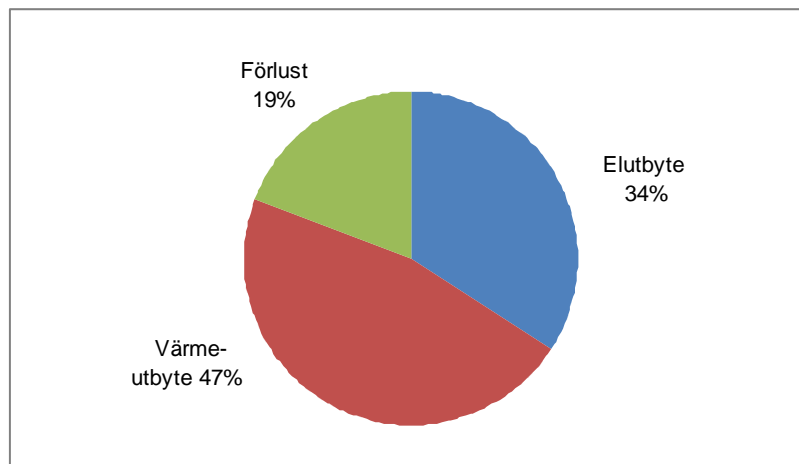
Figur 3-7. Fördelning av den uppvärmningsenergi som redovisats för deltagande avloppsreningsverk

Figur 3-7 visar att egna värmepumpar och fjärrvärme används i större utsträckning än vid den förra undersökningen 2005. Vi kan även se en antydning till att biobränslen börjat användas. Traditionellt finns en hel del oljepannor installerade, framförallt för att klara driftsituationer då värme från gaspannor och/eller gasmotorer inte finns i erforderlig omfattning. Vissa verk är anslutna som abonnenter till gasnät för att täcka tillfälliga eller långvariga underskott i den egna gasproduktionen. Dessa inköp av gas är under avveckling på flera håll och i några fall redan avvecklade efter 2008.

De verk som ingår i Energi 2008 redovisar 31 värmepumpar och 213 värmeväxlare. Värmepumparna har utvunnit (exkl. egen drivenergi) 62 GWh värme. Extrapolerat motsvarar detta 113 GWh för samtliga verk i landet. Huvudsakligen högvärdig energi (gas, el och olja) har ersatts med denna energi, varför omställningen lett till en minskad användning av högvärdig energi. Värmeväxlare används nu liksom tidigare för att överföra värme till rötningsystemen. En hel del verk har värmeväxling mellan utgående och inkommande slam och mellan till- och frånluft i ventilationssystemen. Undersökningen ger mest en fingervisning och det går inte att kvantifiera vilken energiutvinning som blir resultatet.

3.2.2.5 Egen elproduktion

Vid 10 av verken som ingår i Energi 2008 användes biogas för elproduktion. För dessa avloppsreningsverk användes 55 GWh biogas för elproduktion. Av detta producerades knappt 19 GWh el och drygt 25 GWh spillvärme från gasmotorerna nyttiggjordes. Enligt data från Biogas 2008 var den totala biogasbaserade elproduktionen 29 GWh (se vidare 3.2.3.2 Användning av gas).



Figur 3-8. Energiutbytet av 55 GWh biogas som används för elproduktion för de 10 avloppsreningsverk som deltog i Energi 2008

De värden som visas i figur 3-8 är ungefär vad som förväntats. Det bör tilläggas att flera av anläggningarna håller på att trappa ned eller avveckla sin elproduktion och biogasen levereras i ökad utsträckning till externa användare framförallt för fordonsdrift. Distribution av gasen till externa användare ger sannolikt ett högre exergiutbyte.

3.2.2.6 Kolkällor

Tabell 3-10 visar den mängd kolkällor som de inrapporterade verken använde för kväverening under 2008.

Kolkälla	Antal verk	Mängd (ton)
Metanol	7	2 484
Etanol	2	1 150
Mosstanol	2	236
Monopropylenglykol	1	724
Purifin	1	35
Ej specificerad	1	4
Ingen extern kolkälla	26	
Antal verk med kvävekrav	39	

Tabell 3-10. Använda kolkällor i Energi 2008. Ett av verken använder såväl monopropylenglykol som metanol.

Det totala energiinnehållet i de kolkällor som använts av verken i undersökningen uppgår till cirka 30 GWh/år. Underlag saknas för att göra en kvalificerad bedömning av värdet för landet eftersom verk med kvävekrav bedöms vara överrepresenterade i Energi 2008. En bedömning är dock att energiinnehållet i de kolkällor som användes för kväverening i de svenska verken 2008 var knappt 40 GWh.

3.2.2.7 Kalkning av slam

Sju av verken i undersökningen kalkstabiliserar sitt slam. Ungefär 3 % av slammet (räknat som TS) behandlas på detta sätt.

3.2.3 Biogas

3.2.3.1 Introduktion

Detta kapitel ger en översikt av biogasproduktionen och användningen av biogas vid svenska avloppsreningsverk år 2008. Detta har tidigare rapporterats i Energimyndighetens rapport 2010:01. Redovisade data härrör från Biogasundersökningen för 2008.

Under 2008 fanns 140 avloppsreningsverk angivna som biogasproducenter. För två av dessa anläggningar saknades uppgifter om biogasproduktion och rötkammarvolym och finns därför inte redovisade i statistiken. För 36 reningsverk saknades data för 2008. För dessa har biogasproduktionen skattats med ledning av rötkammarvolym och medelvärde på specifik produktion från inrapporterade anläggningar eller med produktionsdata från 2006 eller 2007. Uppgifter om metanhalten behövs vid beräkning av energiinnehållet i biogasen. I samtliga fall där uppgift om metanhalten saknas har metanhalten ersatts med medelvärdet från övriga anläggningar eller med data från tidigare undersökningar.

Den totala rötkammarvolymen, för de 138 reningsverk som lämnat uppgifter om detta, var 350 809 m³. Av de reningsverk som rapporterat uppgifter om processen anger 7 reningsverk att de hade termofil rötning, resterande hade enbart mesofil rötning (eller hade inte angett uppgift om processtemperatur).

Baserat på ovanstående har biogasproduktionen vid avloppsreningsverken 2008 beräknats till drygt 96 miljoner Nm³ rötgas. Energiinnehållet i den producerade gasen var 605 GWh, vilket motsvarade 44 % av den totala energimängden i all producerad biogas 2008.

Tabell 3-11. Total biogasproduktion vid samtliga avloppsreningsverk med biogasproduktion 2008 och 2009.

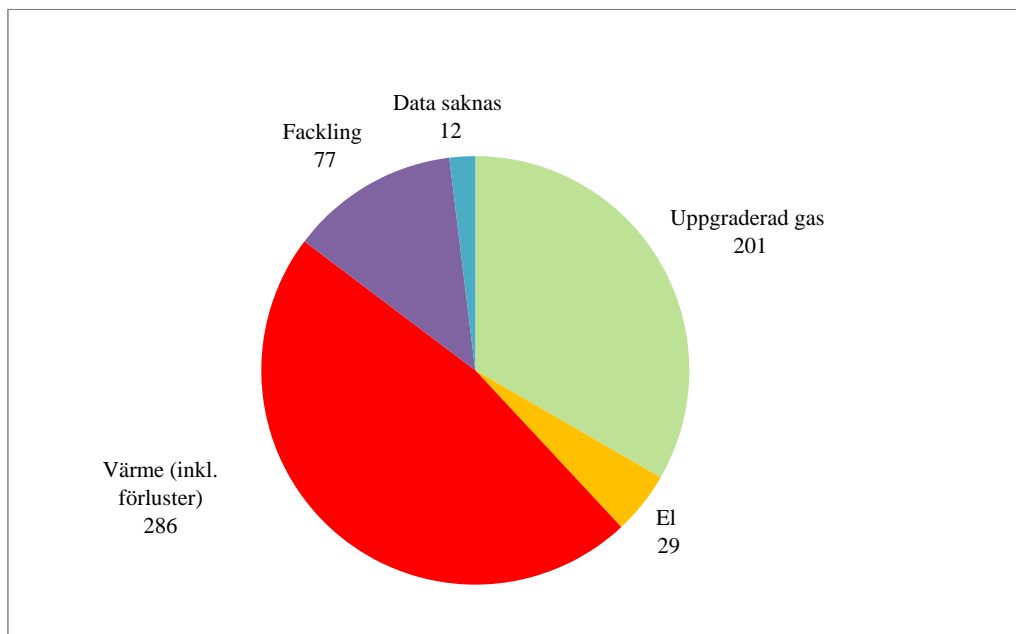
Antal avloppsreningsverk med rapporterad gasproduktion	Antal anslutna (10 ⁶ pe.)	Biogasproduktion (GWh)
138	ca 6,4	605

3.2.3.2 Användning av gas

Det främsta användningsområdet för biogas var produktion av värme. Värmen används till stor del för uppvärmning av röttingsprocessen och för uppvärmning av egna lokaler. För det insamlade dataunderlaget är det inte möjligt att avgöra hur mycket av värmen som faktiskt används och hur mycket som avgår som värmeförlust.

29 GWh elektricitet har producerats från biogasen. Vid produktionen av el är el verkningsgraden ca 30-35 %, vilket betyder att ungefär en tredjedel av energin omvandlas till el medan två tredjedelar av energin omvandlas till värme. Totalt användes knappt 14 miljoner Nm³ biogas elproduktion eller kombinerad el- och värmeproduktion. Värmen från elproduktionen nyttjas av många biogasproducenter, enligt det inrapporterade materialet. I de fall som det inte gått att utröna om producerad värme från elproduktionen, eller annan värmegivande produktion, fullt ut har nyttjats till värmeändamål eller avgått som värmeförlust har hela värmeenergi mängden förts till användningskategorin värme.

286 GWh (47 %) av biogasen användes för uppvärmningsändamål eller avgick som värmeförlust. 201 GWh (33 %) av biogasen uppgraderades (varefter den kan nyttjas som drivmedel i gasfordon). 77 GWh (13 %) uppges ha facklats.



Figur 3-9. Användning av biogas från avloppsreningsverk producerad (GWh) baserat på Biogas 2008. (Kategorin värme inkluderar värmeförluster och internförbrukning och för el anges den producerade elen).

3.2.4 Avloppshantering totalt

För att ansluta till internationell praxis och möjliggöra intressanta jämförelser summerar vi elanvändningen för avloppsledningsnät och avloppsreningsverk. Lokalisering av nödvändiga pumpar är olika, ibland ligger de på avloppsreningsverken och ibland på ledningsnäten.

Tabell 3-12. Elanvändning för avloppshantering

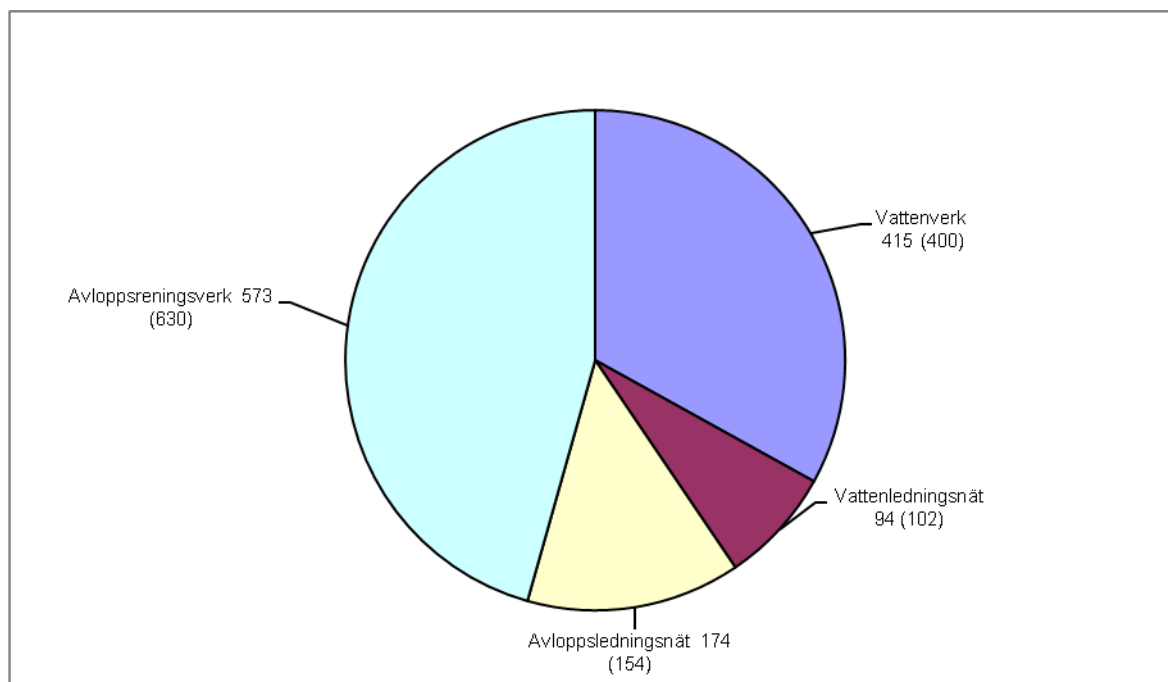
GWh	Avloppsledningsnät			Avloppsrening				Totalt
	Spillvattenpumpstationer	Dagvattenpumpstationer	Övrigt	In- och utgående pumpar	Reningsprocess	Slambehandling	Övrigt och ej redovisat	
290 kommuner	166 (145)	5,5 (3,5)	2,6 (5,2)	75	246	46	206	747 (784)

3.3 Totalt

Den totala energianvändningen (brutto) vid landets VA-verk framgår av tabell 3-13 och figur 3-10 (underlaget till siffrorna finns i föregående avsnitt):

Tabell 3-13. Total energianvändning vid landets VA-verk 2008 (2005) i GWh

GWh	Vattenförsörjning			Avloppshantering			Totalt
	Vattenverk	Vattenledningsnät	Summa: Vattenförsörjning	Avloppsledningsnät	Avloppsreningsverk	Summa: Avloppshantering	
Inlevererad energi							
El	415 (400)	94 (102)	509 (502)	174 (154)	573 (630)	747 (784)	1 256 (1 286)
Annan energi	15 (20)	0	15 (20)	0	250 (300)	250 (300)	280 (320)
Summa	430 (420)	94 (102)	524 (522)	174 (154)	823 (930)	997 (1 084)	1 536 (1 606)
Utvunnen energi							
Biogas	0	0	0	0	605 (600)	605 (600)	605 (600)
Värme	6,6	0	6,6	0	? (2 500)		(2 500)
Summa	0	0	6,6	0	(3 100)		(3 100)
Utlevererad energi							
El	0	0	0	0			
Biogas	0	0	0	0	108		
Biogas uppgr.	0	0	0	0	126		
Värme	0	0	0	0			
Summa	0	0	0	0			



Figur 3-10. Elanvändningens uppdelning på VA-verksamhetens olika delar

4. Nyckeltal

4.1 Vattenförsörjning

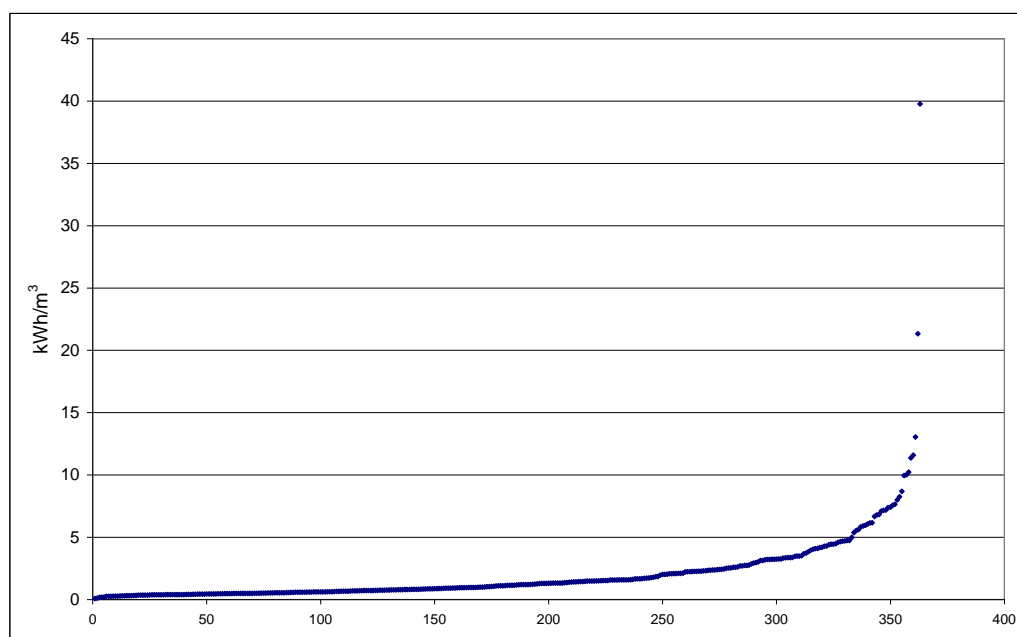
4.1.1 Vattenverk

Några nyckeltal för vattenverken som ingår i undersökningen framgår av tabell 4-1:

Tabell 4-1. Nyckeltal för elanvändning vattenverk

	Total elenergi/ prod.m ³ (kWh/m ³)	Total elenergi/ ansluten (kWh/person,år)
Antal svar	362 (104)	358 (78)
Lägst	0,08 (0,17)	8 (21,2)
Median	1,14 (0,65)	93 (65,4)
Högst	39,8 (8,45)	3 118 (262,5)

Diagrammet nedan visar spridningen av 362 vattenverks nyckeltal för total elenergi per producerad m³ dricksvatten.



Figur 4-1. De deltagande vattenverkens nyckeltal för elanvändning/vattenproduktion (kWh/m³)

Tabell 4-2 visar de vattenverk som deltagit i undersökningen som har lägst elanvändning per producerad m³ och som försörjer mer än 2 000 personer.

Tabell 4-2. Vattenverk i studien som har lägst nyckeltal och som försörjer mer än 2000 personer

Kommun	Vattenverk	Elanvändning/prod.m ³ (kWh/m ³)
Sydvatten AB	Ringsjöverket	0,08
Uddevalla	Marieberg	0,18
Bollnäs	Flästa	0,20

Om vi väljer ut vattenverk med en försörjd befolkning på > 2000 personer och som har en tillfredställande energibalans har vi 38 verk med i undersökningen. Dessa verk producerade 257 milj.m³/år och förbrukade 110 GWh energi varav 106 GWh var elenergi. Nyckeltalen för dessa ser ut enligt tabell 4-3: Tabell 4-3. Nyckeltal för 38 vattenverk som försörjer fler än 2 000 personer.

	Total elenergi/ prod.m ³	Eenergi för process/ prod.m ³	Eenergi för utg.pumpn./ prod.m ³	Övrig energi/ prod.m ³
Antal svar	38 (37)	34 (24)	38 (21)	31 (23)
Lägst	0,18 (0,17)	0,002 (0,01)	0,06 (0,04)	0,001 (0,01)
Median	0,57 (0,46)	0,15 (0,16)	0,31 (0,22)	0,015 (0,09)
Högst	1,32 (0,96)	0,73 (0,72)	0,69 (0,64)	0,55 (0,43)

4.1.2 Vattenledningsnät

Några nyckeltal för vattenledningsnät visas i tabell 4-4:

Tabell 4-4. Nyckeltal för vattenledningsnätet

	Total elförbrukn/ ansluten (kWh/pers,år)	Antal anslutna pers./ tryckstegr.(pers./station)	Elförbrukn/tryckstegringsstation (kWh/st.)
Antal svar	68 (41)	69 (39)	63 (39)
Lägst	1,1 (1,4)	900 (1 053)	59 (342)
Median	7,5 (8,0)	5 377 (3 211)	21 064 (17 977)
Medelvärde	10,6 (12,4)	8 271 (2 109)	32 758 (26 154)
Högst	49,5 (37,9)	95 278 (41 647)	212 849 (168 132)

Här har naturligtvis faktorerna topografi och befolkningstäthet stor betydelse för energiåtgång. Tryckstegringsanläggningar står för c:a 83 (87) % av energiåtgången som är uteslutande elenergi. Återstoden är belysning och uppvärmning av reservoarer 15 (12) % och ev. värmekabel för att undvika frysning 3 (1) %.

Tabell 4-5 visar de kommuner som deltagit i undersökningen och som har lägst elanvändning per ansluten person.

Tabell 4-5. Kommuner som har lägst nyckeltal för vattenledningsnätet

Kommun	Elanvändning/ansluten person (kWh/person)
Alingsås	1,05
Sala	1,32
Helsingborg	1,39

4.1.3 Vattenförsörjning totalt för kommuner

Om vi summerar elanvändningen för vattenproduktion och vattenledningsnätet (distribution) får vi följande nyckeltal som sammanfaller med de som används internationellt. I tabell 4-6 är även nyckeltalet elanvändning/debiterad vattenmängd redovisat. Detta sammanfaller med energimyndighetens indikator för VA-branschen. Siffrorna nedan är tagna från Drift 2008 och avser hela kommuner.

Tabell 4-6. Nyckeltal för elanvändningen för hela vattenförsörjningen

	Total elanvändning/ ansluten (kWh/pers,år)	Total elanvändning /deb. vattenmängd (kWh/m³)
Antal svar	165	168
Lägst	2,48	0,030
Median	69	0,85
Medelvärde	78	0,96
Högst	249	3,07

I tabell 4-7 och 4-8 visas vilka kommuner som har de lägsta nyckeltalen för vattenförsörjningen totalt. Här har endast tagits med kommuner som har ansvar för hela vattenförsörjningen dvs. både vattenproduktion och distribution.

Tabell 4-7. Kommuner som har lägst elanvändning/ansluten person för vattenförsörjning

Kommun	Elanvändning/ansluten person (kWh/person)
Enköping	2,48
Vadstena	3,02
Kalmar	3,68

Tabell 4-8. Kommuner som har lägst elanvändning/debiterad m³ för vatten

Kommun	Elanvändning/debiterad m³ (kWh/ m³)
Kalmar	0,030
Lessebo	0,037
Enköping	0,042

4.2 Avloppshantering

4.2.1 Avloppsledningsnät

Avloppsledningsnätets energianvändning domineras starkt av energianvändning för spillvattenpumpstationer. Spillvattenpumpstationerna står för 95 (94) % av elanvändningen. Dagvattenpumpstationer står för endast 3 (2) % och övrigt för 2 (4) %. Nyckeltal framgår av tabell 4-9.

Tabell 4-9. Nyckeltal för avloppsledningsnätet

	Tot. elanvändn/ ansluten (kWh/pers,år)	Antal anslutn/ spillvat- tenpumpstation (pers./station)	Elavändn/spillvatten- pumpstation (kWh/st)
Antal svar	69 (39)	71 (39)	69 (39)
Lägst	1,7 (0,99)	117 (105)	3 013 (3 504)
Median	29,2 (23,1)	512 (525)	13 829 (13 077)
Medelvärde	31,9 (17,9)	798 (1 115)	16 249 (18 972)
Högst	89,2 (78,2)	5 104 (4 531)	53 571 (38 305)

En orsak till de stora skillnaderna mellan 2008 och 2005 är den större nederbörden 2008. Detta framgår av tabell 3-8.

Tabell 4-10 visar de kommuner som deltagit i undersökningen och som har lägst elanvändning per ansluten person för avloppsledningsnätet.

Tabell 4-10. Kommuner som har lägst nyckeltal för avloppsledningsnätet

Kommun	Elanvändning/ansluten person (kWh/person)
Lund	1,69
Västerås	5,51
Trollhättan	9,75

4.2.2 Avloppsrening

Ett avloppsreningsverk ska behandla de ämnen som finns i inkommande avloppsvatten, primärt att avskilja syreförbrukande och eutrofierande ämnen, och elanvändningen måste relateras till dessa. Ibland beräknas specifik elanvändning relativt inkommande vattenmängd. Detta är dock ett olämpligt jämförelsetal eftersom utfallet blir starkt flödesberoende och dessutom ger en felaktig bild av energieffektivisering eftersom den specifika energianvändningen (per m³) tenderar att minska vid ökande mängd tillskottsvatten. Basen, divisorn, för jämförelse bör alltså utgå från den så kallade föroreningsbelastningen och inte flödesbelastningen. En lämplig jämförelse kan därför baseras på anslutna personer eller belastande personekvivalenter. Följdfrågor blir då hur industribelastning ska betraktas, liksom verk som har hög halt utgående BOD₇. I detta fall har specifika användningar huvudsakligen relaterats till utträttat arbete, det vill säga redovisade verkliga personekvivalenter. Som en personekvivalent har använts 70 g BOD₇/dygn i inkommande vatten, vilket är det mått som normalt används i Sverige. I grunden kan det vara mest relevant att relatera specifika energidata till reduktion av OCP (Oxygen Consumption Potential), men detta kräver mer och säkrare indata än vad fallet är i denna undersökning.

4.2.2.1 Elanvändning generellt

I Energi 2008 är det den totala elanvändningen vid avloppsreningsverken som efterfrågats. I denna ingår även inloppspumpning vid själva reningsverket.

I tabell 4-11 redovisas den specifika elanvändningen uttryckt som kWh/personequivivalent (pe). Som framgår av tabellen är det stor spridning mellan deltagande avloppsreningsverk.

Tabell 4-11. Elanvändning per pe

kWh/pe	Min	Medel	Median	Max
Alla avloppsreningsverk	19	379	201	9 105
Verk > 2 000 pe	35	123	93	577

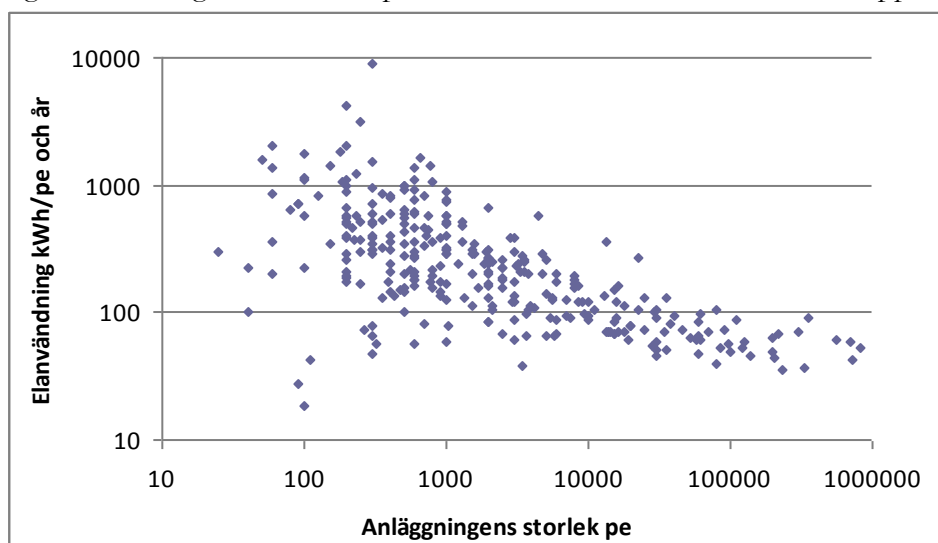
I tabell 4-12 redovisas de avloppsreningsverk som >2 000 pe och som har bäst nyckeltal för elanvändning per personekvivalent

Tabell 4-12. Avloppsreningsverk i studien som har lägst nyckeltal > 2000 pe

Kommun	Avloppsreningsverk	Elanvändning/pe (kWh/pe)
Linköping	Nykvarn	35,1
Eslöv	Ellinge	37,2
Östhammar	Österbybruk	38,0

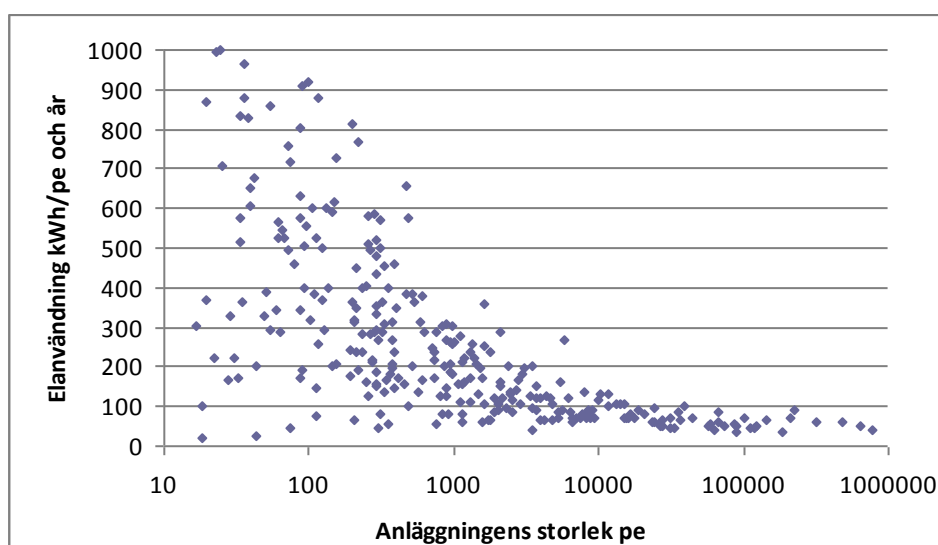
4.2.2.2 BOD-relaterad specifik elanvändning

Figur 4-2 har logaritmisk skala på båda axlarna som medför att alla inrapporterade verk finns med.



Figur 4-2. Elanvändning som funktion av avloppsreningsverkets storlek

Figur 4-3 har linjär skala på y-axeln och logaritmisk på x-axeln. Detta innebär att verk med specifik förbrukning över 1 000 kWh/Pe och år faller utanför diagrammet.



Figur 4-3. Elanvändning som funktion av avloppsreningsverkets storlek

Figurerna 4-2 och 4-3 visar ett tydligt samband mellan specifik elanvändning och verkens storlek. Man kan iaktta en gräns vid omkring 50 000 pe. Vid denna storlek verkar full storleksfördel ha uppnåtts. Under denna storlek tenderar den specifika elanvändningen relaterad till BOD-reduktionen att stiga mycket kraftigt vid minskande anläggningsstorlek. Det kan dock noteras ett stort antal undantag som visar att det trots allt är möjligt att behandla avloppsvatten i liten skala med låg specifik elanvändning. Diagrammen visar att det finns en betydande effektiviseringspotential genom nedläggningar av och förbättringar i mindre och medelstora verk. Det kan i sammanhanget noteras att de två verk som har lägst specifik elanvändning av alla är små och har låg BOD-reduktion.

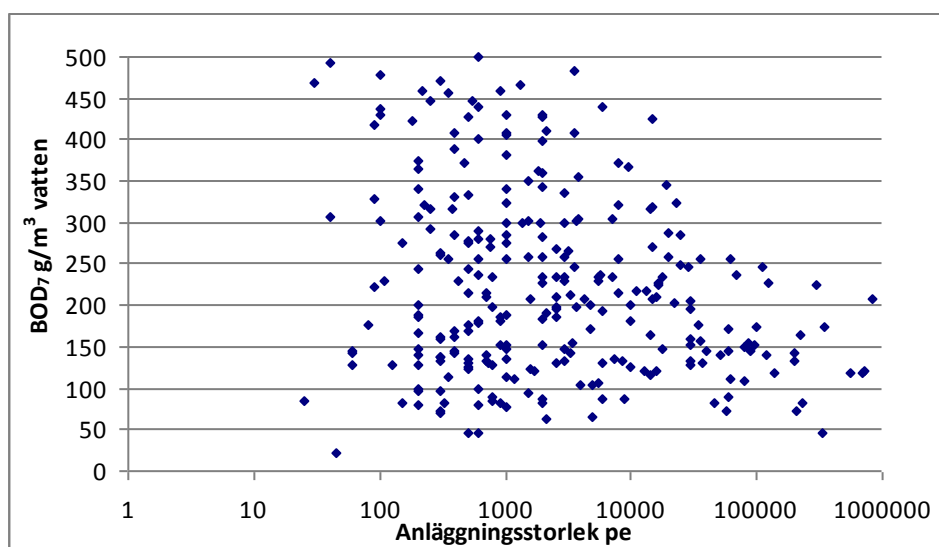
4.2.2.3 Elanvändningens påverkan av koncentration

Tillförsel av dagvatten och tillskottsvatten ger en utspädning av spillvattnet och resulterar i lägre koncentrationer inkommande avloppsvatten, det vill säga en utspädning av inkommande material erhålls. Även detta är en faktor som kan försvåra en energieffektiv behandlingsprocess.

Tabell 4-13. Årligt tillflöde/personequivivalent

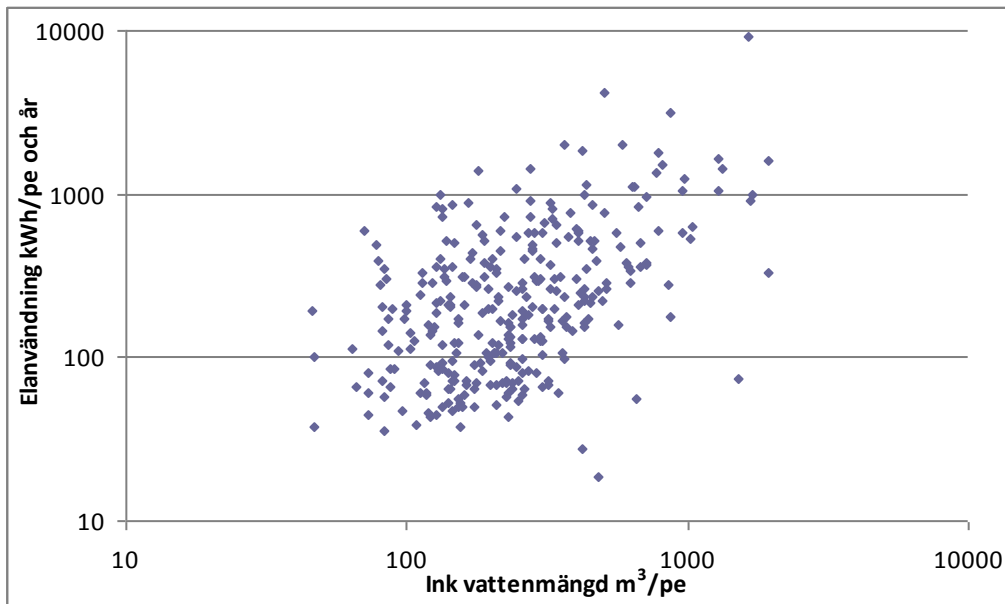
Specifikt flöde (m ³ /pe,år)	Min	Medel	Median	Max
Alla verk	21	313	229	1 939
Verk > 2 000 pe	47	225	201	852

Som framgår av figur 4-4 varierar graden av utspädning mest för de mindre anläggningarna. Noterbart är dock att det även för större anläggningar finns en betydande skillnad, upp till 400 %, i inkommande koncentrationer.



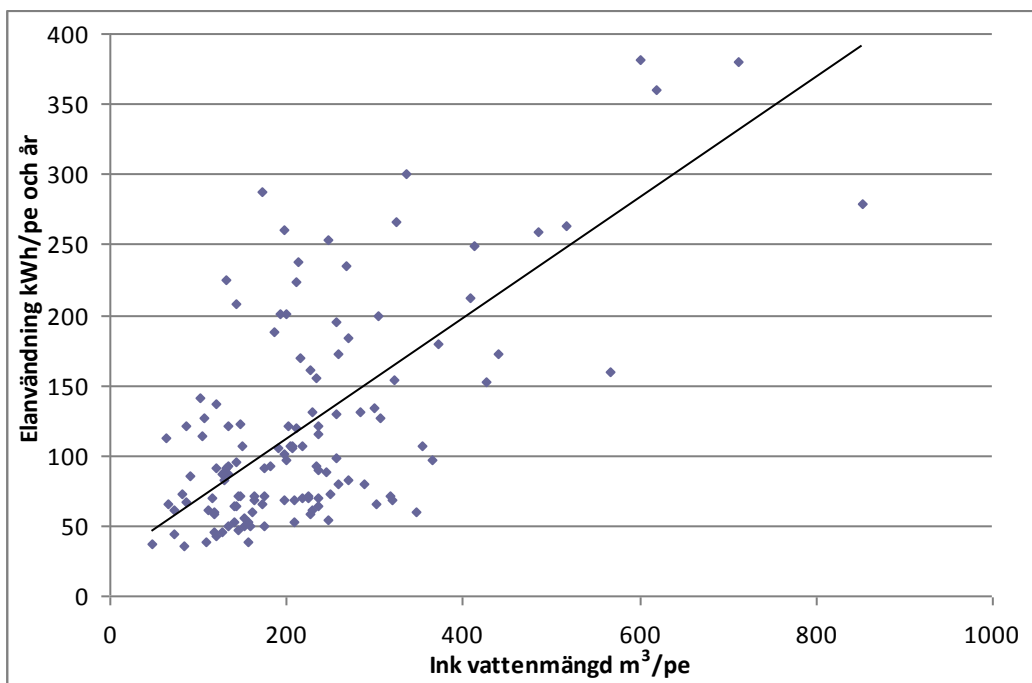
Figur 4-4. Inkommande vattens koncentration vid olika anläggningsstorlekar

För samtliga verk ingående i undersökningen är i figur 4-5 visat specifik elanvändning relaterad till utspädningsgraden på inkommande vatten.



Figur 4-5. Elanvändning som en funktion av utspädningsgrad

I figur 4-6 visas sambandet för avloppsreningsverk >2 000 pe och som ingår i undersökningen och med trendlinje.



Figur 4-6. Elanvändning som en funktion av utspädningsgrad för verk > 2 000 pe

Figurerna 4-5 och 4-6 visar ett tydligt samband mellan energieffektiv avloppsvattenbehandling och en hög koncentration av syreförbrukande ämnen i det inkommande vattnet.

4.2.2.4 Kapacitetsutnyttjande

En annan faktor som kan påverka effektiviteten i elanvändningen är kapacitetsutnyttjandet. Det är väl känt att många verk är kraftigt överdimensionerade, samtidigt som några går överbelastade. Framförallt visar de mindre verken en stor spridning (figur 4-9).

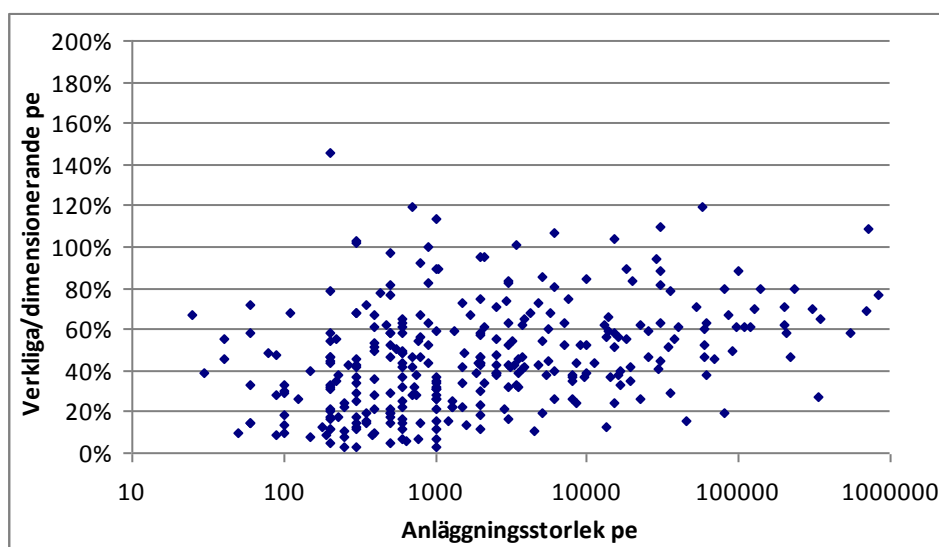
Det genomsnittliga avloppsreningsverket i undersökningen är dimensionerat för 58 529 pe och medianverket för 1 000 pe.

Tabell 4-14 visar kapacitetsutnyttjande (BOD-relaterat) för de verk som ingår i undersökningen.

Tabell 4-14. Utnyttjande av avloppsreningsverkens kapacitet

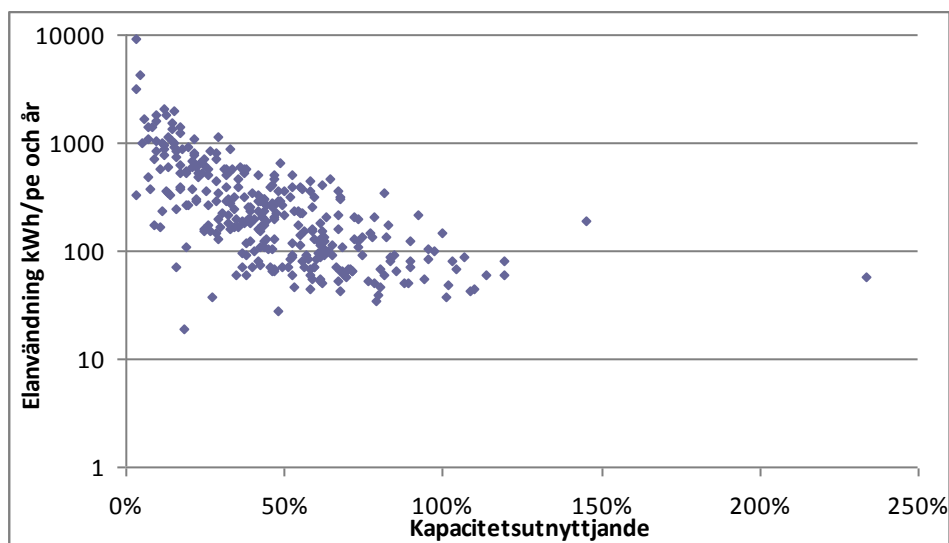
Verkliga pe/ dimensionerande pe (%)	Min	Medel	Median	Max
Alla verk	2,9	47,5	43,7	313,1
Verk > 2 000 pe	10,6	55,4	54,5	119,2

Som framgår av figur 4-7 är mindre verk genomgående mer överdimensionerade än stora.



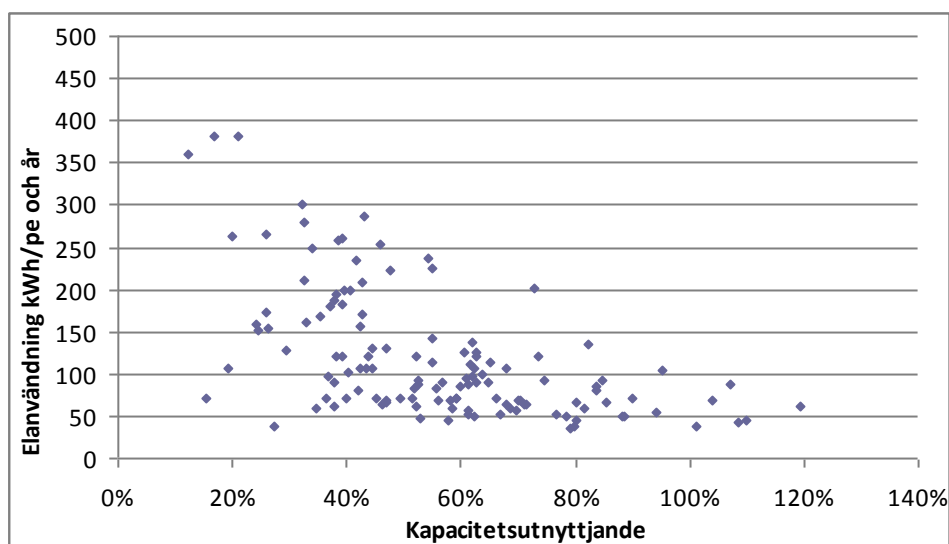
Figur 4-7. Belastande BOD₇ beräknat på inkommande mängd relaterat till dimensionerande belastning

Figur 4-8 och 4-9 visar en tydlig bild av att många verk har lågt kapacitetsutnyttjande. Det finns därtill ett tydligt samband mellan överdimensionerade anläggningar och ineffektiv elanvändning. I normalfallet tycks dock 70 % kapacitetsutnyttjande vara tillräckligt för att nå full effektivitet. Samtidigt är det uppenbart att även anläggningar med ett markant lågt kapacitetsutnyttjande kan ha en effektiv elanvändning.



Figur 4-8. Avloppsreningsverkens specifika elanvändning som en funktion av kapacitetsutnyttjandet. Observera logaritmisk skala på Y-axeln.

I figur 4-9 är specifik elanvändning hos avloppsreningsverk > 2 000 pe återgiven.

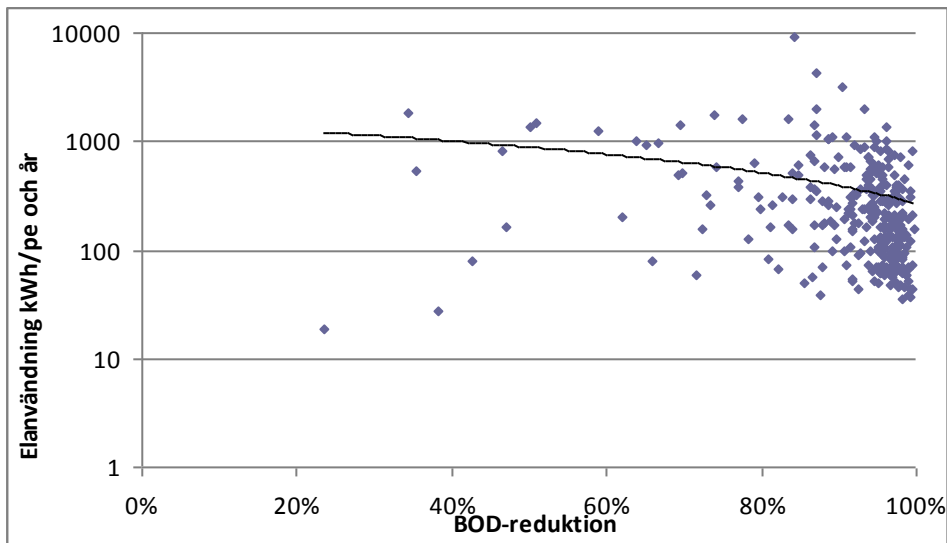


Figur 4-9. Specifik elanvändning som en funktion av kapacitetsutnyttjandet för avloppsreningsverk > 2 000 pe

4.2.2.5 Elanvändningens påverkan av avskiljningsgrad

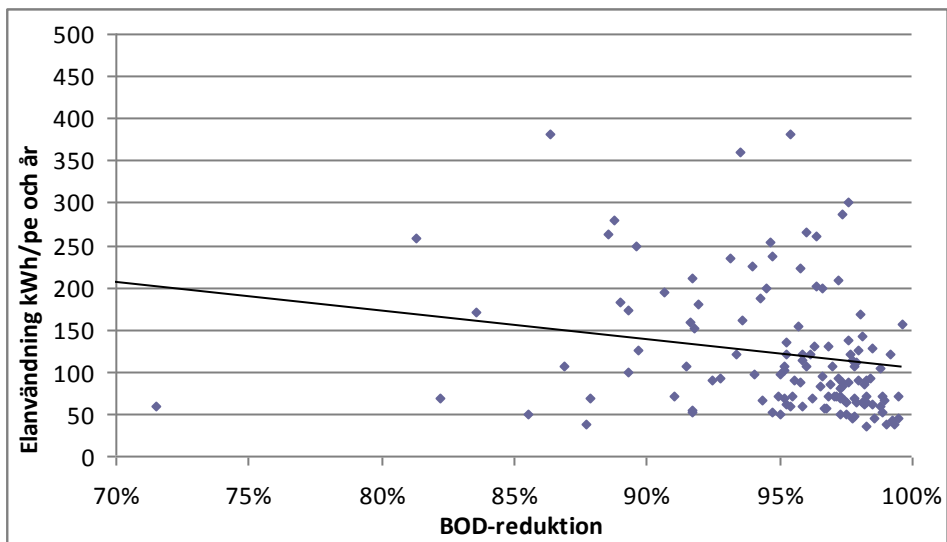
Det går åt energi till att reducera BOD, då nedbrytning av organiskt material kräver syre. Luftningssteget är vanligen den del i ett verk som förbrukar mest elenergi. Man kan då lätt dra slutsatsen att verk med hög BOD-reduktion har högre specifik elanvändning än verk med mindre bra BOD-reduktion. Figurerna 4-10 och 4-11 visar paradoxalt nog det snarast det rakt motsatta.

I figur 4-10 framgår specifik elanvändning som en funktion av procentuell BOD-reduktion för verk alla avloppsreningsverk som ingår i undersökningen.



Figur 4-10. Elanvändning som funktion av BOD-reduktion

I figur 4-11 framgår samma sak men endast för verk >2 000 pe.

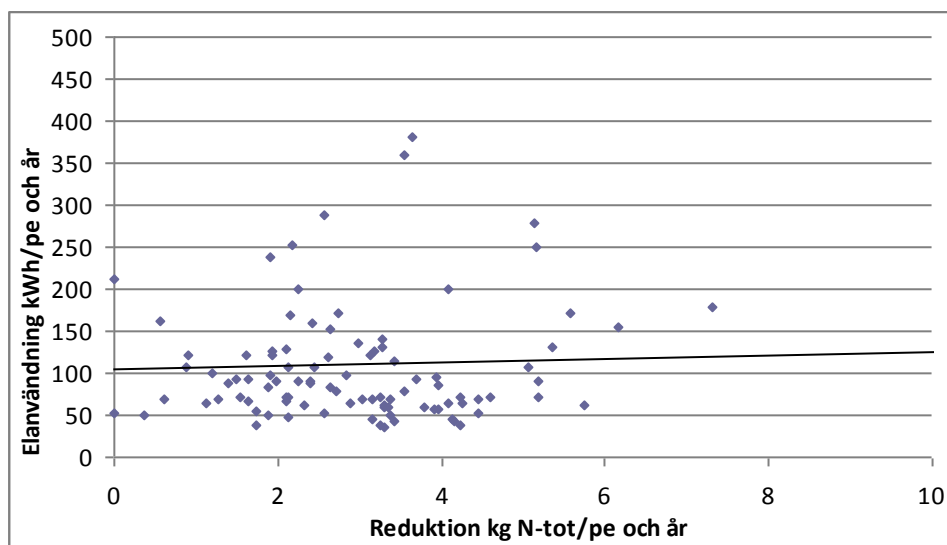


Figur 4-11. Elanvändning för verk > 2 000 pe som funktion av BOD-reduktion

4.2.2.6 Relationen kvävekrav/elanvändning

Liksom reduktion av BOD är reduktion av kväve en process som kräver elenergi i form av luftning och omröring. Figur 4-12 visar att det finns ett samband mellan elanvändning och kvävereduktion, men att sambandet är relativt svagt. Energi 2008 ger således inte stöd för att kvävereduktion har någon större koppling till elanvändningen vid verken.

Figur 4-12 visar den specifika elanvändningens relation den mängd kväve som reduceras per pe och år. Samtliga verk som inrapporterat kvävemängder såväl in som ut finns med i redovisningen.



Figur 4-12. Specifik elanvändning som funktion av kvävereduktion

4.2.3 Biogas

4.2.3.1 Gasproduktion

Här presenteras data som dels insamlats inom ramen för energiprojektet, Energi 2008, samt data från biogasundersökningen, Biogas 2008, som omfattar samtliga avloppsreningsverk med biogasproduktion. Detta betyder att de reningsverk som omfattas av Energi 2008 också ingår i Energi 2008. För Biogas 2008 har även en fördjupad granskning och komplettering av rådata skett och relationen mellan olika storheter vid biogasproduktion har studerats (se bilaga 1). Gjorda kompletteringar för Biogas 2008 gör att data presenterade i denna rapport kan skilja sig något från de som använts i Energimyndighetens rapport 2010:01.

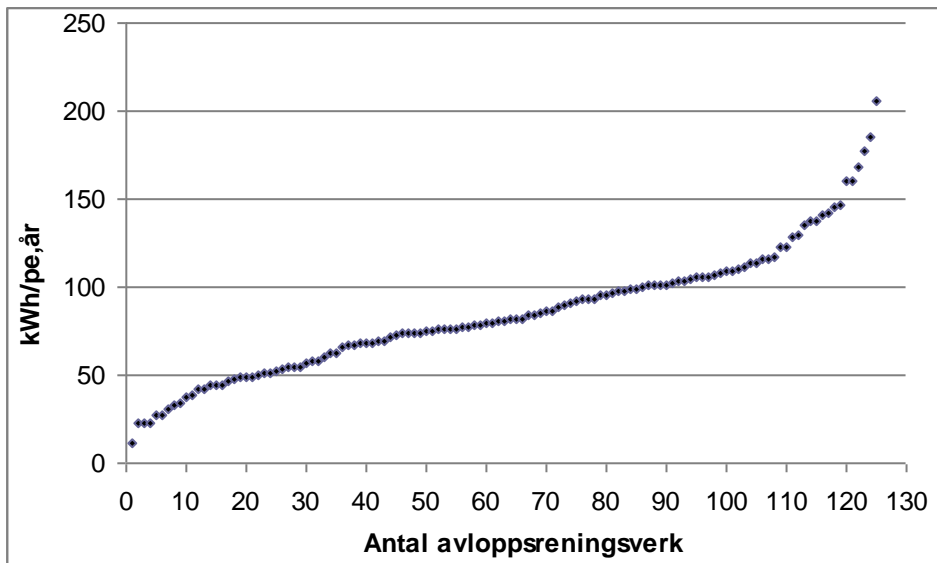
I tabell 4-15 visas gasproduktionen för de biogasproducerande reningsverk som ingår i Energi 2008 och för de verk i Biogas 2008 som angett antal anslutna pe och gasproduktion. Samtliga dessa är dimensionerade > 2 000 pe.

Tabell 4-15. Avloppsreningsverkens gasproduktion/pe

kWh gas/pe	Antal verk	Min	Medel	Median	Max
Energi 2008		37	109	100	290
Biogas 2008 tot.	127	12	94 ¹	82	477
av ovanst. med EOM ²	29		82 ¹	99	
av ovanst. utan EOM ²	98		106 ¹	75	

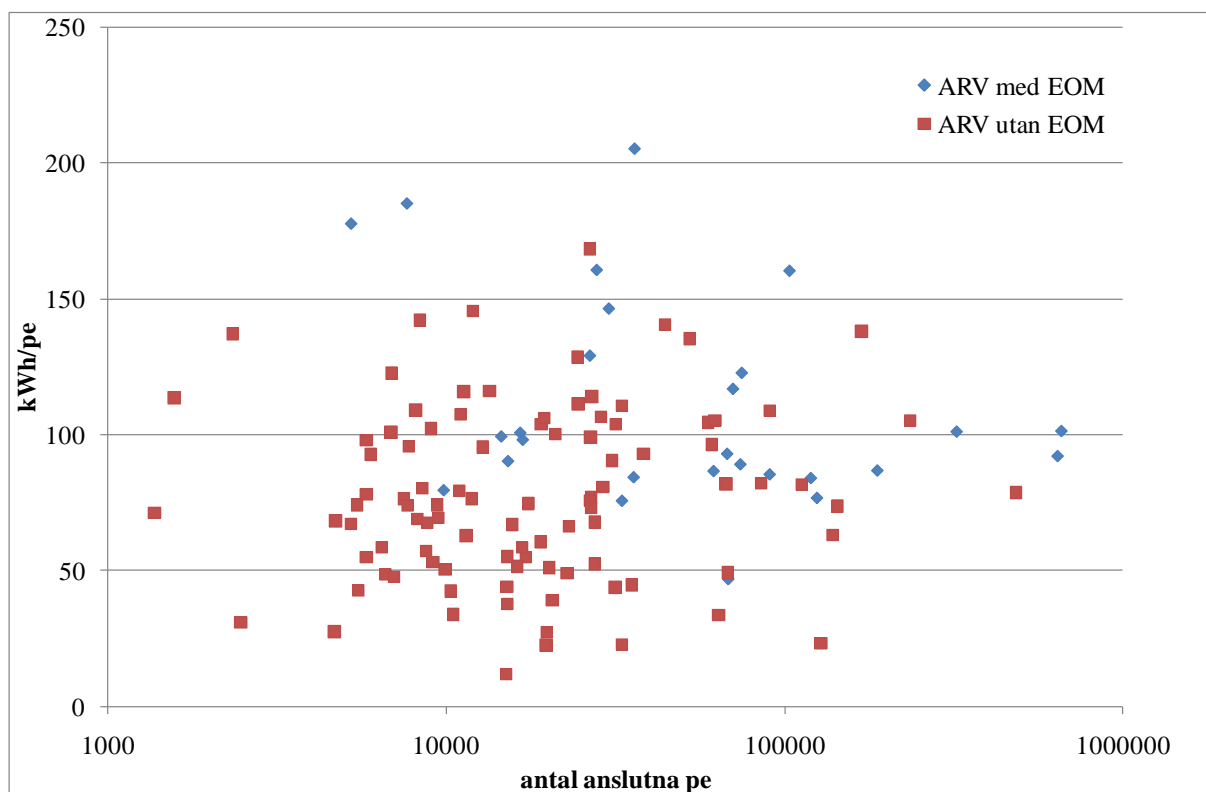
¹= viktat medelvärde ²=avloppsreningsverk som tar emot externt organiskt material (EOM)

Figur 4-13 visar specifik gasproduktion för avloppsreningsverk som ingått i Biogas 2008 sorterade efter specifik produktion för respektive reningsverk.



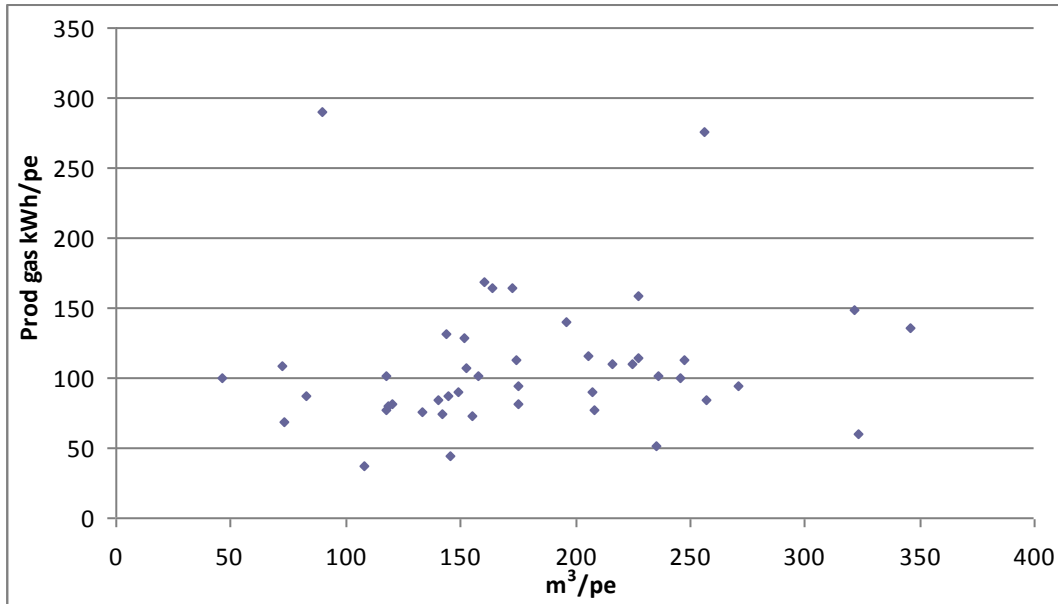
Figur 4-13: Specifik biogasproduktion för avloppsreningsverk som ingått i Biogas 2008. Två verk med hög specifik gasproduktion har exkluderats för att öka läsbarheten.

Figur 4-14 visar specifik gasproduktion för avloppsreningsverk som ingått i Biogas 2008 som en funktion av antalet anslutna uppdelat på reningsverk som tar emot externt organiskt material (EOM) respektive anläggningar som ej gör detta. Noterbart är att det finns en svag trend att större anläggningar som inte tar emot EOM har en högre specifik biogasproduktion än mindre anläggningar. Samma trend finns inte för anläggningar som tar emot EOM. Å andra sidan är det framförallt större anläggningar som tar emot EOM. Medianvärdet för antalet anslutna, till anläggningarna som tog emot EOM, var 39 490 pe. Medianvärde för övriga anläggningar var 16 955 pe.



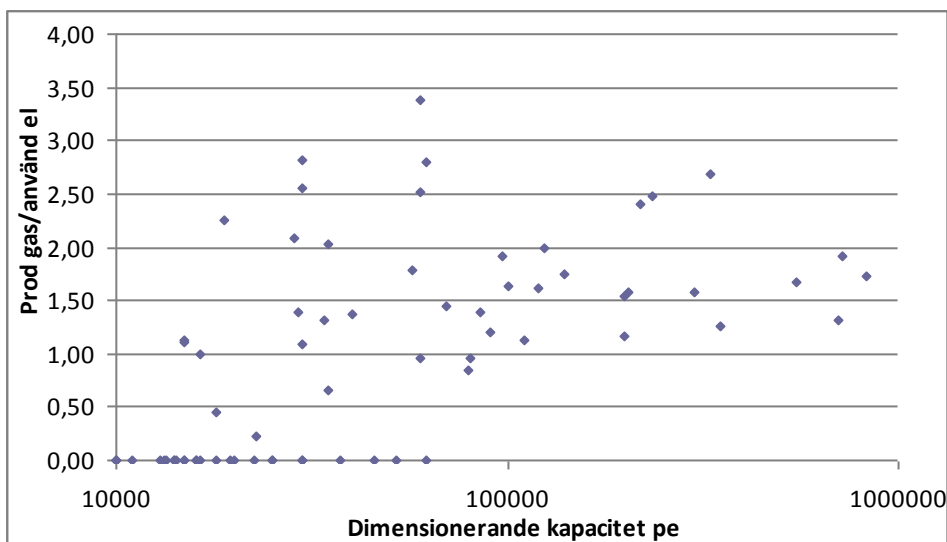
Figur 4-14. Specifik biogasproduktion för avloppsreningsverk 2008 som tar emot externt organiskt material (EOM) samt reningsverk som inte gör detta.

Man kan hysa misstanken att låg koncentration i de inkommande avloppsströmmarna gör att mindre biogas kan utvinnas ur det organiska materialet. Energi 2008 ger dock inte belägg för detta. I figur 4-15 visas gasproduktionen i relation till specifikt inkommande flöde.



Figur 4-15. Gasproduktion som funktion av specifikt inkommande flöde för gasproducerande avloppsreningsverk som ingår i Energi 2008.

I figur 4-16 har gasproduktionen relaterats till elanvändning, inkl egenproducerad. De värden som sammanfaller med x-axeln representerar verk som saknar utrustning för slamrötning.



Figur 4-16. Producerad gas/elanvändning som funktion av verkets storlek för avloppsreningsverk i Energi 2008.

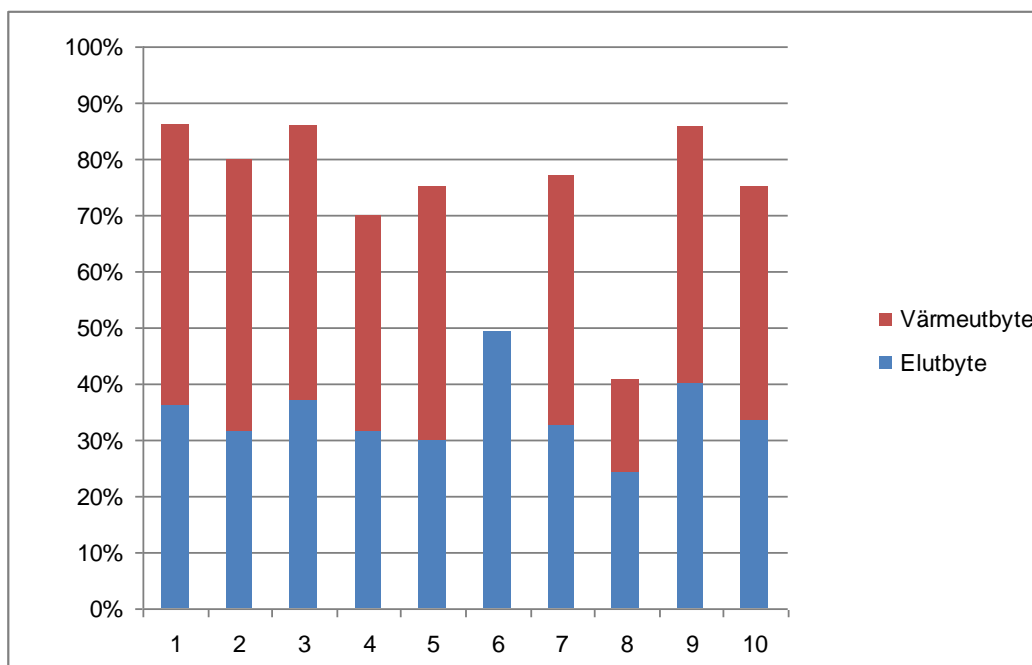
Ett högt energiutbyte i form av biogas och en låg förbrukning av elenergi kännetecknar båda ett energieffektivt verk. Kvoten mellan dessa är därmed ett intressant kvalitetsmått. Även för denna kvot tycks det finnas en brytpunkt kring cirka 50 000 pe, det vill säga avloppsreningsverk med färre än 50 000 anslutna pe har generellt en lägre kvot än reningsverk med fler än 50 000 anslutna pe. Samtidigt kan man se att även mindre anläggningar kan nå bra värden, vanligen beroende på tillförsel av externt material.

Inom Svenskt Vatten pågår också ett arbete för att skapa metoder för beräkning av exergiindex för verken. Arbetet ingår i nyckeltalsprojektet och i dessa index sammanvägs alla energiflöden i anläggningarna.

4.2.3.2 Elproduktion

Samtliga verk med elproduktion i undersökningen redovisas i figur 4-17. Man bör här vara medveten om svårigheten att mäta framförallt gasens flöde och energiinnehåll, men även nyttiggjord värme. Kvoten kan därmed komma att få en hög onoggrannhet. De uppgifter som använts här har till stor del kontrollerats. En skillnad som kan föreligga är redovisningen av energiförluster i hjälpsystem.

Data från samtliga 10 verk i undersökningen med elproduktion redovisas i figur 4-19. Verk nr 6 är uppenbart felrapporterat. Anläggningen representerar dock bara någon promille av den samlade gasanvändningen.

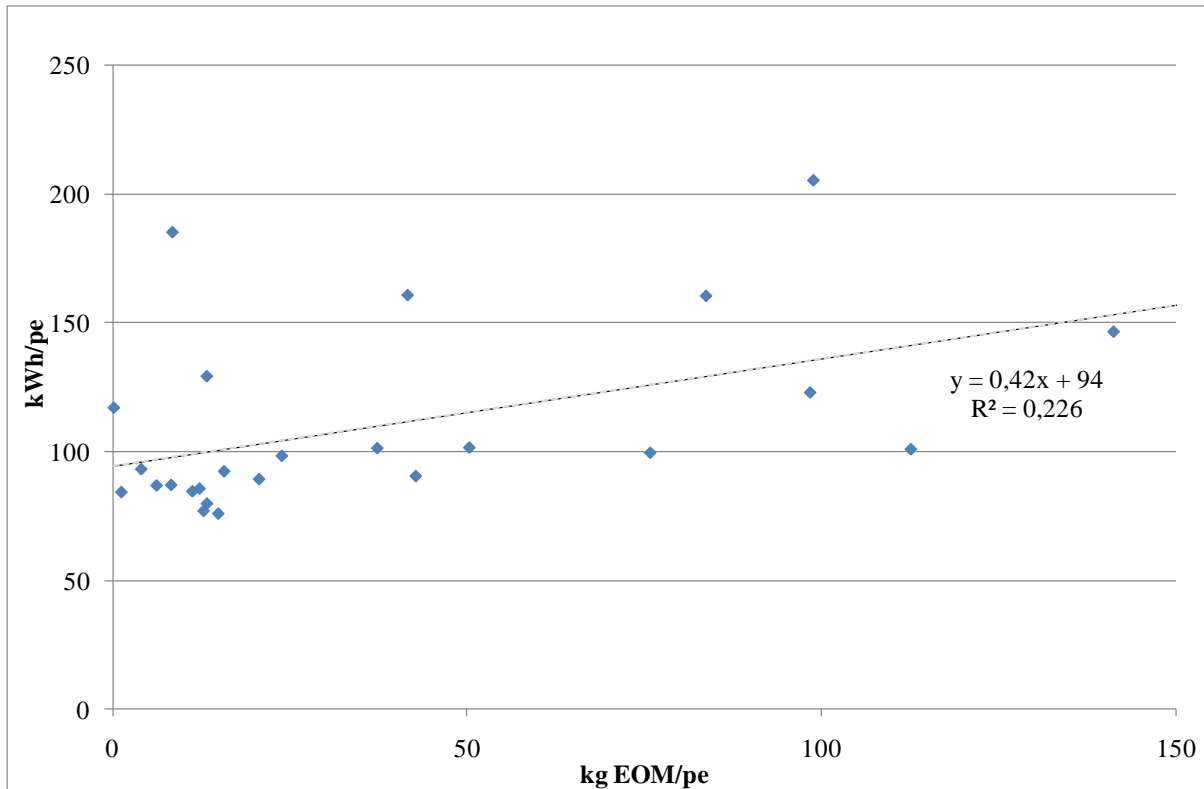


Figur 4-17. Biogasbaserad elproduktion: utbyte av el och värme vid 10 verk

I medeltal utvinns 34 % el och 47 % värme ur den biogas som tillförs gasmotorerna. Tre anläggningar redovisar cirka 86 % totalverkningsgrad. Det är troligen ungefär vad som är möjligt att uppnå. Med ett undantag, när ingen anläggning upp till en högre elverkningsgrad än 37% (från anläggning 6 bortses).

4.2.3.3 Effekt av mottagning av externt organiskt material (EOM)

25 av 29 anläggningar som tar emot EOM tar emot mindre än 150 kg EOM (våtvikt)/pe,år. För dessa anläggningar finns ett svagt samband (figur 4-18) att anläggningar som tar emot mer EOM också hade en högre specifik biogasproduktion (per ansluten). Noterbart är att dessa anläggningar, enligt regressionsanalysen, producerar 94 kWh/pe,år då inget EOM tas emot. Detta kan jämföras med medianvärdet 75 kWh/pe,år för anläggningar som ej tar emot EOM.

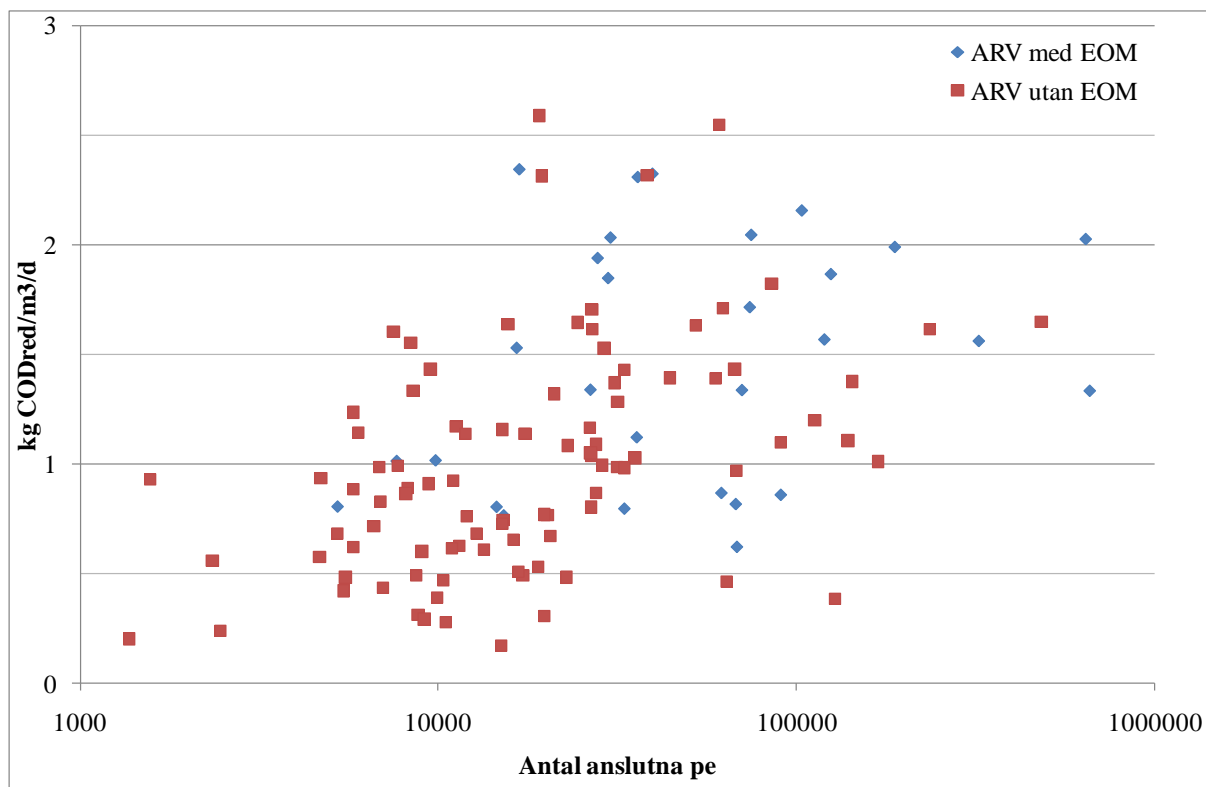


Figur 4-18. Specifik gasproduktion för avloppsreningsverk som tar emot externt organiskt material.

4.2.3.4 Nyttjande av röt-kammarvolymen

Beräkningen har gjorts utifrån angiven metanproduktion och sambandet $0,35 \text{ Nm}^3$ metan/kg CODred. Median- och medelvärde för avloppsreningsverk som ej tar emot EOM var $1,0 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$ (95 verk) och för verk som tar emot EOM var median- och medelvärde $1,5 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$ (29 verk). Medianvärdet för samtliga anläggningar var $1,0 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$ och medelvärdet var $1,1 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$.

Enligt P42: "Rötning av kommunalt slam" bör den organiska belastningen inte överstiga $4 \text{ kg VS/m}^3, \text{d}$ vid mesofil rötning. Detta motsvarar en COD-belastning av ca $6 \text{ kg COD/m}^3, \text{d}$ och ger, vid 50 % reduktionsgrad, ca $3 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$. Vid jämförelse med medianvärdet $1,0 \text{ kg CODred/m}^3, \text{d}$ angivet ovan är de flesta anläggningar således relativt lågbelastade. En viktig förklaring till detta är att röt-kammarvolymen även ska dimensioneras utifrån hydraulisk uppehållstid. Exempelvis är slamflödet genom röt-kammaren $0,067 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ reaktor}, \text{d}$ vid 15 dygns uppehållstid. Om inkommande slam har en organisk halt på 70 % VS (av TS) krävs en torrsubstanshalt på 8,6 % för att erhålla en organisk belastning på $4 \text{ kg VS/m}^3, \text{d}$.



Figur 4-19. Belastning på röt-kammare som funktion av verkens storlek

4.3 Totalt

Preliminära nyckeltal för den totala elanvändningen visas i tabell 4-16. Som framgår av tabellen är spridningen mellan högsta och lägsta en faktor 4 till 5 och för kostnaden ännu mer. I tabellen har endast sådana kommuner tagits med som har ett totalansvar för hela kedjan från råvatten till recipient eftersom kommuner som ingår i regionala organisationer blir missvisande. Siffrorna på den nedersta raden kommer från Drift 2008.

Tabell 4-16. Nyckeltal för total elanvändning

	Min.	Median	Max.
Elanvändn./ansluten (kWh/år)	107 (94)	194 (144)	366 (352)
Elanvändn./prod.m ³ (kWh/m ³)	0,9 (0,9)	1,7 (1,6)	4,1 (4,4)
Elkostnad/ansluten (kr/år)	88 (62)	194 (144)	679 (545)

Den redovisade elkostnaden per ansluten ovan motsvaras i medeltal av 14 (12) % av driftskostnaden och 10 (8) % av totala kostnaden för vatten- och avloppsförsörjning. De högst redovisade andelarna är 30 resp. 17 %.

Tabellerna 4-17 och 4-18 visar de kommuner som har lägst nyckeltal för den totala VA-verksamheten.

Tabell 4-17. Kommuner som har lägst elanvändning/ansluten person för vattenförsörjning och avloppshantering

Kommun	Elanvändning/ansluten person (kWh/person)
Stockholm-Huddinge	107
Linköping	111
Borlänge	120

Tabell 4-18. Kommuner som har lägst elanvändning/producerad m³ för vattenförsörjning och avloppshantering

Kommun	Elanvändning/prod.m ³ (kWh/m ³)
Stockholm-Huddinge	0,878
Borlänge	0,880
Västerås	0,95

5. Jämförelse av energianvändning mellan 2005 och 2008

5.1 Allmänt

Inom energiprojektet skall undersökningar av energianvändningen göras för åren 2005, 2008 och 2011. I föregående kapitel har vi använt resultatet i undersökningen för att extrapolera till hela branschens data och kan då jämföra dessa siffror med de som togs fram för 2005. Självklart finns det en del osäkerheter inbyggda i en sådan jämförelse på grund av felaktiga indata och i extrapoleringen.

En intressant jämförelse, som nu är möjlig, är att jämföra energidata för enskilda verk och kommuner (ledningsnät) som deltagit i undersökningarna både 2005 och 2008. En sådan jämförelse bör bli säkrare än för hela branschen. Givetvis påverkas den totala energianvändningen av storleksfaktorer som invånare, förbrukat vattenmängd, nederbörd mm. Med lämpliga nyckeltal kan dock en del av detta elimineras.

5.2 Vattenverk

De 55 vattenverk från 28 olika organisationer som deltagit i både Energi 2005 och Energi 2008 och som använts i undersökningen är:

Tabell 5-1. Vattenverk som använts i jämförelsen mellan Energi 2005 och Energi 2008

Kommun	Vattenverk	Kommun	Vattenverk
Stockholm	Norsborg	Kristinehamn	Sandköping
	Lovö		Nybble
Motala	Borensberg VV		Bäckhammar
	Råsnäs	Säffle	Säffle
Aneby	Aneby		Nysäter
Älmhult	Älmhult		Svanskog
Västervik	Överum	Kumla	Blacksta
	Ankarsrum	Västerås	Hässlö
	Gamleby		Bergboda
Karlskrona	Karlskrona	Sala	Knipkällan
Svedala	Svedala	Smedjebacken	Snöå
Trelleborg	Trelleborg	Ovanåker	G. Homna
	Klagstorp		Raske
Halmstad	Sennan	Nordanstig	Bergsjö
	Kärret		Harmånger
	Oskarström	Gävle	Totra
	Byaledet		Axmarby
	Söndrum		Sätra
	Perstorp		Valbo
Varberg	Kvarnagården		Hedesunda
Kungsbacka	Fjärås bräcka	Timrå	Lagfors
Uddevalla	Marieberg	Sundsvall	Nolby
Borås	Dalsjöfors		Matfors
	Sjöbo		Wifsta
Skövde	Melldala	Piteå	Grönsta
Tidaholm	Källefäll	Norrvatten	Degeränget
			Görvån

Dessa vattenverk uppvisar data enligt tabell 5-2:

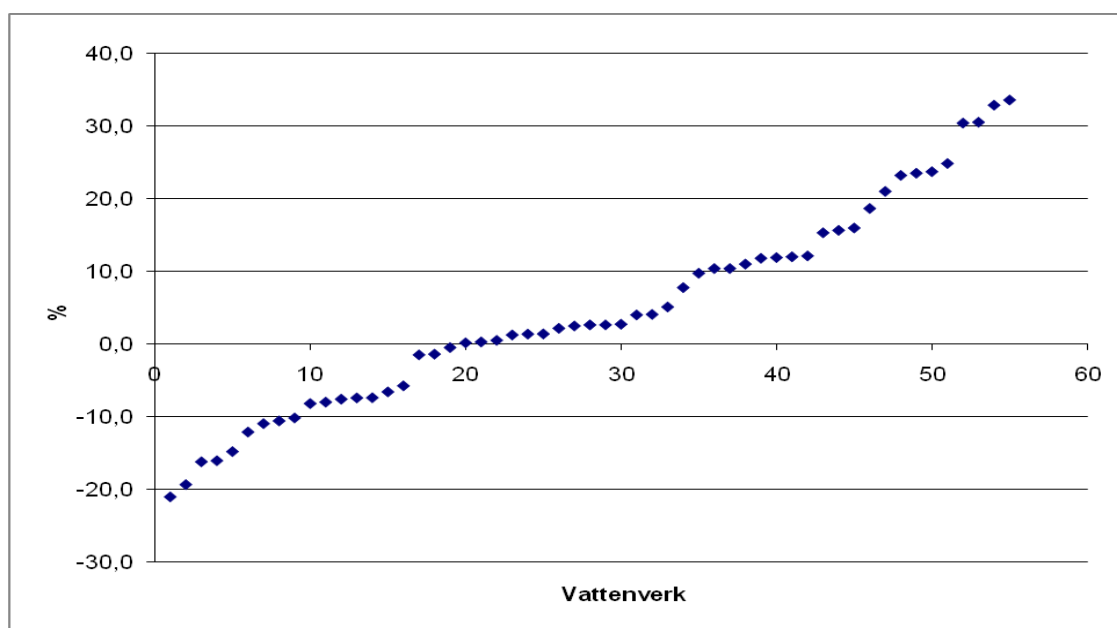
Tabell 5-2. Data för vattenverken som deltagit i Energi 2005 och Energi 2008

	2005	2008	Förändring 08-05 (%)
Total elanvändning (GWh)	111,2	113,2	1,8
Producerad vattenmängd (Mm ³)	263,9	268,9	1,9
Elförbrukn./prod.m ³ (kWh/m ³)	0,42	0,42	0

Av tabell 5-2 kan vi se att om hänsyn tas till producerad vattenmängd är energianvändningen i stort sett densamma (en minskning med 0,07 % om vi använder fler decimaler – vilket ligger inom felmarginalen). Förmodligen har många vattenverk under de tre åren infört mera energikrävande processer såsom UV-ljus och installation av värmepumpar, varför detta sannolikt är ett bra resultat.

Nyckeltalet elanvändning/producerat vatten (kWh/m³) för enskilda vattenverk visas i figur 5-1 där förändringen i % mellan 2008 och 2005 framgår.

Av figur 5-1 kan vi utläsa att 19 vattenverk förbättrat sitt nyckeltal och 36 vattenverk har ett sämre nyckeltal 2008 än 2005. Eftersom totala energianvändningen/producerad vattenmängd för vattenverken visar en liten minskning betyder detta att de stora verken har en bättre utveckling än de små.



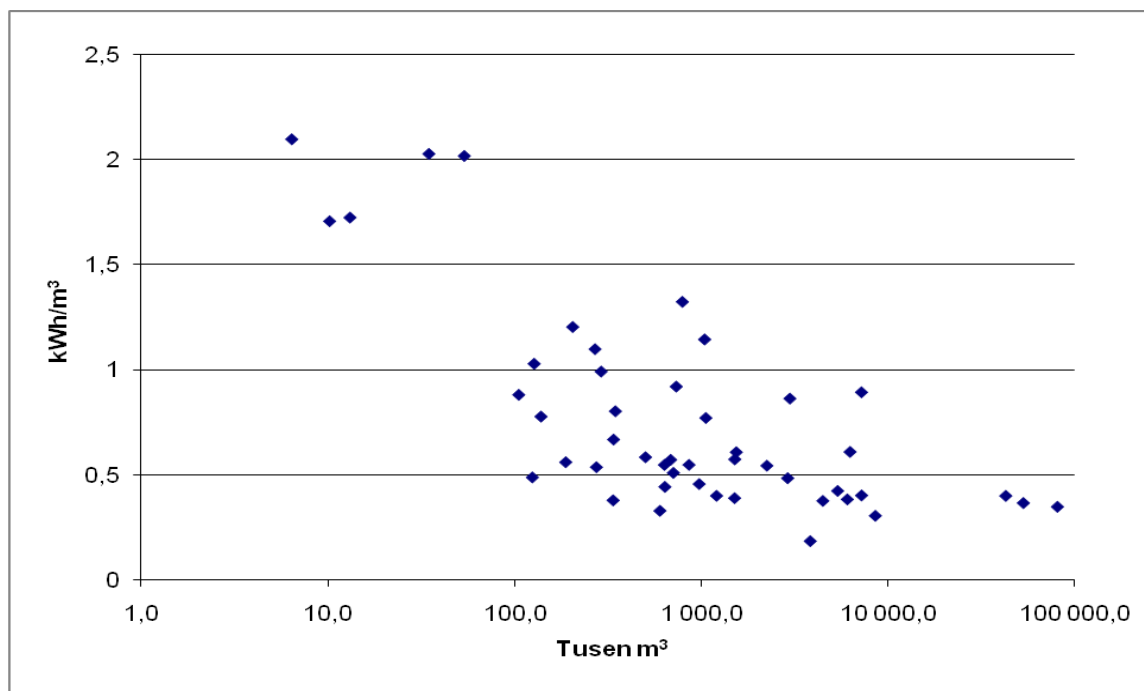
Figur 5-1. Förändring av nyckeltalet elanvändning/producerad m^3 (KWh/m^3) mellan 2008 och 2005

De vattenverk som har den bästa förändringen visas i tabell 5-3.

Tabell 5-3. Vattenverk med den största minskningen av elanvändning mellan 2005 och 2008

Kommun	Vattenverk	Minskning av elanvändning (%)
Nordanstig	Hamrån	21,0
Varberg	Kvarnagården	19,3
Nordanstig	Bergsjö	16,2

Att större vattenverk är energieffektivare kan vi se i figur 5-2 där nyckeltalet elanvändning/producerad m^3 2008 plottas som funktion av producerad vattenmängd i logaritmisk skala för vattenverk enligt tabell 5-1.



Figur 5-2. Elanvändning/prod.m³ (kWh/m³) 2008 som funktion av vattenverkets produktion

5.3 Ledningsnät

De 32 kommuner som deltagit i undersökningarna Energi 2005 och Energi 2008 och som använts i jämförelsen är:

Tabell 5-4. Kommuner som varit med i Energi 2005 och Energi 2008

Kommun	Vattenledningsnätet	Avloppsledningsnätet
Stockholm	Ja	Ja
Uppsala	Ja	Ja
Motala	Ja	Ja
Aneby	Ja	Ja
Eksjö	Ja	Ja
Älmhult	Ja	Ja
Västervik	Ja	Ja
Karlskrona	Ja	Ja
Svedala	Ja	Ja
Lund	Ja	
Eslöv	Ja	Ja
Trelleborg	Ja	Ja
Halmstad	Ja	Ja
Varberg	Ja	
Kungsbacka	Ja	Ja
Göteborg	Ja	Ja
Uddevalla	Ja	Ja
Borås	Ja	
Skövde	Ja	Ja
Tidaholm	Ja	Ja
Kristinehamn	Ja	Ja
Säffle	Ja	Ja
Kumla	Ja	
Västerås		Ja
Sala	Ja	Ja
Smedjebacken	Ja	Ja
Ovanåker	Ja	Ja
Nordanstig	Ja	Ja
Gävle	Ja	Ja
Timrå	Ja	Ja
Sundsvall	Ja	Ja
Piteå	Ja	Ja

5.3.1 Vattenledningsnät

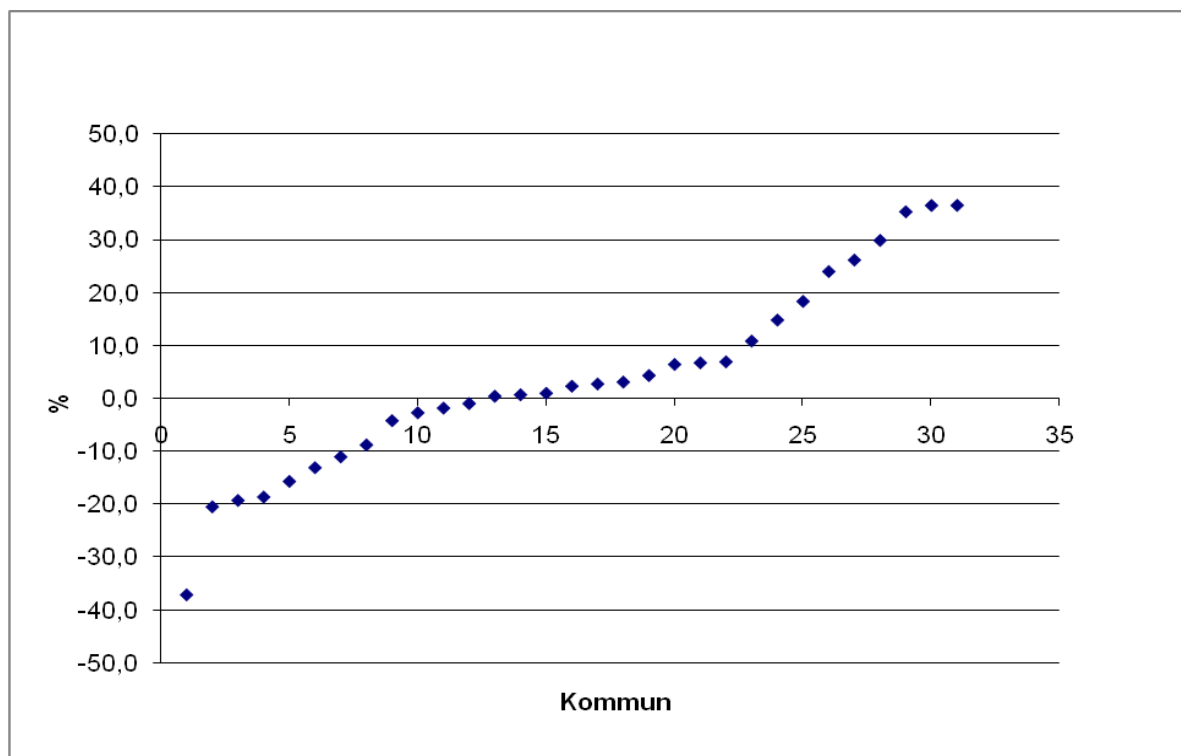
Kommunerna i tabell 5-4 uppvisar följande data för vattenledningsnätet:

Tabell 5-5. Data för vattenledningsnätet i kommuner som deltagit 2005 och 2008

	2005	2008	Förändring 08-05 (%)
Total elanvändning (GWh)	32,28	33,81	+4,8
Mantalskriven folkmängd	2 576 669	2 641 540	+2,5
Elförbrukn./person (kWh/person)	12,53	12,80	+2,2

Av tabell 5-6 kan vi se att om hänsyn tas till befolkningens ökning visar energianvändningen en ökning med 2,2 %.

Om vi studerar nyckeltalet elanvändning/person (kWh/person) för enskilda kommuner fås figur 5-3 som visar förändringen i % mellan 2008 och 2005.



Figur 5-3. Förändring av nyckeltalet kWh/person för vattenledningsnätet mellan 2008 och 2005

Av figur 5-3 kan vi utläsa att 12 kommuner har förbättrat sitt nyckeltal medan 19 kommuner har ett sämre nyckeltal 2008 än 2005.

5.3.2 Avloppsledningsnät

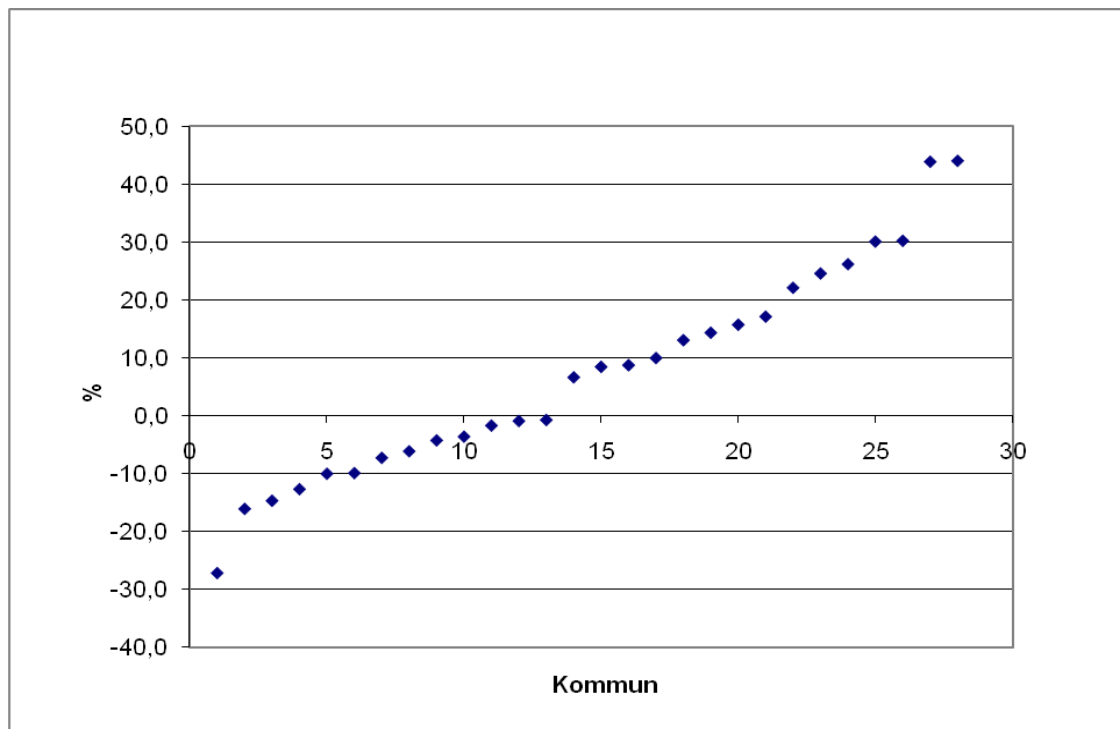
Kommunerna i tabell 5-4 uppvisar följande data för avloppsledningsnätet:

Tabell 5-6. Data för avloppsledningsnätet i kommuner som deltagit 2005 och 2008

	2005	2008	Förändring 08-05 (%)
Total elanvändning (GWh)	39,50	43,03	+8,9
Mantalskriven folkmängd	2 433 653	2 493 296	+2,5
Elförbrukn./person (kWh/person)	16,23	17,26	+6,3

Av tabell 5-7 kan vi se att om hänsyn tas till befolkningens ökning visar energianvändningen en ökning med 6,3 %. En förklaring till denna ökning är att nederbörden var större 2008 än 2005 vilket framgår av tabell 3-8.

Om vi studerar nyckeltalet elanvändning/person (kWh/person) för enskilda kommuner fås figur 5-4 som visar förändringen i % mellan 2008 och 2005.



Figur 5-4. Förändring av nyckeltalet kWh/person för avloppsledningsnätet mellan 2008 och 2005

Av figur 5-4 kan vi utläsa att 13 kommuner har förbättrat sitt nyckeltal medan 15 kommuner har ett sämre nyckeltal 2008 än 2005.

5.4 Avloppsreningsverk

72 avloppsreningsverk från 30 olika kommuner/organisationer har deltagit i Energi 2005 och Energi 2008 och har använts i jämförelsen. Dessa är.

Tabell 5-7. Avloppsreningsverk som deltagit i undersökningen 2005 och 2008

Kommun	Avloppsreningsverk	Kommun	Avloppsreningsverk
Stockholm	Bromma	Kristinehamn	Nybble
	Henriksdal		Fiskartorpet
Uppsala	Kungsängsverket		Bäckhammar
	Storvreta	Säffle	Säffle
	Björklinge	Örebro	Skebäck
Älmhult	Älmhult		Odensbacken
Västervik	Överrum		Garphyttan
	Gamleby	Kumla	Kumla
	Lucerna	Västerås	Kungsängsverket
Lund	Södra Sandby		Skultuna
	Dalby	Sala	Sala
	Genarp	Smedjebacken	Björnsjö
	Veberöd		Vad
	Källby		Söderbärke
Eslöv	Elinge		Bylandet
Trelleborg	Trelleborg	Ovanåker	Edsbyn
	Smygehamn		Alfta
	Alstad	Nordanstig	Hassela
Halmstad	Västra Stranden		Strömsbruk
	Oskarström	Gävle	Norrsundet
	Getinge		Axmarby
	Busör		Duvbacken
Varberg	Bua		Hedesunda
	Veddige	Timrå	Sandarna
	Gettröverket		Näs
	Tvååker		Söråker
Kungsbacka	Hammargården	Sundsvall	Tivoli
	Kullavik		Fillan
	Ölmanäs		Stöde
Uddevalla	Skansverket		Essvik
	Ljungskile		Bällsta
Borås	Bogryd	Piteå	Norrjärden
	Gässlösa		Rosvik
Skövde	Stadskvarn		Sandholmen
Tidaholm	Tidaholm	SYVAB	Himmerfjärden
		Käppalaförbundet	Käppala
		GRYAAB	Ryaverket

Dessa avloppsreningsverk uppvisar följande data:

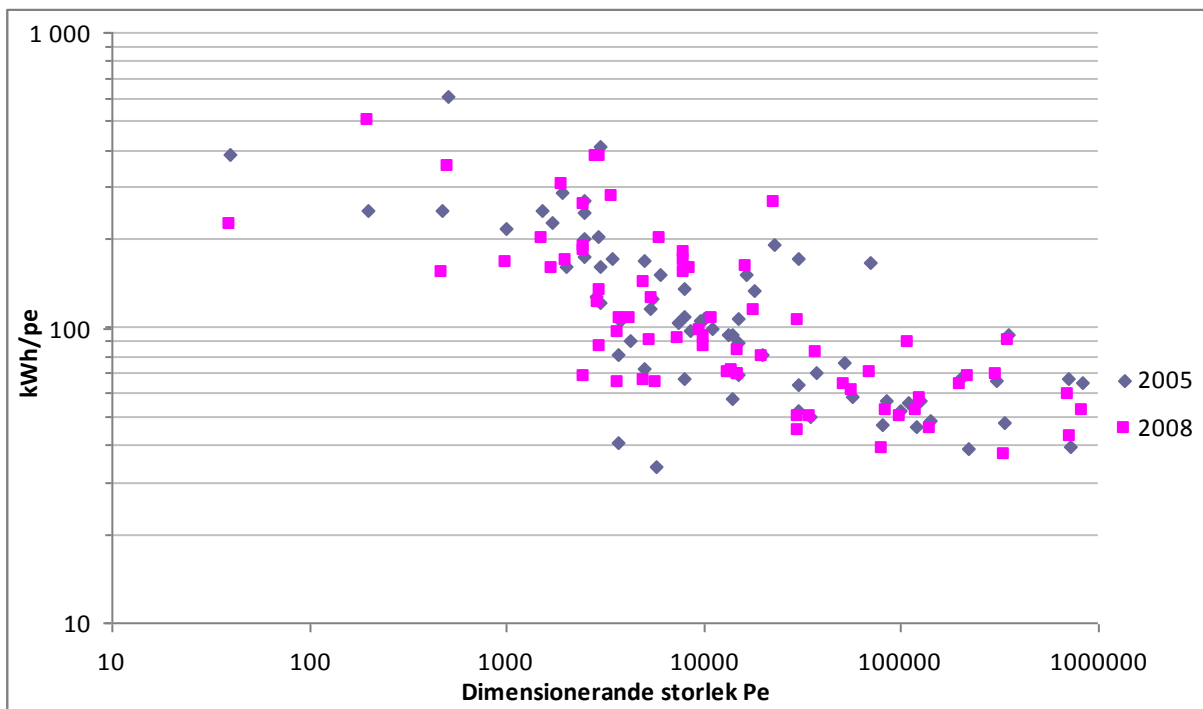
Tabell 5-8. Jämförelse av data för avloppsreningsverk som deltagit 2005 och 2008

Not		2005	2008	Förändring(%)
1	Total elanvändning (GWh)	217,7	215,0	-1,2
2	Belastning (10^6 pe)	3,55	3,66	3,0
3	Dimensionerande kapacitet (10^6 pe)	4,26	5,09	19,5
4	Specifik elanvändning (kWh/pe)	61,3	58,8	-4,1
5	Behandlad vattenmängd (10^6 m ³)	507,8	579,0	14,0
6	Vattenmängd (m ³ /pe)	142	158	10,7
7	Elanvändning per behandlad m ³ (kWh/m ³)	0,43	0,37	- 13,0
8	Värmepumpar (antal)	17	21	23,5
9	Värmeväxlare (antal)	110	166	23,5
10	Verk som kalkstabiliserar sitt slam (antal)	9	6	-33,3
11	Egenproducerad elenergi (GWh)	19,6	12,5	-36,2
12	Till gasnät såld gas (GWh)	iu	77,3	-
13	Mottagen gas (GWh)	iu	7,8	-
14	Gas till fordonsdrift (GWh)	iu	76,7	-
15	Utvunnen biogas (GWh)	289	314	8,9

Kommentarer och förklaringar till tabellen: (iu=ingen uppgift):

- Total förbrukning inkl egenproducerad el
- Beräknad från inkommande mängd BOD₇. Ökningen är något större än befolkningsökningen i Sverige. Det bör dock observeras att folkökningen till största delen sker i folktäta områden och att verksamhetsområden för VA successivt utvidgas.
- Ett flertal verk har byggts ut under året på grund av ökad belastning och skärpta myndighetskrav.
- Elanvändningen har gått ner markant. Det bör observeras att de ökningarna som redovisas under punkter 3 och 6 samtidigt med detta har bidragit till att öka elanvändningen.
- Den inkommande vattenmängden har ökat kraftigt.
- Den ökande vattenmängden beror inte på ökad belastning från anslutna personer och industrier.
- Den kraftigt ökade vattenmängden har inte tydligt slagit igenom på energiförbrukningen.
- De uppgifter som inkommit om förbrukad och utvunnen energi i värmepumpar är för osäkra för närmare slutsatser, men det är tydligt att värmepumpar används alltmer frekvent på avloppsreningsverken.
- Värmeväxlare finns i olika dimensioner. Det ökade antalet indikerar dock i sig på ett tydligt sätt en effektivare energihushållning.
- Även här säger inte det förändrade antalet anläggningar hur stor förändringen är i mängd kalkat slam per år. Utvecklingsriktningen är dock tydlig.
- Den ökande mängd gas som levereras till fordonsdrift slår igenom i form av minskad elproduktion.
- Denna uppgift representerar gas som säljs till det allmänna gasnätet eller till annan extern användare.
- VA-verken mottar ibland annan gas, exempelvis för uppgradering tillsammans med den egna gasen.
- Denna gas utgör leverans direkt till tankstationer.
- Den ökande gasmängden är en följd av ökad belastning på verken, tillskott av externt rötbart material och effektivare rötning.

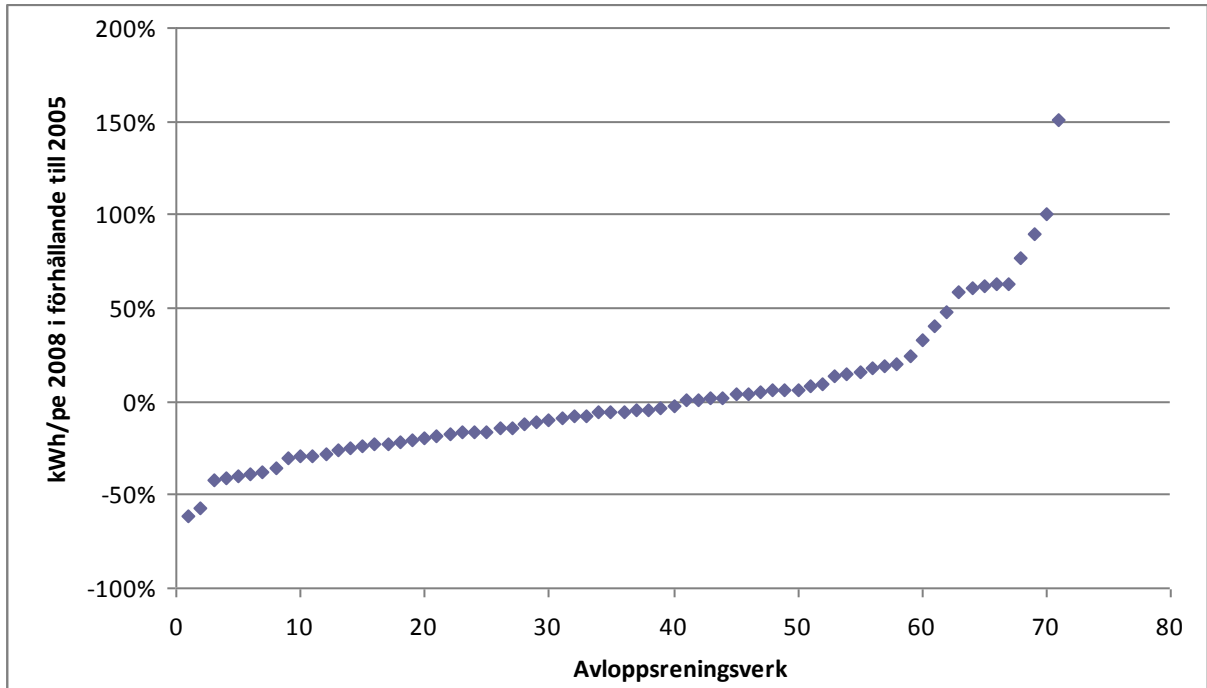
Av tabell 5-9 kan vi se att om hänsyn tas till behandlad vattenmängd visar energianvändningen en kraftig minskning med 13 %. Data i tabell 5-9 kommenteras närmare i avsnitt 6: Diskussion.



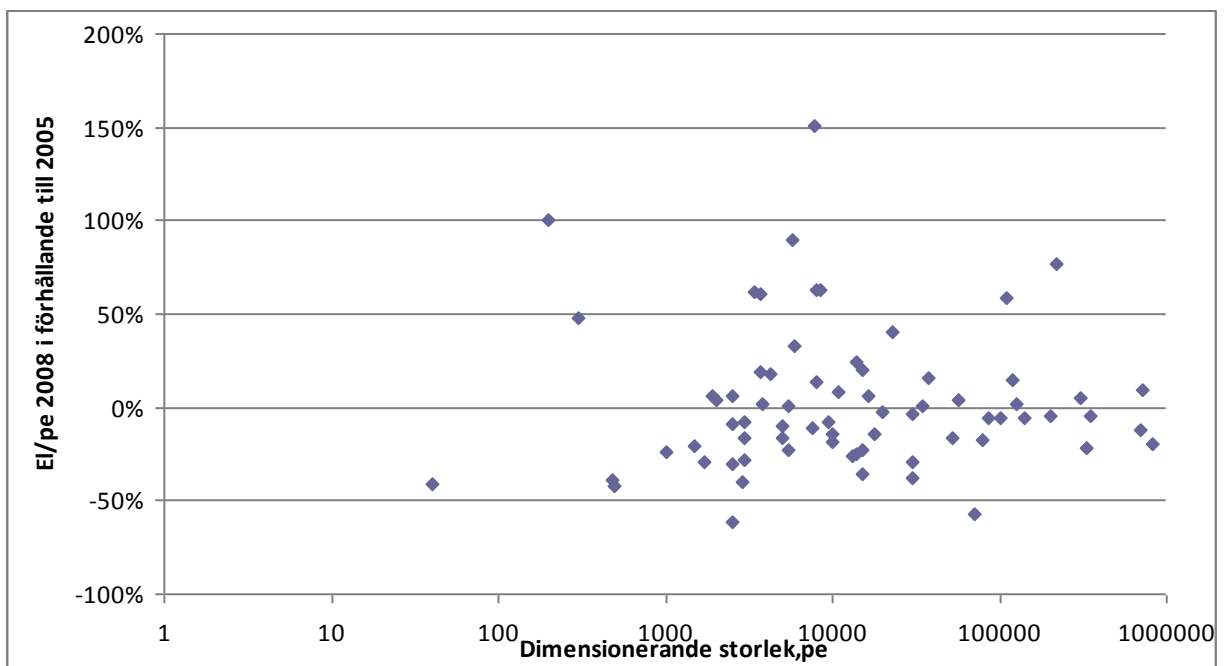
Figur 5-5. Specifik elanvändning för avloppsreningsverk som deltagit i undersökningarna 2005 och 2008

Relationen mellan specifik elanvändning och anläggningsstorlek följer ungefär samma mönster för dessa verk som för samtliga verk i undersökningen. Det går dock inte att utläsa något tydlig trend i förändringar mellan åren för de olika verken.

Bilden är spridd och visar såväl stora förbättringar som stora försämringar vilket framgår av figurerna 5-6 och 5-7.



Figur 5-6. Förändring av specifik elanvändning för avloppsreningsverken



Figur 5-7. Förändring av specifik elanvändning för avloppsreningsverken som funktion av storlek

Bland de verk som visar tydliga förbättringar finns en övervikt av stora verk. Trots det intryck figuren ger har vi en tydlig genomsnittlig förbättring i form av en minskning av 4,1 %.

De avloppsreningsverk som har lägsta nyckeltal 2008 av de som i denna studie är jämförda framgår av tabell 5-13.

6. Slutsatser och diskussion

6.1 Allmänt

Svenskt Vattens energieffektiviseringsprojekt har pågått sedan 2005. En viktig målsättning är att minska energianvändningen inom svensk VA-sektor. För att mäta om detta mål uppfylls görs en stor energijundersökning vart tredje år. Branschen tar även årligen in data för driften där några översiktliga frågor på energianvändningen ingår.

6.2 Avloppsreningsverk

Vid utvärdering av energihushållningen i de svenska avloppsreningsverken måste även uppnådd miljönytta vägas in. Verken har en gång tillkommit för att skydda sjöar och hav från förstörelse av den påverkan som utgår från hushåll, industrier, mm. Det viktiga har då varit att bryta påverkan från gödande och syreförbrukande ämnen. Krav på effektiv resursanvändning är något som accentueras med ökat miljömedvetande och stigande energi- och råvarupriser.

All användning av energi ger upphov till en negativ miljöpåverkan i någon form. De myndighetsvillkor som ställs på verken tar dock än så länge inte särskilt stor hänsyn till denna typ av påverkan. Som exempel kan vi i undersökningen se att elanvändningen för avloppsvattenbehandling varierar mellan 35 och 9 105 kWh per personkvivalent och år, en skillnad med en faktor 260. I sammanhanget bör jämföras med den samlade per capita förbrukningen av elenergi i Sverige, som är drygt 15 000 kWh/år. Man kan ställa sig frågan om verk med så hög elanvändning bidrar positivt till miljön eller om miljöpåverkan på grund av att 9 105 kWh el framställs, är större än vad utsläpp av motsvarande mängd obehandlat avloppsvatten är. Vi kan samtidigt se ett stort antal verk med mycket låg förbrukning av elenergi, men också ett flertal som ligger mycket högt. Detta ger oss också en tydlig indikation om att en betydande effektivisering är möjlig och antyder att detta till och med kan ske med till stor del enkla medel.

6.2.1 Uppnådd effektivisering

Om vi jämför data mellan Energi 2005 och Energi 2008 kan vi tydligt se att en effektivisering har skett. Denna kan konstateras i tre avseenden:

- Minskad elanvändning
- Ökad energiutvinning
- Växling till lämpligare energislag

Energi 2008 omfattar fler anläggningar än Energi 2005 och alla verk är nu rapporterade enskilt. Detta begränsar noggrannheten i jämförelser mellan de båda åren. En bra jämförelse kan dock göras om man istället jämför förändringar vid de 70 verk som inrapporterats med rimliga värden i båda undersökningarna. Dessa verk omfattar samtidigt så mycket som 3,66 miljoner personkvivalenter av de 5,06 miljoner som totalt finns med i undersökningen, dvs. 72 % av den samlade undersökningen.

6.2.1.1 Elanvändning

Om vi tittar på elanvändningen per pe, kan vi se att denna har minskat med 4,1 % för de 70 avloppsreningsverk som ingått i både Energi 2005 och Energi 2008. Det innebär dock inte 4,1 % effektivisering. Vi kan se att en kapacitetsutbyggnad har skett för att uppfylla gällande myndighetskrav. Denna har varit så stor som 19,5 %, vilket fått till följd att kapacitetsutnyttjandet minskat markant. Vi kan även se att inkommande vattenmängder har ökat 10,7 % per pe till följd av dels större nederbörd, dels ledningsnätets utformning och status. Utöver detta har användningen av värmepumpar för verkens interna värmeförsörjning ökat och el till dessa ingår i siffrorna. Det går med säkerhet att säga att elanvändningen på verken har blivit betydligt effektivare. En effektivisering av elanvändningen om 6 % mellan de båda

åren är en mycket försiktig bedömning och då har den ökade mängden inkommande vatten nästan inte tillmätts någon betydelse.

Det är tveklöst så att vattenrening kräver elenergi och att höggradig rening vid i övrigt lika förutsättningar kräver mer elenergi än låggradig. Intressant är därvid att detta samband inte kan spåras i undersökningsresultatet. Man kan i och för sig notera ett svagt samband mellan kväveavskiljning och ökad elanvändning, men för BOD-avskiljning är sambandet närmast motsatt. Slutsatsen blir så här långt att höggradig avskiljning tycks balanseras av effektivare anläggningsuppbyggnad och/eller drift .

Om man sammanfattar analysen av eleffektiviteten kan man ur insamlade data dra slutsatsen att ett effektivt verk normalt kännetecknas av

- Dimensionerande storlek minst 50 000 pe
- Minst 70% kapacitetsutnyttjande som årsgenomsnitt
- En avloppsvattenmängd om högst 150 m³/pe och år
- Att avloppsreningsverket drivs med goda reningsprestanda

Samtidigt finns trots allt eleffektiva verk som inte uppfyller dessa kriterier. De skillnader som kan iaktas mellan verk i samma storlek, samt det faktum att skalfördelarna är betydande, indikerar fortsatt stora effektiviseringspotentialer. Det verk bland de större som har lägst specifik elanvändning använder 35 kWh per pe och år. Skulle alla verk i landet drivas med denna effektivitet skulle elanvändningen reduceras med över 40 % och då bör beaktas att även det bästa verket torde ha en märkbar effektiviseringspotential.

6.2.1.2 Gas

Energi 2008 visar tydligt en pågående utveckling i linje med energiprojektets mål. Alltmer av gasen används nu till andra ändamål än uppvärmning, produktion av överskottsvärme och fackling. En stor del av gasen avsätts nu till ändamål utanför VA-sektorn,. Potentialen för fortsatt effektivisering bedöms samtidigt som mycket stor, främst genom att:

- ökad mottagning av externt organiskt material (bättre kapacitetsutnyttjande av bebefintlig röt-kammarvolym)
- ökad användning av gas för produktion av fordonsgas och el
- ökad andel av inkommande organiskt material omvandlas till biogas (se även bilaga 1)

6.2.1.3 Växling mellan energislag

Vi kan se en tydlig utveckling där egna värmepumpar och fjärrvärme används alltmer. Med det över året relativt jämna värmebehovet innebär denna omställning att den mängd primärt tillförd energi som behövs minskar dramatiskt. Vi kan även se en antydning till att biobränslen börjat användas. Traditionellt finns en hel del oljepannor installerade, framförallt som backupvärme vid drift av biogasspannor i syfte att täcka toppar och uppstart av biogassystemen. Denna energianvändning är relativt måttlig och kommer att minska i takt med att biogasens användning som intern värmekälla avklingar. Vissa verk är anslutna som abonnenter till gasnät för att täcka tillfälliga eller långvariga underskott i den egna gaspro-

duktionen. Dessa inköp av gas är under avveckling på flera håll och i några fall redan avvecklade. Mer vanligt är att extern gas (exempelvis deponigas) för uppgradering tas emot för förädling till främst fordonsgas tillsammans med den egenproducerade gasen. Detta ger en samverkan för ökad effektivitet.

Användningen av värmepumpar och värmeväxlare ökar markant, siffrorna har visat sig inrymma en påtaglig osäkerhet, vilket gör en samlad kvantifiering av de här aktuella energimängderna svår. Det råder dock ingen tvekan om utvecklingsriktningen. Bakom utvecklingen står med all säkerhet dels en övergång från intern användning av den egenproducerade gasen till avyttring, dels en övergång från direktverkande elvärme till andra uppvärmningsformer. Försäljning av gasen ger värmeenergin ett pris och det blir lönsamt att effektivisera.

Användningen av fjärrvärme håller på att bli betydande. Här finns samtidigt incitament till teknikutveckling. Mesofila rötsystem kan tänkas bli uppvärmda med energi från fjärrvärmesystemets retur. Samtidigt finns frågan om framtida hygienisering av slam som kan komma att kräva högre temperaturer.

Effektiviseringspotentialerna är fortsatt betydande, dels i form av fortsatt växling mellan energislag, dels i form av reducerad användning av uppvärmningsenergi. Det faktum att merparten av gasen fortfarande används för interna ändamål är en fingervisning.

6.2.1.4 Övrig energi

Vi kan konstatera att allt färre verk kalkstabiliserar sitt slam. Detta är en energimässig fördel. Kalk innehåller en stor mängd energi från sin tillverkningskedja samtidigt som kalkning blockerar slammet från energiutvinning.

I övrigt finns skäl att uppmärksamma användning av kolkällor och andra kemikalier. Bedömningen är dock att närmare utvärdering av detta måste anstå till Energi 2011 och att en mer omfattande kvalitets-säkring då kan behöva genomföras. Denna typ av energianvändning karterades inte i 2005 års undersökning. Vid nästa tillfälle finns därmed även möjlighet att göra parvisa jämförelser av värden från 2008 och 2011 från samma verk.

6.3 Totalt

Den totala energianvändningen har minskat med ca 4 % mellan 2005 och 2008. Elanvändningen har minskat med 2,5 %. Den stora minskningen av elanvändningen är på avloppsreningsverk vilket är förväntat eftersom den största potentialen finns här. I dessa jämförelser finns många felkällor, bl.a:

- Nederbördens påverkan på elanvändningen
- Befolkningsökning
- Ökad anslutningsgrad genom urbanisering
- Utökade verksamhetsområden framförallt i omvandlingsområden
- Energiomställning bl.a. genom anskaffande av värmepumpar som ökar elanvändning och minskar användning av olja, gas och annat
- Ökade myndighetskarv i form av ytterliggare reningssteg

En del av dessa orsaker kan vi eliminera eller åtminstone reducera genom att analysera nyckeltal i stället för totalsiffror.

I kapitel 5 har vi dessutom analyserat samma anläggningar som har deltagit i Energi 2005 och Energi 2008. Denna jämförelse torde vara den säkraste eftersom eventuella felaktiga ingångsdata inte påverkar jämförelsen under förutsättning att fel är konsekventa och konstanta. Denna jämförelse framgår av tabell 6-1.

Tabell 6-1. Summering av förändring av energianvändning 2008 jämfört med 2005

Verksamhet	Nyckeltal	Förändring 08-05 (%)
Vattenproduktion	elanv/prod.m ³	-0,1
Vattenledningsnät	elanv/person	+2,2
Avloppsledningsnät	elanv/person	+6,3
Avloppsreningsverk	elanv/pe	-4,1

En viktning av ovanstående utifrån andel av total elanvändning ger en total förändring av elanvändningen på ca – 2 %.

En viktig fråga är hur stor effektiviseringen har varit mellan åren och till vilken del denna kan vara kopplad till ökade energipriser, främst på elenergi.

Vi kan i undersökningen tydligt se att avloppsreningen kraftigt byggts ut för att möta myndighetskrav och befolkningsökning. Vattenverken använder alltmer desinfektion med elkrävande UV-aggregat för att nå god vattenkvalitet ur hygienisk synpunkt. Vi ser också att allt mer utrustning för gasuppgradering installeras, samtidigt som värmepumpar delvis används som värmekälla när gas levereras till externa användare. Det har 2008 varit betydligt mer nederbörd än 2005, vilket ökat energiförbrukningen för både avloppsledningsnät och avloppsreningsverk. Vi bedömer att om elenergin skulle använts lika effektivt 2008 som 2005 skulle förbrukningen ha varit 5% högre än vad den varit enligt Energi 2008. Vi kan således konstatera en effektivisering om cirka 5%.

Man kan därtill ställa frågan om denna effektivisering är att relatera till höjda elpriser eller till långsiktigt och aktivt effektiviseringsarbete i branschen. Vi kan då konstatera att ökningen av elpriserna infallit för sent för att denna faktor skulle haft någon stor inverkan på Energi 2008. Effektiviseringen är samtidigt för stor för att bara vara resultat av snabba åtgärder. Det är samtidigt tydligt att branschen har reducerat den egna elproduktionen och etablerat elkrävande anläggningsdelar för att kunna leverera gas till externa avnämare. Denna utveckling skulle inte ha skett om elpriset skulle ha varit avgörande för effektiviseringsarbetet mellan 2005 och 2008. Det är uppenbart att branschen har påverkats av kriterier som varit mer avgörande än det höjda elpriset.

Bilaga 1: Deltagande kommuner och organisationer

Energi 2008

Kommun	Rörnät	VV	ARV	Kommun	Rörnät	VV	ARV
Alingsås kommun	1	1	1	Motala kommun Vatten	1	1	1
Aneby Miljö & Vatten AB	1	1	1	Mälarenergi AB	1	1	1
Arboga kommun	1	1	1	Norrköping Vatten AB	1	1	1
Bodens kommun	1	1	1	Olofströms Kraft AB	1	1	1
Bollnäs kommun	1	1	1	Ovanåkers kommun	1	1	1
Borlänge Energi AB	1	1	1	Piteå Renhålln. o Vatten AB	1	1	1
Borås kommun	1	1	1	Ronneby Miljö & Teknik AB	1	1	1
Eksjö Energi AB	1	1	1	Roslagsvatten AB	-	-	-
Eslövs kommun	1	1	1	Knivsta	1	1	1
Finspångs Tekn.Verik AB	1	1	1	Vallentuna	1	0	1
Gotlands kommun	1	1	1	Vaxholm	1	0	1
Gästrike Vatten AB	-	-	-	Österåker	1	1	1
Gävle	1	1	1	Sala kommun	1	1	1
Hofors	1	1	1	Smedjebacken Energi&Vatten	1	1	1
Ockelbo	1	1	1	Stockholm Vatten AB	1	1	1
Älvkarleby	1	1	1	Svedala kommun	1	1	1
Göteborg Vatten	1	0	-	Säffle kommun	1	1	1
Habo kommun	1	1	1	Säters kommun	1	1	1
Halmstads kommun	1	1	1	Söderhamns Vatten&Renh. AB	1	1	1
Helsingborg stad	1	0	1	Tidaholms kommun	1	1	1
Karlskrona kommun	1	1	1	Trelleborgs Kommunal Teknik	1	1	1
Kristianstads kommun	1	1	1	Trollhättans kommun	1	1	1
Kristinehamns kommun	1	1	1	Uddevalla kommun	1	1	1
Kumla kommun	1	1	1	UMEVA	1	1	0
Kungsbacka kommun	1	1	1	Uppsala Vatten och Avfall AB	1	1	1
Köpings kommun	1	1	1	VA SYD	-	-	-
Linköping Tekn.Verik AB	1	1	1	Lund	1	1	1
Ludvika kommun	1	1	1	Malmö	1	1	1
Lycksele kommun	1	0	0	Valdemarsviks kommun	1	1	1

Mariestads kommun	1	1	1	Vatten & Miljö i Väst AB	-	-	-
Melleruds kommun	1	1	1	Varberg	1	1	1
MittSverige Vatten AB	-	-	-	Vänersborgs kommun	1	1	1
Nordanstig	1	1	1	Västerviks kommun	1	1	1
Sundsvall	1	1	1	Ämås kom- mun	1	1	1
Timrå	1	1	1	Älmhults kommun	1	1	1
Mjölby kommun	1	1	1	Örebro kom- mun	0	0	1

Regional organisation	Rörnät	VV	ARV
Gryaab AB	-	-	1
Käppalaförbundet	-	-	1
Norrvatten	-	1	-
Sydvatten AB	-	1	-
SYVAB	-	-	1

1=svarat

0=ej svar

Bilaga 2

Biogas vid avloppsreningsverk 2008 och 2009 - produktion och användning samt nyckeltal

Denna bilaga har sammanställts av Peter Balmér, VA-strategi.

Sammanfattning

Data från Biogas-VASS 2008 och 2009 har bearbetats och ett antal nyckeltal har beräknats. Nyckeltalen uppvisar mycket stor spridning. Variationen beror till stor del troligen på mätfel. Medianvärdena för verk utan eller med liten extern belastning stämmer väl överens med de värden som kan beräknas från rimliga antaganden om omvandling av organiskt material vid avloppsreningsverk. För samtliga reningsverk med biogasproduktion, är medianvärdena för de två åren:

- kWh per personekvivalent och år - 82 kWh/pe,år för bägge åren
- Volym gas per kg VS tillfört röt-kammaren - 0,49 resp 0,53 Nm³/kg VS
- kWh per kg COD tillfört verket - 1,34 resp 1,35 kWh/kg COD
- kWh per kg COD tillfört röt-kammaren - 2,03 resp 2,06 kWh/kg COD
- kWh per kg avvattnat rötat slam 3,6 kWh/kg TS

Gasproduktionen vid de svenska avloppsreningsverken kan uppskattas till drygt 600 GWh. Röt-kammarvolymen är vid flertalet verk ej fullt utnyttjad och potentialen för gasproduktion är troligen en bra bit över 1000 GWh om lämpligt substrat kan tillföras röt-kammarna.

Genom en översyn av vilka data som samlas in och genom en samordning med Svenska Miljöportalen bör kvaliteten på data beräknat från Biogas-VASS kunna höjas.

Introduktion

Denna bilaga ger en översikt av biogasproduktionen och användningen av biogas vid svenska avloppsreningsverk år 2008 och 2009. Detta har tidigare rapporterats i Energimyndighetens rapporter 2010:01 och 2010:05. Här har en fördjupad granskning och komplettering av rådata skett och därtill har relationen mellan olika storheter vid biogasproduktion studerats och ett antal nyckeltal för biogasproduktion har beräknats. Materialet i denna bilaga är framtaget för att utgöra underlag och fördjupning till biogasdelen i SVU-rapporten "Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning 2008". Under det att arbetet med rapporten pågick blev även data för år 2009 tillgängliga. Därför har även resultat från 2009 medtagits. Rapporterade data för 2009 har dock inte hunnit kompletteras i samma omfattning som data för år 2008.

Metodik, antaganden och beräkningar

De resultat som presenteras är baserade på bearbetningar av data insamlade i Biogas-VASS undersökningen för 2008 och 2009. Data i Biogas-VASS i biogas 2008 har kompletterats genom sökning i miljörapporter som funnits på internet och genom direkt kontakt med reningsverken. För ett 20-tal verk som inte lämnat uppgifter om biogasproduktion har uppgifter kunnat hämtas från Energi 2008. Då värdet av den kompletterande datainsamlingen var måttligt har ingen motsvarande komplettering av 2009 års data gjorts.

Som grund för att ange belastningen på röt-kammaren har använts antal personekvivalenter anslutna till reningsverket. Många verk mottar slam från mindre reningsverk och en del verk mottar fettslam, käll-

sorterat hushållsavfall, organiskt material från industrier m.m. För att kunna jämföra verk utan (eller med liten) extern belastning med verk som har betydande extern belastning har alla belastningsdata räknats om till COD. COD-data saknas genomgående och de omräkningsfaktorer som använts är bedömningar från författaren till denna bilaga. De defaultvärden som antagits är:

- externt slam från reningsverk, TS har satts till 3 %, VS-andel till 67 %
- för fettslam har TS satts till 5 %, VS-andel till 90 %
- för organiskt material från hushåll har TS satts till 30 % och VS-andel till 80 %

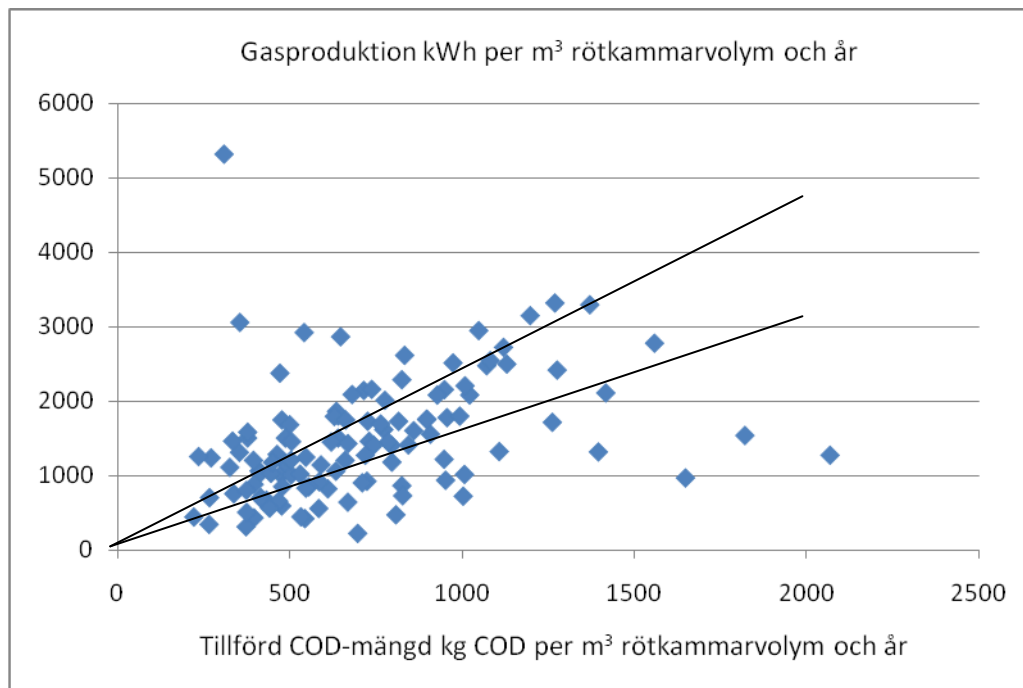
För beräkning av den totala belastningen har alla delposter omräknats till COD. Härvid har följande konverteringsfaktorer använts:

- COD/BOD₇ i inkommande vatten - 2,2
- COD/VS i råslam från externa verk - 1,7
- COD/VS i organiskt avfall från hushåll, storkök och restauranger - 1,4
- COD/VS i fettavskiljarslam - 2,5
- COD/VS i gödsel, avfall från livsmedelsindustri och övrigt substrat - 1,4

Den andel av COD i inkommande avloppsvatten som tillförs röt-kammaren har schablonmässigt satts till 67 %.

Datakvalitet

Mätning av koncentrationer och flöden av slam liksom av gasflöden är inte lätt och rapporterade data uppvisar stora variationer och en del uppenbara fel. Vid rötning finns ett samband mellan energiinnehållet i nedbrutet organiskt material och energiinnehållet i den producerade gasen. Energiinnehållet i det organiska materialet kan mätas som COD. Även om nedbrytningen påverkas av typ av substrat, uppehållstid och andra driftsförhållanden bör det finnas ett nära samband mellan producerad gas och tillförd COD mängd till röt-kammaren. Detta är illustrerat i figur 1.



Figur 1 Gasproduktion per m³ rötkammarvolym och år plottat mot till rötkammaren tillförd COD-mängd per m³ rötkammarvolym och år. Data för år 2008. Linjerna i figuren representerar förväntat samband +/- 20 %.

Att gasproduktionen skulle ligga väsentligt över den övre linjen i figur 1 är osannolikt. Om det finns störningar i gasproduktionen kan produktionen ligga under den nedre linjen i figur 1 men för flertalet av de data som ligger utanför de två linjerna kan mätfel misstänkas. Då det är svårt att med säkerhet avgöra vilka data som kan vara fel har i den fortsatta bearbetningen likväl alla data använts.

Biogasproduktion

Biogasproduktionen vid svenska avloppsreningsverk har i en bearbetning av Gasföreningen (numera Energigas Sverige) av data från Biogas-VASS uppskattats till 96 millioner m³, motsvarande 605 GWh för år 2008. Detta är baserat på uppgifter om gasproduktion från 104 av landets 140 biogasanläggningar vid reningsverk. För de anläggningar där uppgifter om gasproduktion saknades uppskattade Gasföreningen produktionen från rötkammarvolym och medelproduktion per m³ rötkammarvolym vid de anläggningar som lämnat uppgifter. För 24 av de anläggningar som ej angett gasproduktion för år 2008 finns data från 2006. Om produktionen antas vara den samma som 2006 och om man för övriga 12 anläggningar uppskattar gasproduktionen så blir den 97 millioner Nm³ motsvarande 610 GWh. De 12 verk, för vilka gasproduktionen uppskattats, är så pass små att de fel som kan finnas i uppskattningen saknar praktisk betydelse.

För år 2009 är gasproduktionen vid de verk som rapporterar denna 100 millioner Nm³ motsvarande 633 GWh. De verk (9 st.) som inte rapporterat gasproduktion bedöms ha cirka 1,8 % av rötkammarvolymen, vilket ger ytterligare 11 GWh under förutsättning att dessa anläggningar har samma produktion per rötkammarvolym. Förväntad total gasproduktion skulle då vara 644 GWh. I den statistik som redovisas i Energimyndighetens rapport ES 2010:05 redovisas emellertid en del av den producerade gasen som gas från samrötningsanläggningar (biogasproducerande anläggning som rötar olika typer av insamlat material som till exempel matavfall, slakteriavfall, gödsel och energigrödor tillsammans – dock ej slam från reningsverk). Detta beror på att det finns samrötningsanläggningar som är lokaliserade vid avloppsreningsverken, men där rötning sker utan att sammanblandning sker med slam från reningsverket.

Därtill hanterar avloppsreningsverken ytterligare 24 GWh biogas som levereras till verken från andra producenter.

Användning av biogas

I Energimyndighetens rapport anges hur den biogas som produceras vid avloppsreningsverken används. För de 593 GWh där användningen är specificerad anges användningen enligt tabell 1. I tabell 2 finns motsvarande data för år 2009.

Tabell 1. Användning av biogas producerad vid avloppsreningsverk 2008

	GWh	%
Värme inkl förluster och internförbrukning	234 (286)*	39
El-produktion	81 (29)**	14
Uppgradering till fordonsgas	201	34
Fackling	77	13
Summa	593	100

*Siffran inom parentes anger total mängden värme när värmeproduktion från gasmotorer och förlusterna i motorerna läggs till energin i den gas som gått direkt till gaspannor.

**Siffran inom parentes anger el-produktionen

Tabell 2. Användning av biogas producerad vid avloppsreningsverk 2009. Observera att denna gas även inkluderar gas från en del anläggningar som i ES 2010:05 redovisas som samrötningsanläggningar.

	GWh	%
Värme inkl förluster och internförbrukning	227 (277)*	36 (44)
El-produktion	79 (29)**	12 (5)
Uppgradering till fordonsgas	256	40
Fackling och förluster	71	11
Summa	633	100

*Siffran inom parentes anger total mängden värme när värmeproduktion från gasmotorer och förlusterna i motorerna läggs till energin i den gas som gått direkt till gaspannor.

**Siffran inom parentes anger el-produktionen

Antas förluster på 15 % i gasmotorer och gaspannor så kan man uppskatta att ca 60 % av tillgänglig värme går åt till uppvärmning av rökammarna (33 kg råslam-TS med 4 %TS och 25 graders uppvärmning). Att resterande tillgänglig värme i huvudsak skulle gå åt till uppvärmning av lokaler och annat värmebehov verkar rimligt.

Nyckeltal

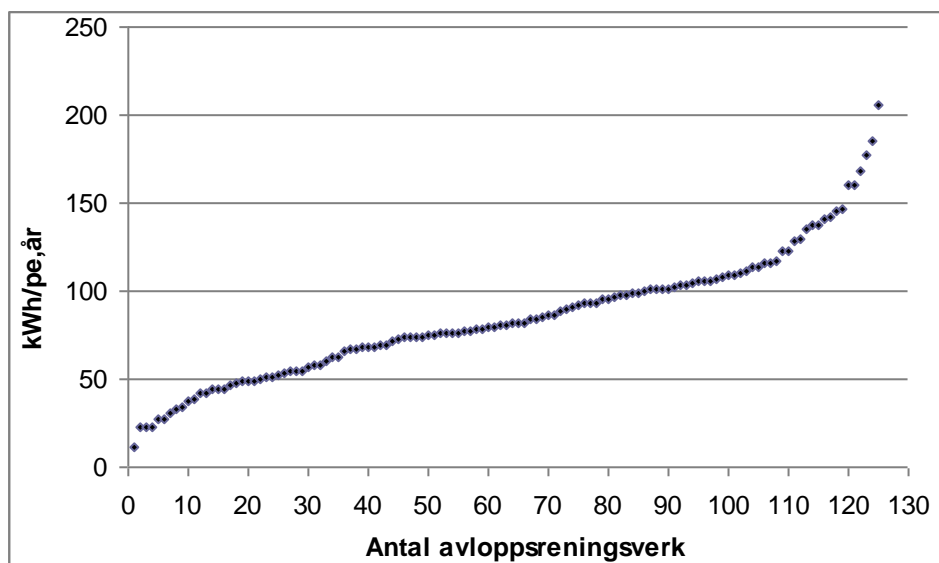
Nyckeltal för biogasproduktion är värdefulla genom att de ger möjlighet att snabbt uppskatta produktionen för enskilda anläggningar och för regioner och för hela landet liksom att bedöma potentialen för ökad produktion. Nyckeltalen ger också möjlighet att bedöma om data för gasproduktion vid en anläggning är rimliga.

Eftersom biogasanläggningarna vid reningsverk bedrivs under olika förutsättningar – en del behandlar enbart avloppsvatten, andra tar emot slam från andra anläggningar och andra tar emot organiskt avfall från hushåll och industri – så är det bra med nyckeltal som är anpassade till dessa olika **förutsättningar**.

kWh per person alt personekvivalent.

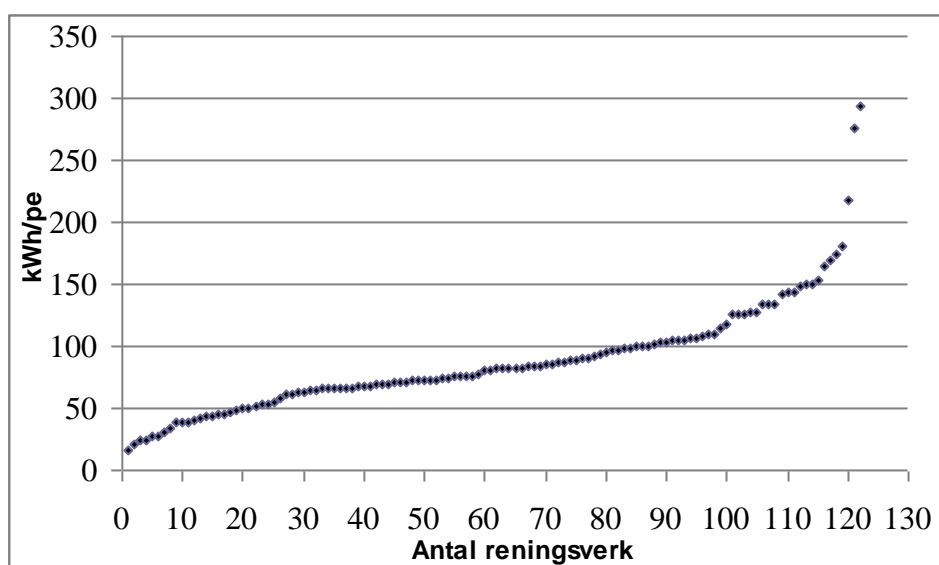
Mängden organiskt material in till ett reningsverk är proportionell mot antalet anslutna personer eller, i det fall det finns industrier anslutna eller annan tillförsel (exempelvis brunns slam som tillförs avloppsvattnet), proportionell mot antalet personekvivalenter. Den mängd som sedan tillförs rökammare beror även på faktorer som försedimentering eller ej, belastningsgrad (slamåldern) på aktivtslamdelen vid reningsverket och på om förfällning tillämpas eller ej.

De anläggningar som rapporterat i Biogas-VASS uppvisar mycket stor spridning i gasproduktion per personekvivalent som framgår av fig 2. Medianvärdet är 85 kWh/pe,år.



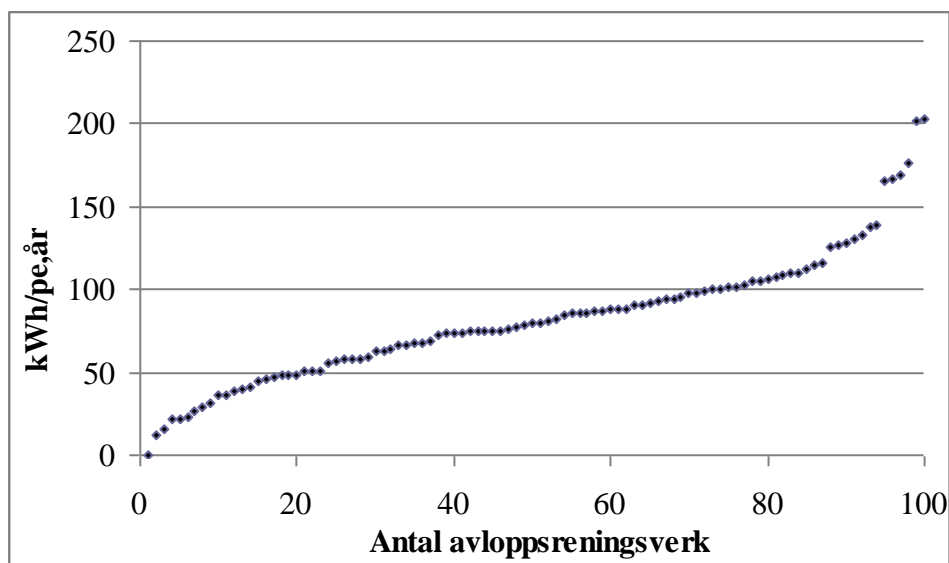
Figur 2. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh/år,pe för de verk som rapporterat i Biogas-VASS år 2008 . Varje stapel representerar ett verk. Data för anläggning med i huvudsak industriavlopp är ej med i underlaget samt en anläggning med dokumenterat bristfällig gasmätning är ej med i redovisningen. . Två verk med mycket hög gasproduktion redovisas ej i figuren för att förbättra läsbarheten..

Motsvarande fördelningsdiagram för de verk som rapporterat i Biogas-VASS för år 2009 finns i figur 3. Medianvärdet är 82 kWh/pe,år.



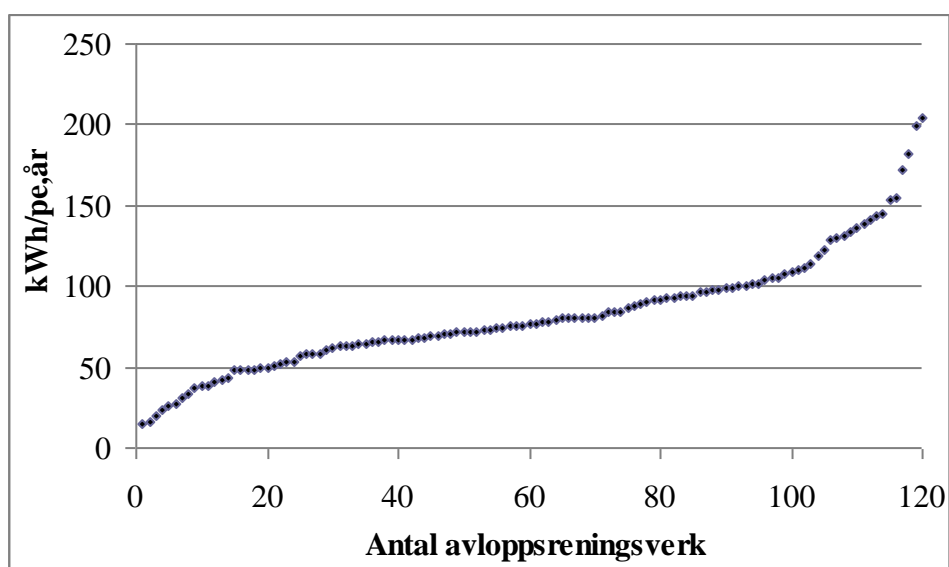
Figur 3. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh/år,pe för de verk som rapporterat i Biogas-VASS år 2009 (123 st.) . Varje stapel representerar ett verk. Data för anläggning med i huvudsak industriavlopp ej med i underlaget. Ett verk med mycket hög gasproduktion redovisas ej i figuren för att förbättra läsbarheten.

Flera av anläggningarna i figur 2 mottar avsevärda mängder externt organiskt material. I figur 4 är gasproduktionen vid de anläggningar som mottar högst 10% externt organiskt material utvalda. Medianvärdet för dessa är 79 kWh/pe,år. Andelen externt organiskt material är beräknat som COD i det organiska materialet relativt COD i det vid avloppsreningen avskiljda slammet.



Figur 4 . Gasproduktion i kWh/pe,år för de verk som rapporterat i Biogas-VASS år 2008 och som mottar högst 10 % externt organiskt material.

I figur 5 finns motsvarande data för de verk som rapporterat i Biogas-VASS år 2009. Medianvärdet är här 80 kWh/pe,år.

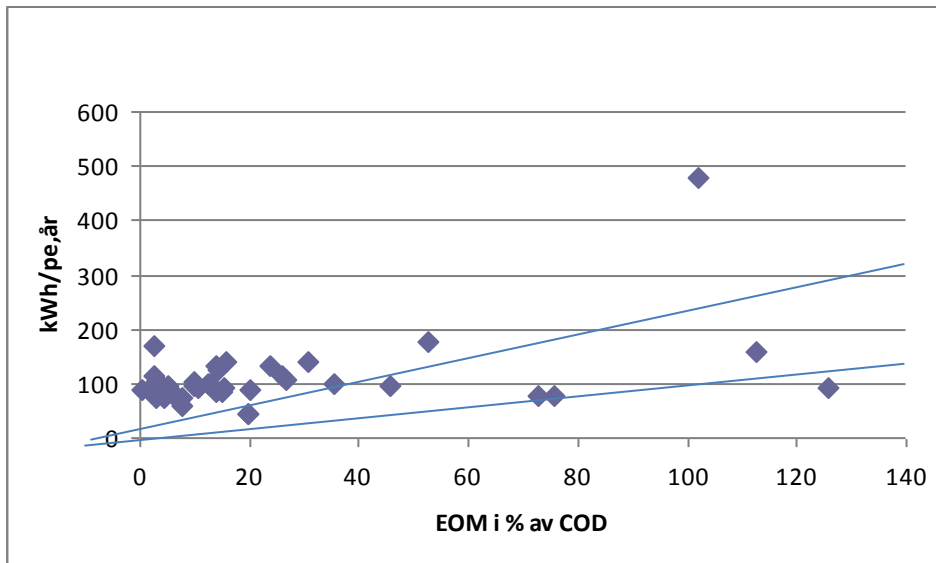


Figur 5. Gasproduktion i kWh/pe,år för de verk som rapporterat i Biogas-VASS år 2009 och som mottar högst 10 % externt organiskt material. Ett extremvärde borttaget i figuren.

Vad är då den förväntade specifika gasproduktionen? Tillförseln av COD till ett kommunalt reningsverk är ca 56 kg COD/pe,år. Om man antar att ca 10 % av detta finns i utgående vatten samt att nedbrytningen i det biologiska steget är 20-25 % så antas här att 67 % eller drygt 37 kg COD/pe,år tillförs röt-kammaren. Antar man att 56 % av denna COD nedbryts så skulle gasproduktionen bli ca 74 kWh/pe,år.

I figur 6 illustreras sambandet mellan andelen tillfört organiskt material som % av mängden organiskt material tillfört med inkommande vatten (organiskt material beräknat som COD) och den specifika gasproduktionen för de verk som rapporterat i Biogas-VASS 2008. Flertalet verk som mottar externt

organiskt material har en högre specifik gasproduktion än verk som inte mottar externt organiskt material. Spridningen är dock mycket stor.

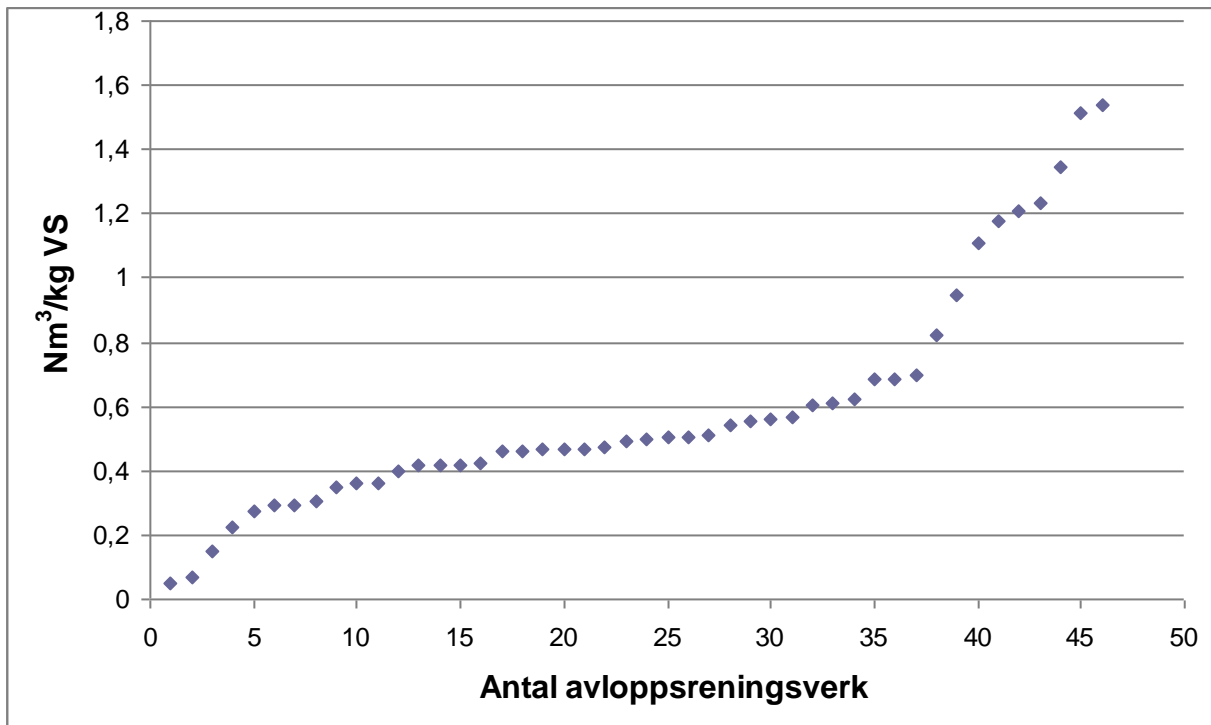


Figur 6. Biogasproduktion som funktion av andel till rötchkammaren tillfört externt organiskt material relativt totalt organiskt material tillfört verket för verk som rapporterat i Biogas-VASS . Den övre linjen representerar förväntad gasproduktion om det externa materialet bryts ned till 100 %, den undre linjen förväntad gasproduktion om det externa materialet bryts ned i lika hög grad som tillfört slam från avloppsvattenreningen.

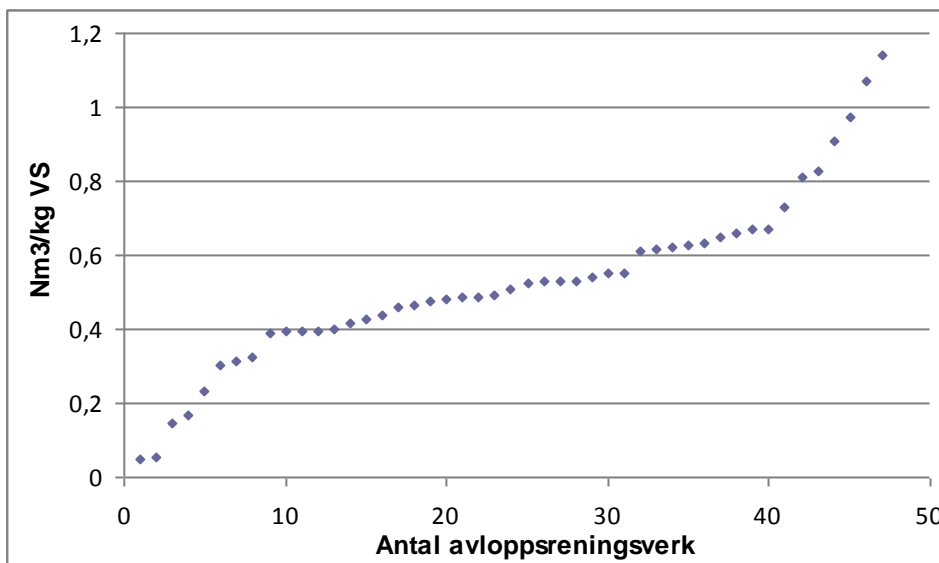
kWh per kg tillfört VS eller kWh per kg nedbruten VS.

En ofta angiven tumregel är att gasproduktionen är 0,9-1,0 Nm³ per kg nedbruten VS. Data från Henriksdals reningsverk (Hellström et al 2009) visar 0,96-1,06 Nm³ per kg nedbruten VS. Per kg tillförd VS var gasproduktionen 0,45-0,52 Nm³. I Tyskland används som idealvärde en gasproduktion på 0,475 Nm³ per kg VS tillfört rötchkammaren (Kjellén och Andersson 2002). Vid svenska reningsverk avskiljs efter rötning ca 20 kg TS/p,år. Omkring 60 % av detta är VS. En tumregel är även att nedbrytningen av VS vid rötning är ca 50 %. Nedbruten mängd VS skulle då vara ca 12 kg/pe,år och förväntad gasproduktion skulle då vara ca 12 Nm³/pe,år motsvarande ca 75kWh/pe,år.

För verk med ingen eller liten externbelastning och som rapporterat data för råslamflöde, TS och VS är gasproduktionen per kg VS tillfört rötchkammaren återgivet i figur 7 för verk som rapporterat i Biogas-VASS 2008 och i figur 8 för verk som rapporterat i Biogas-VASS 2009. Medianvärdet är 0,49 Nm³/kg VS resp 0,53 Nm³/kg VS. Med tanke på att många data är av tveksam kvalitet (det är inte lätt att ta representativa prover på slam) är det knappast meningsfullt att göra en beräkning per kg VS nedbrutet då man här måste beräkna differensen mellan två osäkra värden.



Figur 7. Biogasproduktion som Nm³ per kg VS tillfört rökammaren. Biogas-VASS data för år 2008. Tre extremvärden är uteslutna från figuren.

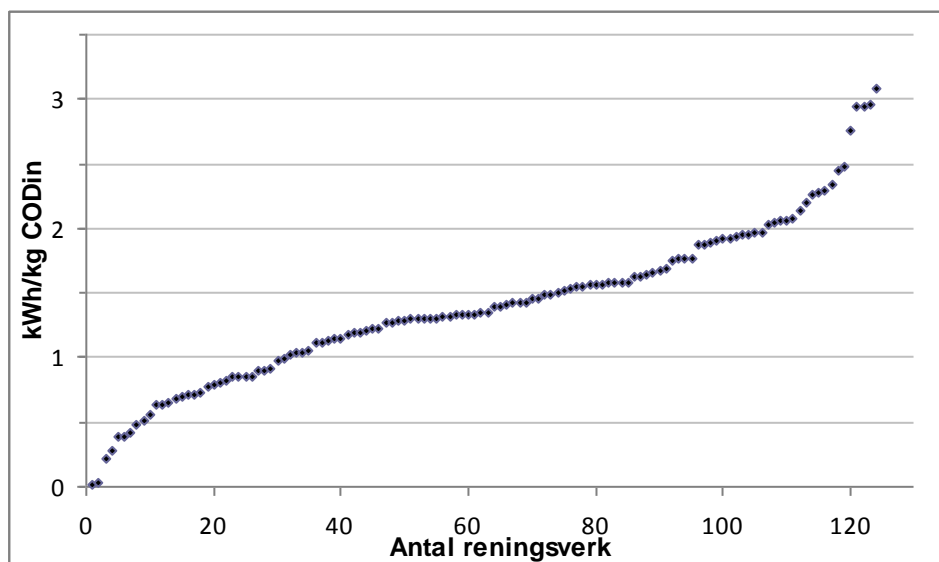


Figur 8 Biogasproduktion som Nm³ pr kg VS tillfört rökammaren. Biogas-VASS data för år 2009. Fem extremvärden är uteslutna från figuren.

kWh per kg tillfört COD tillfört rökammaren eller avloppsreningsverket

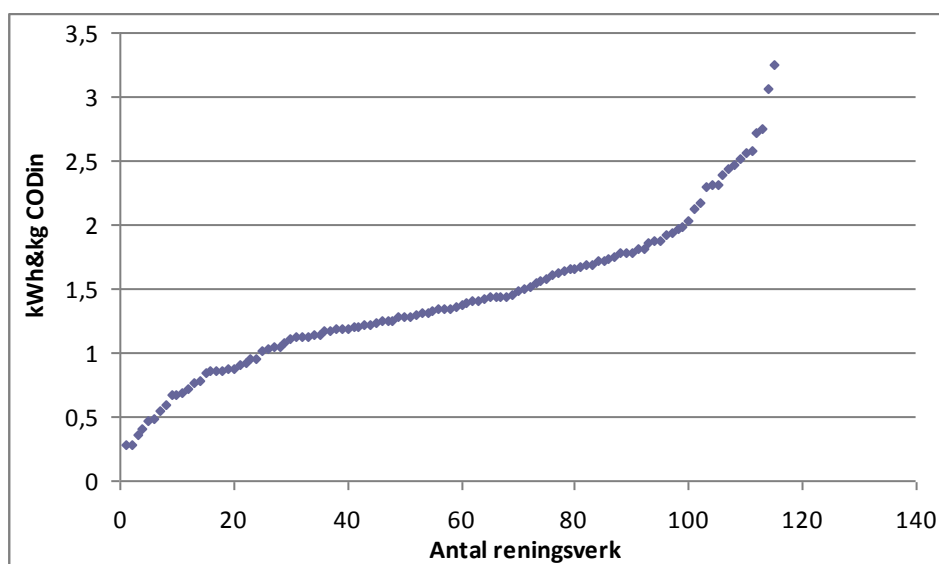
När man har väsentliga mängder externt organiskt material som tillförs rökammaren är gasproduktion per person eller personekvivalent inte ett lämpligt nyckeltal. Gasproduktion per kg tillfört eller nedbruttet VS kan synas lämpligare men när material av olika karaktär tillförs kan det vara problematiskt eftersom gasproduktionen per kg VS kan variera – fett ger t.ex nära tre gånger så mycket gas som kolhydrater. Gasproduktionen är däremot direkt relaterat till mängden nedbruttet organiskt material om detta mäts som COD. Ett lämpligt nyckeltal kan därför vara gasproduktion per mängd COD som tillförs rökammaren. Vanligen vet man inte hur mycket COD som tillförs rökammaren med slam. Ett alter-

nativt nyckeltal kan då vara den mängd COD som tillförs avloppsreningsverket oavsett om det tillförs med inkommande avloppsvatten eller som externt material. I figur 9 visas fördelningen av gasproduktion per kg COD tillfört verket.



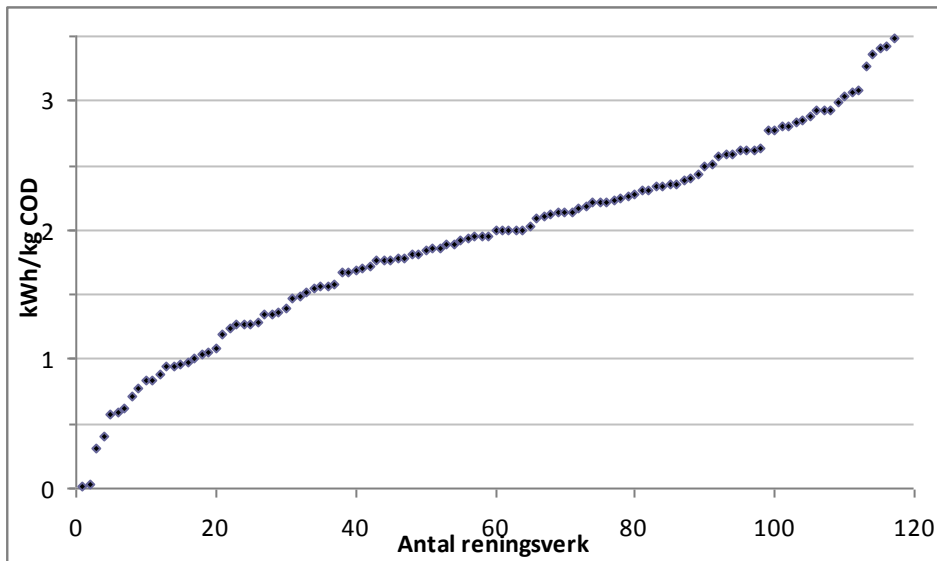
Figur 9. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh per kg COD tillfört reningsverket för verk som rapporterat i Biogas-VASS för år 2008. Varje stapel representerar ett verk. Vid fem verk är data teoretiskt orimliga varför dessa är uteslutna.

Medianvärdet i figur 9 är 1,34 kWh/kg COD. Detta innebär att 38 % av den COD som tillförs verket omvandlas till gas om COD-tillförseln antas vara 56 kg/pe,år. Detta motsvarar då en gasproduktion på 75 kWh/pe,år. Motsvarande data för år 2009 finns i figur 10. Medianvärdet för 2009-data är 1,35 kWh/kg COD

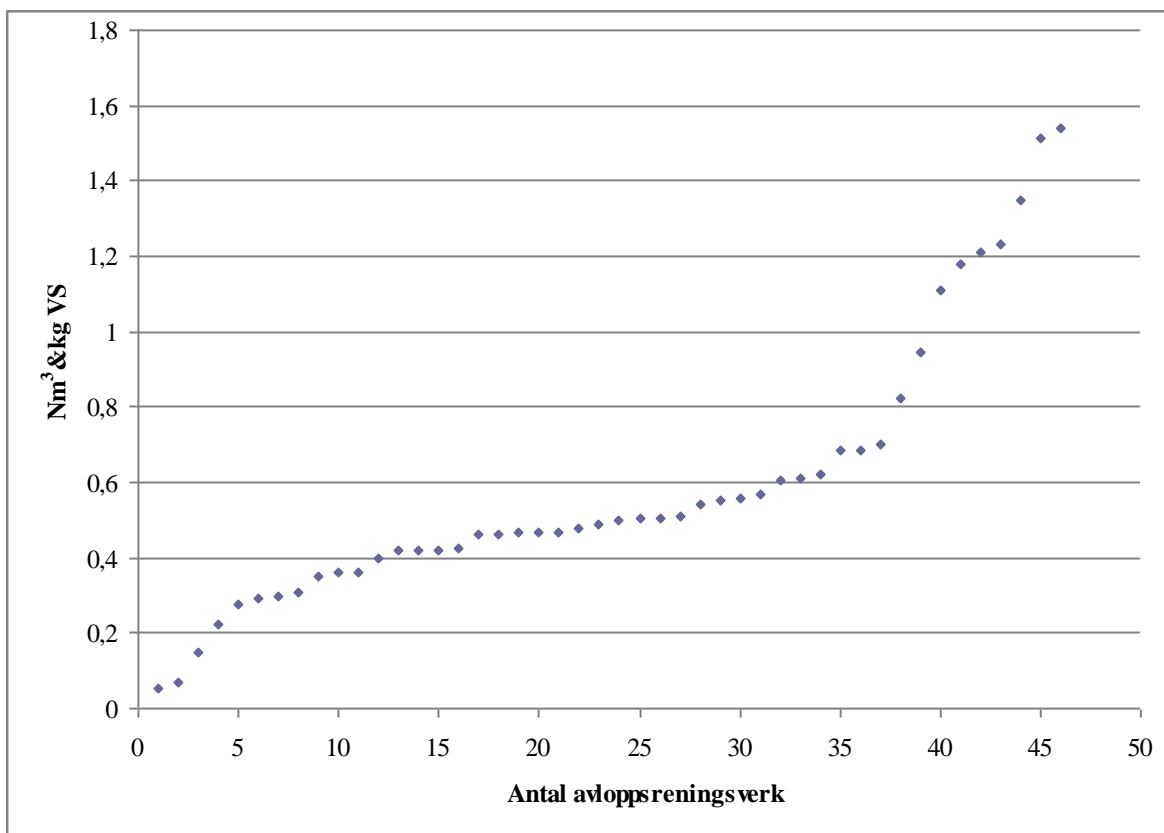


Figur 10. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh per kg COD tillfört reningsverket för verk som rapporterat i Biogas-VASS för år 2009. Varje stapel representerar ett verk. Vid sex verk är data teoretiskt orimliga varför dessa är uteslutna.

I figur 11 visas gasproduktionen som kWh per kg COD tillfört röt-kammaren för år 2008. För bakomliggande beräkningar se avsnittet ”Metodik, antaganden och beräkningar”. Motsvarande data för år 2009 visas i figur 12.



Figur 11. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh per kg COD tillfört röt-kammaren för verk som rapporterat i Biogas-VASS . Data för år 2008. Varje stapel representerar ett verk. Vid tolv verk är data teoretiskt orimliga varför dessa ej tagits med i figuren.

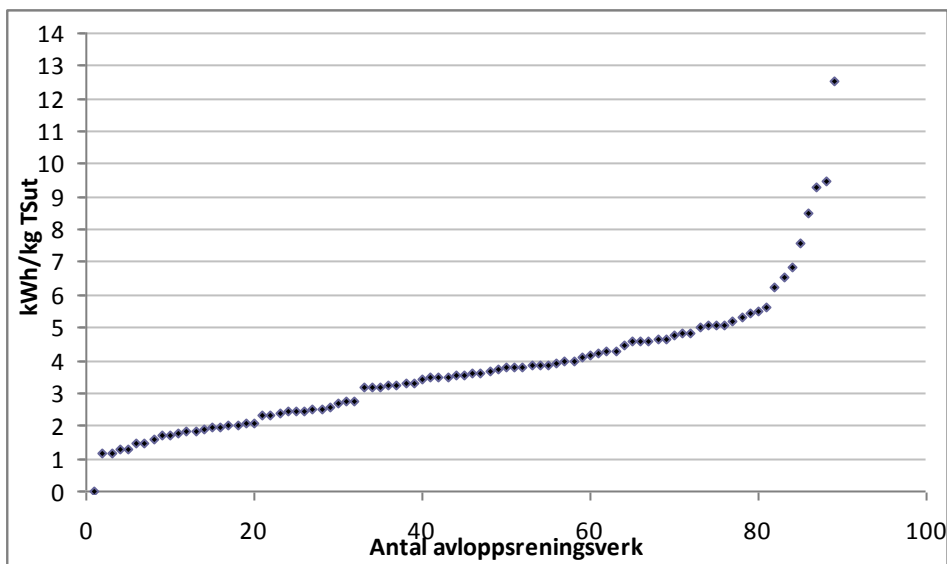


Figur 12. Fördelningsdiagram för gasproduktion i kWh per kg COD tillfört röt-kammaren för verk som rapporterat i Biogas-VASS . data för år 2009. Varje stapel representerar ett verk. Vid sexton verk är data teoretiskt orimliga varför dessa ej tagits med i figuren.

Medianvärdet i figur 11 är 2,03 och i figur 12 2,08 kWh/kg COD vilket skulle innebära att 59% av den COD som tillförs röt-kammaren omvandlas till gas.

kWh per kg avvattnat slam.

Mätning av tillförd mängd organiskt material till en röt-kammare är inte enkelt. Den mängd avvattnat slam som återstår efter rötning är relaterad till den mängd organiskt material som tillförts röt-kammaren och till materialets nedbrytbarhet. Mängden avvattnat slam bestäms ofta genom vägning och TS-innehållet är enkelt att analysera. Det kan därför vara intressant att se på gasproduktionen i förhållande till mängd avvattnat slam. Om man antar att VS/TS-kvoten är 60 % och att 56 % av VS bryts ned vid rötningen så skulle den förväntade gasproduktionen per kg TS avvattnat slam vara 4,0 kWh/kg TS. Om man antar en VS/TS-kvot på 50 % blir förväntat värde 3,35 kWh/kgTS. Medianvärdet i figur 13 är 3,55 kWh/kgTS.



Figur 13. Gasproduktion i förhållande till mängden avvattnat rötat slam för de verk som rapporterat i Biogas-VASS för år 2008. Varje stapel representerar ett verk.

Diskussion

Kvaliteten på de data som lämnats från VA-verken är skiftande. Detta illustreras väl av figur 1. Att spridningen i data är stor är inte förvånande. Att kalibrera gasmätare är svårt och sker troligen sällan. Flödesmätare för slam kalibreras ej heller alltid regelbundet. Koncentrationen på slam kan vid pumpning variera mycket från det ena ögonblicket till det andra och att ta ut ett representativt prov är inte lätt.

Belastningen på verket baseras på antalet anslutna personekvivalenter beräknat från tillförd mängd BOD₇ per år dividerat med en specifik BOD-mängd på 70 g/pe,d (25,5 kg/pe,år). I flera fall är BOD-mängden till verket anmärkningsvärt liten i förhållande till antalet anslutna personer. I de fall data på kväve och fosfortillförsel funnits har dessa ofta visat bättre överensstämmelse med antalet anslutna personer. I framtida Biogas-VASS undersökningar vore det därför önskvärt med en samordning med SMP så att det finns möjligheter att kontrollera belastningsdata.

Beräkningarna av nyckeltalen kWh pr kg COD tillfört verket och per kg COD tillfört röt-kammaren är osäkra eftersom de baserar sig på schablonantagande om COD/VS-relationer och viss komplettering

med default-värden. Därtill kan man anta att många rapporterade TS- och VS-värden för externt organiskt material baseras på ett fåtal analyser och att därför osäkerheten kan vara avsevärd. I framtida Biogas-VASS undersökningar kan det därför vara lämpligt att be om uppgifter om antalet analyser.

I Tyskland används ett målvärde för gasproduktion på 11 Nm³/pe,år (Haberkern 2008) motsvarande 69 kWh/pe,år. Den mängd organiskt material som tillförs tyska avloppsreningsverk uppges vara 120 g/pe,d. COD mängden vid svenska verk är högre, ca 154 g/p,d. Om gasproduktionen antas proportionell mot COD tillförseln skulle *ett svenskt målvärde då bli ca 14 Nm³/pe,år eller 89 kWh/pe*. Medianvärdet i figur 4 och 5 är 79 resp. 80 kWh/pe,år. Att gasproduktionen skulle ligga under idealvärdet är inte orimligt. Att det specifika COD-värdet är högre i Sverige än i Tyskland kan det finnas flera orsaker till. Något som dock icke är lätt att förstå är varför relationen mellan COD och BOD är olika. I Tyskland är schablonvärdet för BOD₅ 60 g/pe,d och kvoten COD/BOD₅ således 2,0. I Sverige bestäms BOD som BOD₇ och vi använder schablonvärdet 70 g/pe,d. Relationen mellan BOD₇ och BOD₅ ligger i området 1,15-1,20. Med denna relation stämmer schablonvärdena för BOD överens mellan Sverige och Tyskland. Det är då svårt att förstå varför det specifika COD-värdet i Sverige skulle vara nära 30 % högre. I Tyskland är, om BOD₅ räknas om till BOD₇, COD/BOD₇-kvoten ca 1,7 medan det material som insamlats i det pågående nyckeltalsprojektet visar på en kvot på minst 2,2 i Sverige. Det ovanstående illustrerar väl svårigheten att ta fram några ”standardnyckeltal” för gasproduktion. I bilaga 2 görs ett försök att utifrån ett antal rimliga antaganden upprätta en COD-balans. Från denna balans kan sedan nyckeltal beräknas.

I avsnittet om biogasproduktion ovan uppskattas produktionen vid svenska avloppsreningsverk år 2008 respektive 2009 till 605 respektive 633 GWh/år. För 2009 inkluderas dock även gas från en del anläggningar som i ES 2010:05 redovisas som samrötningsanläggningar. För sex reningsverk saknades specifik gasproduktionsdata för samrötningsanläggningar. Vid framtagande av statistik för ES 2010:05 antogs för dessa reningsverk att hälften av gasen kom från samrötningsanläggningarna och hälften från reningsverken. Utifrån denna beräkning blev gasproduktion för reningsverk, exklusive gas från samrötningsanläggningar, 605 GWh/år år 2009. En uppskattning av COD-mängden i det organiska materialet som tillförts samrötningsanläggningar indikerar att gasproduktionen från samrötningsanläggningarna dock överskattats och att produktionen från reningsverken var närmare 625 GWh år 2009.

För de verk där biogasproduktion rapporterats år 2008, och som angett anslutna personekvivalenter, var genomsnittsproduktionen 94 kWh/pe,år. För anläggningar som tog emot högst 10% externt organiskt material (EOM), det vill säga COD i EOM relativt COD i det vid avloppsreningen avskiljda slammet var mindre än 10 %, var medianvärdet 79 kWh/pe,år.

Den faktor som främst begränsar gasproduktionen vid svenska avloppsreningsverk är tillgången på organiskt material. Den totala röt-kammarvolymen vid reningsverken är 350000 m³. Flera verk med rimliga värden producerar 3000 kWh per m³ röt-kammarvolym och år. (Detta motsvarar gasproduktionen i en röt-kammare med 15 dygns uppehållstid, 5 % TS i ingående slam, 75 % VS/TS-kvot och 56 % nedbrytning av COD). Potentialen borde således vara minst 1000 GWh/år. En röt-kammars kapacitet begränsas av uppehållstid som inte får vara alltför kort för driften skall var stabil. Även omrörningsförmåga och ammoniumkoncentrationen kan vara begränsande. När externt organiskt material tillförs påverkar detta ofta uppehållstiden tämligen lite eftersom detta material vanligen har mycket högre TS-koncentration (10-30 %) än slammet från reningsverket (3-5 %). För att illustrera potentialen kan ett beräkningsexempel göras. Antag att slamkoncentrationen in till röt-kammaren idag är 4 %. Antag vidare att lika mycket TS tillförs med annat organiskt material och att detta har en TS halt på 20 % och till 80 % består av organiskt material. Detta skulle innebära en minskning av uppehållstiden med 20 % vilket troligen de allra flesta reningsverk skulle klara. Om man antar att 75 % av den organiska delen av det externa materialet bryts ned så skulle det innebära att TS-koncentrationen i röt-kammaren ökade från ca 2,8 % till 3,7 % något som moderna omrörningssystem bör klara. Med ytterligare ett antal antagande

(20 dygns uppehållstid, minst samma COD/VS-kvot som i slam) kan man beräkna att potentialen för ökad gasproduktion är minst 160 %. Ovanstående antaganden är försiktiga så potentialen är troligen än större. Det största problemet torde vara att få fram det organiska materialet till avloppsreningsverket och få det i en form som lämpar sig för inpumpning till röt-kammaren.

I avsnittet om nyckeltal är det refererat till tumregler och till data från litteraturen. Det bör noteras att dessa tal gäller för reningsverk som behandlar slam som avskiljts vid avloppsvattenreningen. I de fall väsentliga mängder organiskt material från andra källor tillförs röt-kammaren är nyckeltalet kWh/pe,år meningslöst. Nyckeltalen kWh per kg tillförd COD och kWh per kg TS avvattnat slam borde vara användbara. Dock påverkas även dessa nyckeltal av organiskt material från andra källor. Fettslam och organiskt material från hushåll och livsmedelsindustrier kan antas vara mer lättnedbrytbart än råslam. (Det organiska materialet i råslam har passerat människokroppen och till en del också den biologiska reningen.) För anläggningar som mottar väsentliga mängder externt organiskt material bör nyckeltalen bli högre än de värden som angetts i avsnittet nyckeltal. För att exemplifiera hur stor avvikelsen kan bli kan man göra ett beräkningsexempel. Antag att lika mycket organiskt material (som COD) tillförs från andra källor som med inkommande vatten och att detta material bryts ned till 80 %. Det förväntade nyckeltalet kan då beräknas till 2,1 kWh/kg COD tillfört verket att jämföra med 1,3 kWh/kg COD när bara vid avloppsvattenreningen avskiljt slam rötas.

Med utgångspunkt från COD-balanser och rimliga antaganden mellan olika storheter kan förväntade nyckeltal för avloppsreningsverk utan nämnvärd externbelastning beräknas. Följande antaganden har gjorts:

- Specifik BOD₇-belastning är 70 g/p,d eller 25,5 kg/p,år
- COD/BOD₇-kvoten är 2,2
- Andel COD i utgående vatten är 10 % av inkommande COD
- Andel COD som bryts ned vid den biologiska behandlingen är 23 % av inkommande COD
- Av den COD som tillförs röt-kammaren omvandlas 56 % till gas
- COD/VS-kvoten i rötat slam är 1,5
- För VS/TS-kvoten i rötat slam har antagits 50% alternativt 60 %.

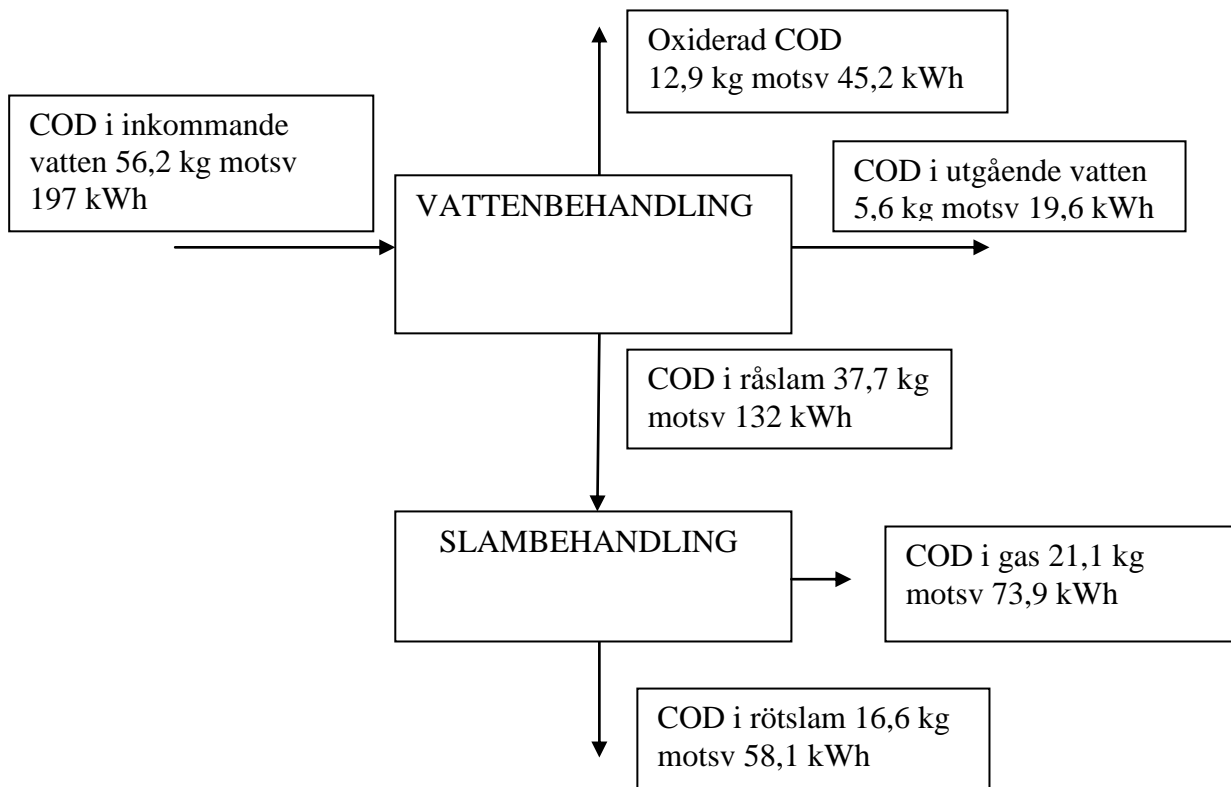
Med dessa antagande erhålls nyckeltalen nedan och materialbalansen i figur 14.

kWh gas per personekvivalent och år: 74 kWh/pe,år

kWh gas per kg COD tillfört verket: 1,31 kWh/kg COD

kWh per kg COD tillfört röt-kammaren: 1,96 kWh/kg COD

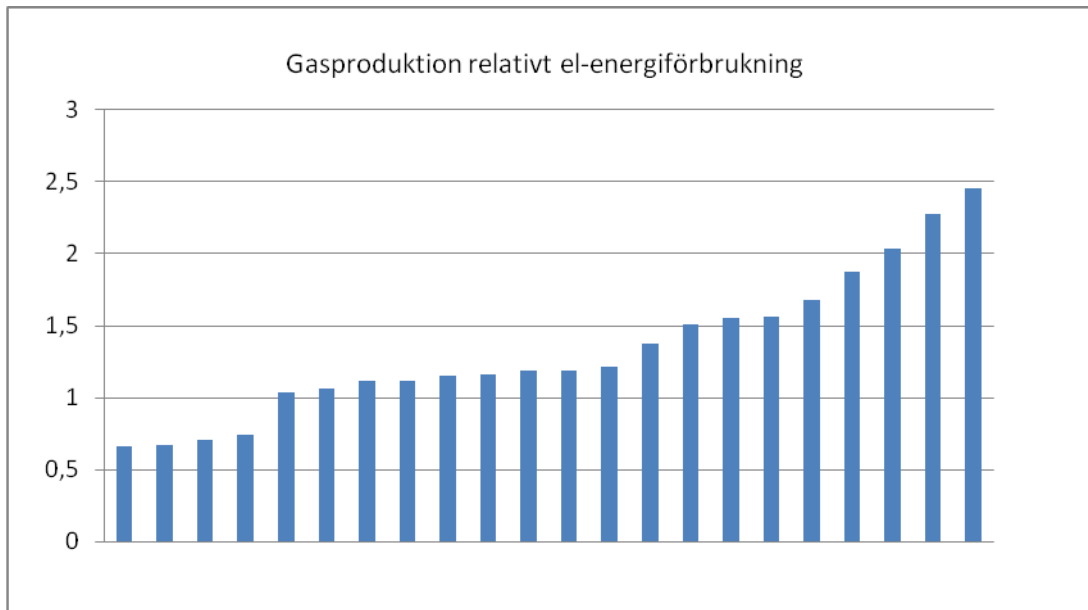
kWh/gas per kg TS avvattnat rötat slam: 3,3 alt 4,0 kWh/kg TS



Figur 14. COD-balans för 1 personekvivalent över 1 år för vatten- och slambehandling.

Man kan notera att de nyckeltal som framkommer från balansen i fig 14 stämmer väl med medianvärdena från data rapporterade i Biogas-VASS för 2008 och 2009.

Internationellt är det stort intresse för el-produktion från biogas och det diskuteras mycket om man kan få upp biogasproduktionen och pressa el-förbrukningen i syfte att bli självförsörjande med el. I fig 15 har energinnehållet i biogasen ställts i relation till el-förbrukningen. För att bli självförsörjande med el behöver kvoten vara 3 eller däröver. Vid beräkningen har endast de data använts där gasproduktionen är rimlig i relation till den COD som tillförs röt-kammaren.



Figur 13. Energi i producerad gas relativt avloppsreningsverkets el-energiförbrukning. Data från verk som deltar i Energi 2008 och som har rimlig gasproduktion relativt COD-belastning.

Referenser

Haberkorn B., Meier W. & Schneider U. (2008)

Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit . Texte 1108. ISSN 1862-4804

Hellström D., Jonsson L. And Vallin L. (2009)

Optimisation activities at Stockholm site – Status of biogas production at Henriksdal plant 2000-2005.

European Commission. Biogasmax – deliverable D2.15

Jönsson H., Baky A., Jeppsson U., Hellström D. and Kärrman E (2005)

Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model

Urban Water Report 2005:6

Kjellén B.J.& Andersson A-C (2002)

Energihandbok för avloppsreningsverk.

VA-FORSK rapport 2002-2. ISBN 91-89182-58-8