

Avloppsutsläpp och mikrobiologisk påverkan i råvattentäkten Göta älv

Johan Åström
Thomas Pettersson



Svenskt Vatten Utveckling

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

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

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

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

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborgs VA-verk
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Daniel Hellström	Stockholm Vatten AB
Stefan Marklund	Luleå
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Anders Moritz	Linköping
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Peter Stahre	VA-verket Malmö
Göran Tägtström	Borlänge
Agneta Åkerberg	Falkenberg
Steinar Nybruket, adjungerad	NORVAR, Norge
Peter Balmér, sekreterare	Svenskt Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Avloppsutsläpp och mikrobiologisk påverkan i råvattentäkten Göta älv
Title of the report:	Wastewater discharges and microbial impact in the raw water source Göta älv
Rapportens beteckning Nr i serien:	2007-11
Författare:	Johan Åström och Thomas Pettersson, Avdelningen för Vatten Miljö Teknik, Institutionen för Bygg och Miljöteknik, Chalmers tekniska högskola
Projektnr:	23-125
Projektets namn:	Ramprogram för FoU inom dricksvattenområdet i Sverige – från råvatten till tappkran
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling (f.d. VA-Forsk), Kretsloppskontoret i Göteborg
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	42 A4
Sökord:	Råvatten, nederbörd, avloppsledningsnät, bräddning, nödavledning, miljörapport, patogener, bakterier, parasiter, virus
Keywords:	Source water, precipitation, sewer network, combined sewer overflow, emergency overflows, environmental report, pathogens, bacteria, parasite, virus
Sammandrag:	I rapporten undersöks vilka olika typer av avloppsutsläpp som sker längs Göta älv och vilken mikrobiologisk påverkan dessa förorsakar nedströms i denna råvattentäkt.
Abstract:	In this report the different types of wastewater discharges along the river Göta älv are investigated along with their microbial impact downstream in this raw water source.
Målgrupper:	Kommuner, vattenverk, vattenvårdsförbund, vattenmyndigheter, konsulter
Omslagsbild:	Utsläppspunkt för orenat avloppsvatten till Göta älv vid nödavledning i Lilla Edet, oktober 2004. Fotograf: Camilla Ålenius
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som pdf-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2007
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Dricksvatten är vårt viktigaste livsmedel, vilket framhålls av både Livsmedelsverket och Världshälsoorganisationen (WHO), och dess kvalitet har traditionellt sett säkerställts genom att bygga ut och förbättra beredningsprocesserna i vattenverken. Ett väsentligt problem med detta synsätt är att risken för omfattande vattenburna sjukdomsutbrott ökar kraftigt om någon eller några av beredningsprocesserna fallerar och eftersom dagens lagstiftning endast kräver regelbundna kontroller ute vid konsumenternas tappkranar kan otjänligt dricksvatten vara konsumerat av ett stort antal konsumenter innan analysresultaten är klara. Enligt WHO:s Guidelines (3rd edition) för dricksvatten är det största hotet mot folkhälsan, i både i- och u-länder, vattenburen smitta från dricksvatten. I WHO:s strategier för riskhantering av dricksvattensystem, *Water Safety Plans*, framhålls vikten av att arbeta med kontroll och skydd i hela dricksvattensystemet, från råvatten till tappkran, med särskild tonvikt på råvattentäkterna.

Denna studie har utförts inom ramprogrammet för dricksvattenforskning vid Chalmers – från råvatten till tappkran, DRICKS, och har detta ovan nämnda synsätt som utgångspunkt. Syftet med studien är att undersöka effekter av avloppsutsläpp till råvattentäcker genom att studera vilken mikrobiologisk påverkan utsläpp av avloppsvatten har på råvattentäkten Göta älv. I rapporten har uppgifter om avloppsutsläpp från kommunala avloppssystem längst Göta älv sammanställts för 2004 och jämförts med mikrobiologiska halter vid kontrollstationer nedströms.

Genomförandet av det svenska åtgärdsprogrammet relaterat till EG:s ramdirektiv för vatten förutsätter ökad kännedom om risker i råvattentäcker och hur dessa kan åtgärdas. Inom forskningsprogrammet DRICKS vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg fortsätter under de närmaste åren arbetet med att inventera aktuella och eventuella framtida risker och skyddsåtgärder för ytvattentäcker aktuella för dricksvattenförsörjningen i Sverige. I rapporten ges förslag på framtida undersökningar av mikrobiologiska utsläpp och dess spridning i råvattentäkten Göta älv.

Föreliggande undersökning har huvudsakligen finansierats av VA-Forsk och Kretsloppskontoret i Göteborg. Thor Axel Stenström vid Smittskyddsinstitutet har granskat de mikrobiologiska delarna av rapporten. Ett stort tack riktas till samtliga kommuner i Göta älvdalen för allt det arbete som ni lagt ner för att ta fram allehanda detaljuppgifter om era avloppssystem, kontrollsystem av bräddningar m.m. som efterfrågats av författarna.

Göteborg 2007-03-16

Författarna

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	7
Summary	8
1 Introduktion	9
1.1 Utformning och kontroll av bräddavlopp	9
1.2 Göta älv ur mikrobiologisk synvinkel	11
1.3 Svenska föreskrifter om bräddningar	12
1.4 Syfte	13
2 Datainsamling	13
3 Systembeskrivning	14
3.1 Vattenföring och mikrobiologiska kontrollstationer	14
3.2 Översiktlig lokalisering av avloppsutsläpp	15
3.3 Göteborgs kommun	15
3.3.1 Avloppsvattenrening	16
3.3.2 Ledningsnät och pumpstationer	17
3.3.3 Bräddningar	18
3.3.4 Nödavledningar	18
3.4 Kungälv kommun	18
3.4.1 Avloppsvattenrening	18
3.4.2 Ledningsnät och pumpstationer	18
3.4.3 Bräddningar	19
3.4.4 Nödavledningar	19
3.5 Ale kommun	19
3.5.1 Avloppsvattenrening	19
3.5.2 Ledningsnät och pumpstationer	19
3.5.3 Bräddningar på ledningsnätet	20
3.5.4 Nödavledningar	20
3.6 Lilla Edets kommun	21
3.6.1 Avloppsvattenrening	21
3.6.2 Ledningsnät och pumpstationer	22
3.6.3 Bräddningar	22
3.6.4 Nödavledningar	22
3.7 Trollhättans kommun	24
3.7.1 Avloppsvattenrening	24
3.7.2 Ledningsnät och pumpstationer	24
3.7.3 Bräddningar	24
3.7.4 Nödavledningar	26
3.8 Vänersborgs kommun	26
3.8.1 Avloppsvattenrening	26
3.8.2 Ledningsnät och pumpstationer	26

3.8.3	Bräddningar	26
3.8.4	Nöдавledningar	26
4	Avloppsutsläpp och dess mikrobiologiska påverkan	26
4.1	Avloppsreningsverken och indikatorbakterier	28
4.2	Ledningsnäten och indikatorbakterier	29
4.2.1	Påverkan vid Lärjeholm från uppströms liggande system	30
4.2.2	Påverkan i Garn från uppströms liggande system	32
4.3	Patogenförekomst och avloppsutsläpp	32
5	Avslutande diskussion	34
	Referenser	37
	Bilaga A: Ordlista	41
	Bilaga B: Kontaktpersoner vid Göta älvs kommuner	42

Sammanfattning

Hälsosäkert dricksvatten är en angelägenhet svenska kommuner måste prioritera, då vattenburna sjukdomsutbrott ofta är förknippade både med stora samhällskostnader och förlorat konsumentförtroende. Världshälsoorganisationen WHO förespråkar idag riskanalys som verktyg för att effektivt förebygga risken för vattenburen smitta. Riskanalysen startar med en kartläggning av mikrobiologiska spridningskällor inom avrinningsområdet. Faroidentifiering inom råvattentäkten följs sedan av motsvarande genomgång av risker inom vattenberedning och distribution. När väl en identifiering och kvantifiering av patogenkällor i råvattnet genomförts, kan vattenberedningen anpassas så att risken för vattenburen smitta kontrolleras till en av samhället accepterad nivå.

I denna rapport ges ett exempel på hur en kartläggning av mikrobiologiska spridningskällor i en ytvattentäkt för 700 000 personer kan gå till. Fallstudien har alltså omfattat Göta älv, och fokus ligger på avloppssystemen, något som motiveras av att flera tidigare vattenburna utbrott i Sverige kunnat kopplas till avloppsförorening. Kartläggningen har tagit sin utgångspunkt i de miljörapporter som kommunerna sammanställer vad gäller utsläpp av såväl renat som orenat (bräddat) avloppsvatten till recipient. Rapporter från 2004 har granskats och beskrivningen har utökats med mer detaljerade utsläppsdata som kommunerna internt registrerat.

Till råvattentäkten Göta älv förs avloppsvatten från omkring 100 000 personer genom det kommunala avloppssystemet. Insamlade uppgifter från Göteborg, Ale, Kungälv, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg, vilka varit av varierande kvalitet och detaljeringsgrad, har sammanställts för att beskriva den totala avloppsbelastningen till Göta älv. Utsläpp i form av volym per dygn har jämförts med den mikrobiologiska haltvariationen vid två nedströms liggande kontrollstationer. Även betydelsen av nederbörd och flöde studerades. Jämförelsen har omfattat traditionella fekala indikatororganismer (*E. coli*, sulfitreducerande clostridier, colifager) samt patogena bakterier (*E. coli* O157/EHEC och *Campylobacter*), virus (noro- och enterovirus) och parasiter (*Giardia* och *Cryptosporidium*).

Resultaten visar att mikrobiologiska halter i älven i hög grad samvarierar med utsläpp av avloppsvatten; bräddningar, nödavledning, samt utgående från avloppsreningsverken. Vid nederbörd var bräddning mer regel än undantag i flertalet kommuner. De högsta patogenhalterna i råvattnet, och därmed förhöjda riskerna för dricksvattnet, kan alltså väntas vid regniga förhållanden. På goda grunder kan man hävda att åtgärder för att minska patogenutsläppen från de kommunala avloppssystem avsevärt skulle minska patogenhalterna i hela Göta älv. Rapporten visar också på den stora variationen både vad gäller utsläppsmängder och grad av kontroll på patogenspridande avloppsflöden. Denna kartläggning kan utökas på många sätt, och fortsatt forskningsbehov finns kring patogenhalter i bräddavlopp, modellering av mikrobiologisk transport samt betydelsen av andra patogenkällor.

Summary

Safe drinking water has a high priority for Swedish municipalities, since outbreaks of waterborne disease are often associated with high costs for society as well as lost consumer trust. The World Health Organization, WHO, promotes risk analysis as the tool to efficiently prevent the risk of waterborne disease. The risk analysis starts with a survey of sources for microbiological spread within the catchment. The identification of source water hazards is followed by a corresponding review of risks in the water treatment and distribution. After carrying out the identification and quantification of pathogen sources for the raw water, the water treatment can be adapted so that the risk for waterborne diseases is controlled at a level accepted by the society.

This report gives an example of how the survey of sources of microbiological spread within a surface water catchment supplying 700 000 people may be undertaken. The case study includes the river Göta älv, with focus on the wastewater system, which is motivated by the fact that several previous waterborne disease outbreaks in Sweden have been related to wastewater contaminations. Starting point in the survey is the environmental reports that the municipalities are compiling on discharges of treated as well as untreated (overflowed) wastewater to the recipient. Environmental reports from the year 2004 have been used, and also more detailed discharge information which the municipalities had registered.

Wastewater from about 100 000 people enters the raw water source Göta älv through the municipal wastewater system. Collected data from Göteborg, Ale, Kungälv, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg, of varying quality and level of detail, were collated to describe the total wastewater load to the river Göta älv. Discharges in terms of volumes per day were compared to the varying microbiological concentration at two downstream sampling stations. Also, the relation to rain and river water flow were assessed. The comparison have included traditional indicator organisms (*E. coli*, sulfite reducing clostridia and coliphages) as well as pathogenic bacteria (*E. coli* O157/EHEC) and *Campylobacter*, viruses (noro- and enterovirus) and parasites (*Giardia* and *Cryptosporidium*).

The results show that the microbiological concentrations in the river water to a high extent correlated to discharges of wastewater; combined sewer overflows, emergency discharges and wastewater treatment plant effluents. During rainy days, combined sewer overflows activate more of a rule than an exception in most of the municipalities. The highest pathogen densities in the raw water, which correspond to an elevated health risk for the drinking water, may therefore be expected during rainy conditions. It can be argued that measures to reduce pathogen discharges from the municipal wastewater systems significantly will reduce the pathogen concentrations in the entire river Göta älv. The report also points out the large variability over time of wastewater discharges as well as a lack of control of pathogen carrying wastewater flows. This survey can be enhanced in many aspects, and further research areas include pathogen concentrations in combined sewer overflows, modeling the microbial transport in the river and the relative importance of other pathogen sources.

1 Introduktion

Göta älv med ett medelvattenflöde av ca 550 m³/s är Sveriges vattenrikaste älv och avrinningsområdet som uppgår till 50 233 km² utgör omkring en tiondel av landets totala yta. Älven används som vattentäkt för ca 700 000 personer i kommunerna Mölndal, Göteborg, Partille, Öckerö, Kungälv, Ale, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg (Vänersborgsviken). Många industrier använder dessutom vattnet i sina processer eller som kylvatten. Mellan Göteborgs råvattenintag Lärjeholm upp till Vänersborg tar Göta älv emot avloppsvatten från system som belastas av ca 100 000 personer. Huvuddelen av avloppsvattnet, ca 95 %, leds till rening i de kommunala avloppsreningsverken och ca 5 % passerar ut via enskilda anläggningar, såsom trekammarbrunnar (Vattenvårdsförbundet 2006). Vid hydraulisk överbelastning på avloppsledningsnät och avloppsreningsverk i samband med regn, släpps idag omfattande volymer spill- och dagvatten ut till Göta älv och dess biflöden utan föregående rening, så kallad bräddning.

1.1 Utformning och kontroll av bräddavlopp

Grundläggande egenskap för kombinerade avlopssystem är att avloppsvatten och dagvatten transporteras i samma ledningsnät. Vid höga flöden då ledningskapaciteten överskrids måste överskottet av flödet passera ut (brädda) till recipienten utan att först passera avloppsreningsverket. Bräddningar kan även förekomma i separerade (duplikata) spillvattennät på grund av felkopplingar av dagvattenytor, exempelvis takytor. Även vid avloppsreningsverket sker en bräddning vid inflöden som överskrider vad som kan hanteras (för att exempelvis undvika slamflykt), och avledningen sker då vanligen efter grovrensningsteget. Ibland sitter bräddanordningen efter rens-galler eller försedimenteringsbassäng. Dessa steg ger en grov rening men påverkar inte signifikant reduktionen av mikroorganismer. Principen vid bräddning både

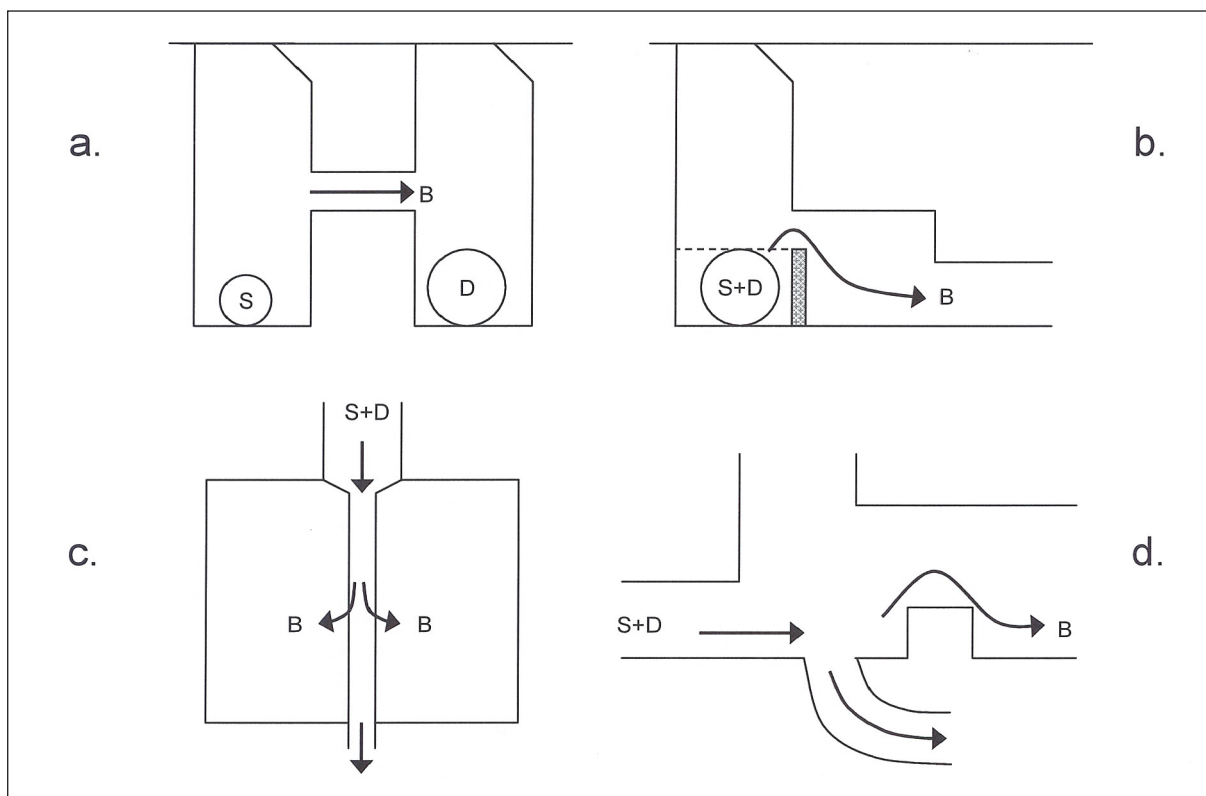
på avloppsreningsverk och i ledningsnät är att avloppsvattnet avleds till recipienten via en överfallskant. Denna överfallskant (skibord) och är dimensionerad så att bräddning sker vid en viss utspädningsgrad, spillvattnets utspädning med dagvatten. Denna sätts vanligen till 5–6 gånger torrvädersflödet (Butler & Davies 2004).

För korrekt dimensionering av bräddavlopp i ett ledningsnät krävs noggranna hydrauliska beräkningar, dels för att undvika översvämningar och dels för att undvika att en onödigt stor volym bräddar ut i recipienten. Även om inte det bräddade vattnet genomgår rening i vanlig mening, kan en viss avskiljning av grövre partiklar åstadkommas i bräddbrunnen med hjälp av exempelvis skumskärm och rens-galler (Butler & Davies 2004). Detta avskiljer dock inte i någon större utsträckning de mikroorganismer som befinner sig i vattenfasen.

Olika alternativ finns för utformning av bräddavlopp på ledningsnät eller vid avloppsreningsverk. De fyra vanligaste principerna visas i Figur 1-1 (nästa sida), vilken är hämtad från en rapport av Forsberg (1994). Bräddningar (i figuren angivet med B) kan ske i spillvattennätet till följd av exempelvis felkopplingar. Höga flöden i spillvattennätet (S) avleds då till dagvattennätet (D) i nedstigningsbrunnar (a), ofta i nära anslutning till överbelastade pumpstationer. Bräddning i kombinerade system, där spillvatten transporteras i samma ledning som dagvattnet, sker ofta via ensidigt sidoöverfall (b) eller via öppen ränna i brunn eller kammare (c). Bräddning kan även ske över vinkelrätt överfall (d). Bräddning via sidoöverfall (b) eller via öppen ränna i brunn eller kammare (c) ger en viss avskiljning av grova föroreningar genom att dessa installationer ofta innehåller en skumskär, något som även kan förekomma vid vinkelrätt överfall (d).

Vid driftstörning och olika slag av haveri på avloppsreningsverket eller ledningsnätet kan utsläpp av orenat och helt outspätt avloppsvatten ske direkt till recipienten. Detta kallas då vanligtvis nödavledning eller nödutsläpp. Utsläppen sker vid så kallade nödutlopp. I föreliggande rapport har vi låtit kommunens egen klassificering i miljörapporterna råda för vad som betecknas bräddavlopp respektive nödutlopp.

Olika metoder finns för att kontrollera och registrera utsläpp från bräddavlopp och nödutlopp. Kontrollmetoderna är av varierande komplexitet och ger därmed resultat av varierande precision. Endast vid kontinuerlig registrering av bräddflöde kan bräddvolymer i realtid och totala bräddmängder bestämmas.



Figur 1-1. De vanligaste typerna av bräddavlopp i Sverige idag. Bräddning (B) kan ske genom avledning från nätet för spillvatten (S) till nätet för dagvatten (D) i nedstigningsbrunn (a), via sidoöverfall (b), via öppen ränna i brunn/kammare (c) och via vinkelrätt överfall (d). Modifierad från Forsberg (1994).

Tabell 1-1. Kontrollmetoder för registrering av bräddavlopp med exempel på mätverktyg.

Typ av metod	Princip och kommentar ¹	Exempel på mätverktyg (förkortning i miljörapportformulär ²)
Metod saknas	Ingen registrering	Inga alls (kontrollmetod 1)
Indikerande	Okulär bedömning för att avgöra om bräddning skett. Lämplig i ett utredningsskede eller för kontroll av avlopp som sällan eller aldrig bräddar.	Uppskattning med flytkropp (kontrollmetod 2a), Uppskattning med maxnivågivare (kontrollmetod 2b)
Registrering av total bräddtid och frekvens	Givare kopplad till räkneverk för tid och frekvens. Lämplig vid avlopp som ganska sällan bräddar.	Uppskattning med frekvensgivare (kontrollmetod 2c) Uppskattning med frekvens och varaktighet (kontrollmetod 2d)
Händelseregistrering för en eller flera nivåer	Tidsbestämning av bräddtillfällena på vald nivå. Med flera givare kan brädd på flera nivåer registreras.	Uppskattning med frekvens och varaktighet (kontrollmetod 2d)
Kontinuerlig registrering av nivåfluktuationer	Händelseregistrering med angivelse av nivåvariation. Kan användas för kalibrering av datamodell.	Flödesmätning baserad på nivå över skibordskant (kontrollmetod 3)
Kontinuerlig registrering av bräddflöde	Flödesmätning som ger absoluta bräddmängder. Kan användas för kalibrering av datamodell.	Flödesmätning (kontrollmetod 3), Beräkning av pumpad mängd (kontrollmetod 4)
Modellering	Beräkningsbaserad kalibrerad uppskattning av bräddmängder	Beräkning med flödesmodell (kontrollmetod 5)

¹ Forsberg 1994.

² Länsstyrelsen Västra Götaland 2007.

Kontrollmetoderna från de enklaste till de mer avancerade är sammanfattade i Tabell 1-1, där också de förkortningar som används i miljörapporternas formulär står angivna. Miljörapporternas formulär finns att ladda ner från Länsstyrelsens hemsidor (Länsstyrelsen Västra Götaland 2007).

Mätutrustningen varierar mellan de olika kontrollmetoderna till omfattning och komplexitet. Vid indikering och händelseregistrering av nivåförändringar används flytdon, vippor och nivåelektroder. Vid en kontinuerlig registrering av nivåvariationer används olika typer av nivågivare, såsom ekolod, tryckgivare och kapacitiv keramisk givare. De mätmetoder som är praktiskt tillämpbara för kontinuerlig registrering av bräddflöde (ger bräddmängder) är nivåmätning med bestämmande sektion, nivåmätning samt kalibrerad avbördningskurva, hastighets- och höjdmätning samt pumptid i kombination med pumpkapacitet (Forsberg 1994).

1.2 Göta älv ur mikrobiologisk synvinkel

Från Göta älvs avrinningsområde och längst älven sker en tillförsel av mikroorganismer från människor och djur till vattnet. Dessa mikroorganismer är både sådana som är naturligt förekommande i tarmen hos människor och varmblodiga djur (indikatororganismer) och sådana som orsakar infektion, såkallade patogener. Om indikatororganismer finns närvarande i ett vattenprov kan man vara ganska säker på att vattnet har förorenats av avföring. Vissa mikrobiologiska parametrar, främst *E. coli*, tjänar som indikator på färsk fekal påverkan i älven medan andra, exempelvis sporbildande clostridier, med sin höga överlevnad även inkluderar gammal fekal påverkan. Patogener finns i varierande halter beroende på sjukdomsläget hos anslutna individer och kan orsaka smitta hos nya individer via exempelvis dricksvatten, badvatten eller livsmedel. I avföring finns patogener representerade främst i form av bakterier, virus och parasiter (WHO 2004a).

En långsam haltökning av indikatororganismer har noterats vid Lärjeholm under senare år (Vattenvårdsförbundet 2006). Det riktvärde för *E. coli* som angivits av miljönämnden i Göteborg (500 CFU/100 ml)

överskrids för närvarande frekvent på flera platser längst älven med biflöden. Halterna av indikatororganismer i Göta älv är idag så höga att badplatser inte kan anordnas längst älven, något som länge varit en politisk strävan i Göteborg. Ett allvarligare hot är dock mot råvattnet. Den ökande mikrobiologiska belastningen har inneburit att råvattenintaget vid Lärjeholm under senare år hållits stängt under en total tid motsvarande omkring en tredjedel av året, främst i syfte att minska risken för vattenburen smitta via dricksvattnet. En angelägen fråga under senare år har därför vid kommuner och vattenvårdsförbund varit att kvantifiera utsläppskällorna och orsaken till de ökande bakteriehalter i älven för att därigenom kunna avgöra var åtgärder skulle ge störst effekt.

Mikrobiologiska provtagningar inom Göta älvs avrinningsområde sker sedan flera årtionden tillbaka kontinuerligt och vid riktade undersökningar. Ett dussintal riktade undersökningar har genomförts i Göta älv sedan 1986 där olika mikrobiologiska och fysikalisk/kemiska parametrar analyserats beroende på frågeställning. De indikatororganismer som analyserats omfattar totala och termotoleranta koliformer, *E. coli*, fekala streptokocker, sulfitreducerande clostridier/sporer, kolifager och bifidobakterier. Patogener som analyserats är *Giardia*, *Cryptosporidium*, EHEC (*E. coli* O157), *Campylobacter*, norovirus och enterovirus, varav de fyra sista enbart under 2004 (Åström 2005). Ett av resultaten från dessa provtagningar är ett tydligt samband mellan nederbörd och ökande bakteriehalter i Göta älv (Rydholm 2000; Åström, Pettersson & Stenström 2007).

Den mikrobiologiska tillförseln till älven sker dels via punktutsläpp såsom avloppssystem och enstaka utsläppspunkter, dels via diffusa utsläpp såsom markavrinning och allmän påverkan från fåglar och vilda djur. Bräddningar är den händelse som dominerar bland rapporterna om mikrobiologiska händelser som inkommer till Göteborgs vattenverk Alelyckan från uppströms liggande kommuner. Även om bräddningar förhindrar överbelastning i avloppssystemen vilka annars skulle åstadkomma källaröversvämningar och liknande problem, finns en mikrobiologisk risk som behöver karakteriseras och bedömas. Undersökningar har redan tidigare visat att avloppsutsläppen har en stor potential att försämra den mikrobiologiska kvaliteten i Göta älv (Vattenvårdsförbundet 2005; Rydberg & Engdahl 1997).

Transporten av ämnen i ett strömmande vattendrag som Göta älv sker i längdriktningen genom mekanismerna advektion, diffusion och dispersion. Advektion avser transporten med vattnets rörelse. Diffusion är spridningen över rinntiden genom slumpvisa rörelser, dels den molekylära spridningen, dels den turbulenta spridningen. Dispersion är den kombinerade effekten av att vattnet rör sig olika fort i olika delar av tvärsnittet. En snabbare transport sker i mitten av ett vattendrag jämfört med längst stränderna medan transporterade ämnen diffunderar tvärs och parallellt strömningen. Dispersionen dominerar ofta spridningen efter en initial flytsträcka (Jönsson 1980). Man har ansett att en fullständig inblandning av ett utsläpp till Göta älv uppnås efter en flytsträcka av ca 10 km längs älven (Vattenvårdsförbundet 1996). Transporten av patogener vid mikrobiologiska utsläpp påverkas dessutom exempelvis av sedimentering, resuspendering och graden av bindning till sediment (Jamieson *et al.* 2004). Då mikroorganismerna lämnar sin naturliga miljö i tarmen sker också en avdödning i miljön som påverkas av flera olika faktorer och främst av omgivande temperatur. Andra faktorer, såsom halten suspenderat material och ultraviolett instrålning (Ferguson *et al.* 2003), är av underordnad betydelse.

1.3 Svenska föreskrifter om bräddningar

I Sverige ställs idag inga mikrobiologiska krav på avloppsvatten som når recipient efter rening i avloppsreningsverk eller orenat genom bräddningar och nödavledningar. Desinficering föreskrivs inte och förekommer normalt inte i svenska avloppssystem. För vissa delar av sjukhus, såsom mikrobiologiska laboratorier, patologavdelningar och dylikt, ställs det krav på beredskap för att kunna desinfektera avloppsvatten vid behov (Socialstyrelsen 1989). Miljöbalken anger att avloppsvatten ska avledas och renas eller tas om hand så att olägenheter för människors hälsa och miljö inte uppkommer. Naturvårdsverket utgav 1990 föreskrifter om krav på redovisning av bräddade mängder från avloppsledningsnät; se författningssamling SNFS 1990:14 med ändringarna SNFS 1991:9, 1993:9 och 1998:5 (Naturvårdsverket 1990).

För bräddningar vid avloppsreningsverk varierar registreringskravet med antalet anslutna person-ekvivalenter (pe). I de fall färre än 500 pe är anslutna ställs inga krav på registrering av bräddningar, vare sig vid avloppsreningsverket eller på avloppsledningsnätet. För anläggningar med mellan 501 och 2 000 pe anslutna krävs bestämning av bräddningsfrekvens respektive bräddad volym per dygn med hjälp av kontinuerlig mätning och registrering. För områden av storleken 2 000 till 20 000 pe krävs bestämning av bräddfrekvens respektive bräddad volym per dygn och en tidsproportionerlig provtagning där ett delprov tas var tionde minut under pågående bräddning. För anslutning större än 20 000 pe krävs flödesproportionell provtagning med kontinuerlig mätning och registrering av flöde. För utsläpp från avloppsledningsnät är kraven annorlunda. Här ställs inga krav på provtagning, utan det räcker med volymbestämning med mätning eller modellberäkning, och enbart i de fall anslutningen är större än 500 pe.

Krav på provtagningsfrekvens och kontrollparametrar ställs alltså enbart på bräddningar vid avloppsreningsverk med en anslutning över 2 000 pe. I föreskrifterna ställs krav avseende kemiska kontrollparametrar. Vid mer än 10 000 pe omfattar dessa COD_{Cu}, BOD₇, P-tot, N-tot, samt NH₄-N och vid mer än 20 000 pe även tungmetallerna Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Cr och Ni. Nödavledning, vilka oftast inträffar i anslutning till underhållsarbete, strömavbrott, pumphaveri, brott på huvudledningar eller spolning av ledningar, omfattas inte av föreskrifterna SNFS 1990:14. Större nödavledning ska dock omgående rapporteras till tillsynsmyndigheten.

Även när det gäller själva mätutrustningen ges föreskrifter enligt SNFS 1990:14 vad gäller mätpunkter, underhåll och funktionskontroller. En utförligare tolkning av Naturvårdsverkets föreskrifter samt ytterligare vägledning gällande kontrollen utgavs 1993 i form av Allmänna Råd (Naturvårdsverket 1993). Här räknas även anordningar för bräddning av avloppsvatten från utjämningsmagasin och pumpstationer (PST) som bräddavlopp. När det gäller kontroll av bräddavlopp anges i de allmänna råden att vid bräddavlopp som har utsläpp till känsliga områden eller som ger de största bräddvolymerna bör nivåregistrering för frekvens- och volymbestämning ske. Där bräddning sällan förekommer eller bedöms vara liten behövs endast antalet tillfällen (frekvensen) bestämmas.

Som faktaunderlag för de allmänna råden gjordes en sammanställning av befintliga mätningar och beräkningar av bräddningens omfattning. Situationen i ett femtontal tätorter redovisades (Andréasson & Larsson 1992). Studien visade att vid ett år utan driftavbrott (nödavledning) kunde bräddningen motsvara mindre än 1 % till över 10 % av årligt inkommande volym avloppsvatten till reningsverket. Under kortare tidsperioder kunde bräddvolymen överskrida 50 % av tillrinningen till avloppsreningsverket. Studien visade också att det ofta var ett fåtal av bräddavloppen som svarade för bräddvolymerna. En enkätundersökning som täckte in 63 kommuner rapporterades av Hernebring m.fl. (2000) för åren 1994–1998. Bräddningar från ledningsnät och reningsverk rapporterades kunna förorsaka lokala bekymmer där de förekom på olämpliga platser. Bräddningar på ledningsnätet utgjorde i medeltal 0,12 % och bräddningar vid reningsverken 0,27 % av den totala tillrinningen till avloppsverken.

1.4 Syfte

Alla former av avloppsutsläpp innebär mikrobiologiska risker för nedströms vattenanvändare. Omfattning och hantering av bräddningar och nödavledningar kan variera stort mellan olika svenska kommuner och det saknas i dagsläget en sammanställning av utsläpp från ledningsnät och mindre (<2 000 pe) anläggningar (SCB 2004). För att bedöma mikrobiologisk påverkan och hälsorisker förknippade med avloppssystem behöver utsläppsförhållandena inom dessa kartläggas närmare.

Föreliggande undersökning syftar till att kartlägga dels förekomsten och kontrollen av bräddavlopp i en ytvattentäkt, och Göta älv som är recipient för flera olika avloppssystem användes som en fallstudie. Vidare att kartlägga den mikrobiologiska effekten av dessa utifrån nedströms halter av indikatorbakterierna *E. coli* och sulfitreducerande clostridier samt ett urval patogena bakterier, virus och parasiter. Den sammantagna mikrobiologiska påverkan från avloppsutsläpp diskuteras och från resultaten föreslås framtida undersökningar.

2 Datainsamling

Informationen om förekomsten av bräddning och nödavledning vid avloppsreningsverk, ledningsnät och pumpstationer har insamlats från kommunernas miljörapporter till tillsynsmyndigheten och genom samtal med ansvariga för respektive kommun. Kommunerna i studien omfattar Göteborg, Kungälv, Ale, Lilla Edet, Trollhättan och Vänersborg (kontaktpersoner redovisas i Bilaga B). Den information som efterfrågats omfattar kontrollmetod (jämför Tabell 1-1), recipient och sekundär recipient (anslutande vattendrag för biflöden), frekvens, antal timmar samt total brädd- eller nödavledningsvolym under 2004, spillvattenandel vid bräddstart samt uppskattning om (storleksordning av) rinntid till Göta älv.

Volymuppgifter på dygnsbasis för bräddningar, nödavledningar och utgående avloppsvatten insamlades från de berörda kommunerna för perioden 1 juli till 31 december 2004. Kommunens egna angivelser av såväl volymer som definitionen av detta (bräddning respektive nödavledning) har infogats i rapporten. Uppgifter om spillvattenandelen vid start av bräddavlopp eller nödutlopp redovisades i den mån dessa fanns tillgängliga. I redogörelsen presenteras resultaten huvudsakligen med två värdesiffror. Mikrobiologiska halter insamlades från de regelbundna mätningarna i Garn och Lärjeholm avseende *E. coli* (3 analyser per vecka). I jämförelsesyfte insamlades uppgifter för sulfitreducerande clostridier (2 analyser per vecka). Såväl utsläppsvolymer samt mikrobiologiska halter omräknades till en logaritmisk skala ($\log_{10}$) för presentation och jämförelser.

Utöver regelbundna mätningar granskades mikrobiologiska data från EU-projektet MICRORISK. Inom detta EU-projekt undersöktes den mikrobiologiska förekomsten i ytvattnet i Lärjeholm under perioden februari 2004 till februari 2005 och vid olika slags händelser med misstänkt mikrobiologisk påverkan (Åström *et al.* 2007). Patogenhalter från provtagningar under det andra halvåret 2004 jämfördes med summan av avloppspåverkan längst älven under 5 dagar före och fram till och med provtagningsdagen. Patogenerna inkluderade parasiter (*Cryptosporidium* och *Giardia*), virus (enterovirus och norovirus) och bakterier (*Campylobacter* och *E. coli* O157/EHEC). I jämförelsen inkluderades

även halterna av indikatororganismer (*E. coli*, intestinala enterokocker, somatiska kolifager, presumtiva clostridier).

Nederbördsuppgifter (dygnsvärden, mm) för andra halvåret 2004 insamlades från SMHI:s kontrollstationer i Garn och Vänersborg. För jämförelse med utsläpp från Trollhättan användes nederbördsdata från Vänersborg och för jämförelse med utsläpp från Ale kommun nederbördsuppgifter från Ale kommuns regnmätare i Nol. Uppgifter om flöden i Göta älv (dygnsmedelvärden, m³/s) insamlades från Vattenfalls mätningar vid regleringarna i Lilla Edet och Ormo.

3 Systembeskrivning

Göta älvs sträckning från Göteborg upp till Vänern illustreras på kartorna i Figur 3-2 (nedan) för södra delen av älven och i Figur 3-3 (nedan) för den norra.

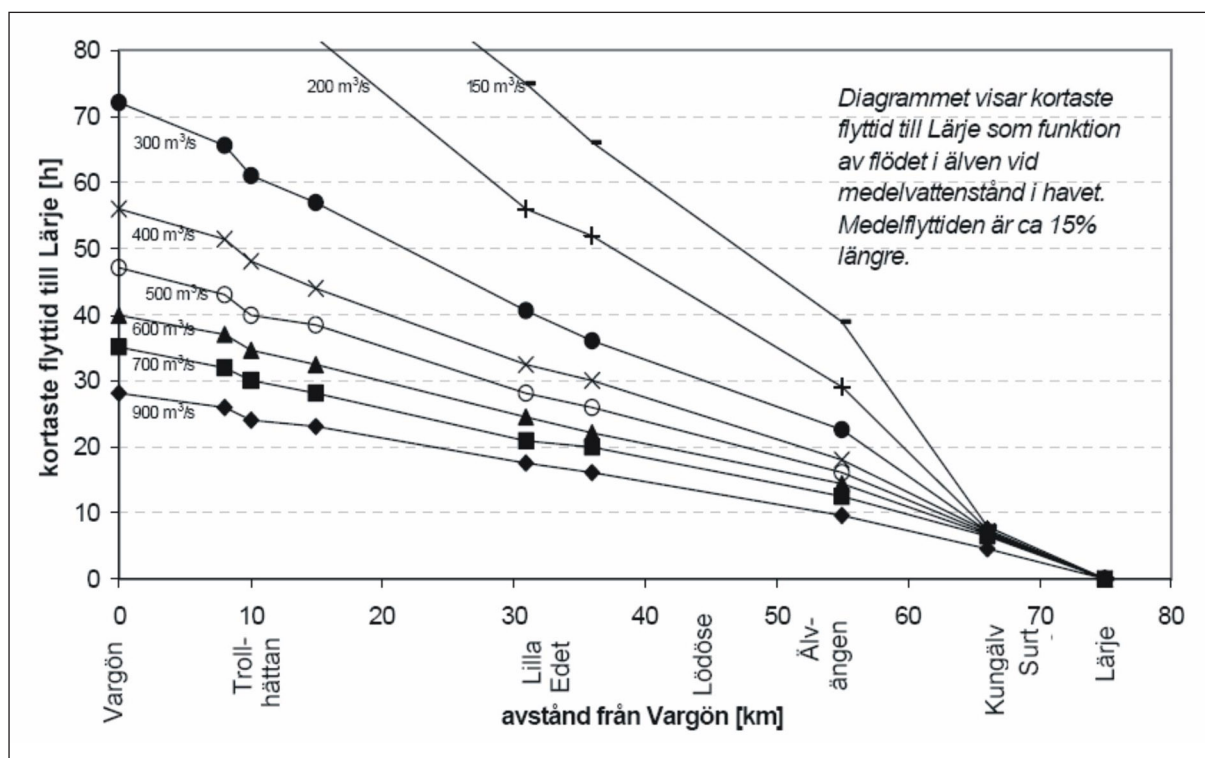
3.1 Vattenföring och mikrobiologiska kontrollstationer

De högsta flödena i Göta älv vid Lilla Edet förekommer vanligtvis under månaderna december till juni och variationerna under hela året ligger i intervallet 200–1 200 m³/s (Vattenvårdsförbundet 2006). Flöden under 500 m³/s noteras framförallt i perioden juli till november. Göta älv har huvudsakligen tre fallsträckor på sträckan Vänern till Göteborg om sammanlagt drygt 40 meter. Först i strömriktningen ligger Vargön (5 meter), därefter Trollhättan (33 meter) och sist Lilla Edet (4 m). Flödet styrs främst efter behovet av vattenkraft vid de kraftstationer som här är lokaliserade. I den södra delen av Göta älvs sträckning delar sig älven och omsluter ön Hisingen. I den norra delen, benämnd Nordre älv, transporteras 75 % av vattnet och i den södra delen, fortsatt benämnd Göta älv, resterande 25 %. Älven regleras även innan utloppet till havet med hjälp av en skärm

på botten i Nordre älv konstruerad för att förhindra saltvatteninträngning. Denna skärm är lokaliserad vid Ormo, se Figur 3-2. Detta medför att kraftiga vattenföringsvariationer till största delen upptas av Nordre älv medan flödet i Göta älv är relativt konstant, omkring 200 m³/s (150–250 m³/s). Flödestiden från Vänern till havet genom Göta älv varierar mellan 1,5 och 5 dagar och ligger i medeltal på omkring 3 dagar (Vattenvårdsförbundet 2006).

Av vattenregleringsföretaget registreras älvens flöde regelbundet i Vargön, Trollhättan, Lilla Edet och Ormo (Nordre älv). Utifrån den sistnämnda registreringspunkten beräknas flödet i Lärjeholm genom den mängd vatten som transporteras genom Nordre älv över skärmen i Ormo. Genom regleringen av vattenföringen kan flödet i älven ändras drastiskt från en timme till en annan och nederbörden har därmed inte någon större påverkan på flödet. De uppgifter om transport som idag tillämpas vid Göteborgs va-verk för bedömning av stängningstid för råvattenintaget, baseras på en tidigare utredning om rinntider (Ljunggren 1995). Rinntiderna som illustreras i Figur 3-1 baseras på hastighetsmätningar i olika delar av strömfåran och har verifierats med tidigare spårämnesförsök (Bergman & Vernmark 1972). Diagrammet visar att rinntiden (flyttiden till Lärjeholm) varierar kraftigt mellan olika vattenflöden. Om flödet är konstant lågt längst hela älven (<200 m³/s) kan alltså rinntiden från punkter uppströms Trollhättan och ner till Lärjeholm närma sig 4 eller 5 dagar.

Under 2004 skedde mikrobiologiska provtagningar vid fyra kontrollstationer längst Göta älv med regelbunden analys av indikatorbakterier, nämligen i Garn, Södra Nol, Surte och Lärjeholm (Figur 3-2 och Figur 3-3). I Garn och Lärjeholm mäts regelbundet halterna av totala koliformer och *E. coli* (3 analyser per vecka) och sedan 2004 även sulfitereducerande clostridier (2 analyser per vecka). Vid dessa stationer mäts dessutom halterna av intestinala enterokocker en gång per månad. Vid övriga två stationer sker mätning av indikatorbakterier med glesare mellanrum. Utöver de mikrobiologiska stationerna finns flera kontrollstationer längst Göta älv där kemisk/fysikaliska parametrar kontrolleras.



Figur 3-1. Kortaste rinntid (flyttid) till Lärjeholm för olika medelvattenflöden i Göta älv (Ljunggren 1995). Tyngdpunkten i en utsläppsplym anses följa medelflyttiden.

3.2 Översiktlig lokalisering av avloppsutsläpp

På kartorna i Figur 3-2 och Figur 3-3 har några av utsläppspunkterna från avloppssystem och avloppsreningsverken markerats, samt väderstationer, mikrobiologiska kontrollstationer och vattenregleringspunkter. På kartorna har de bräddavlopp inmarkerats som kommuner och Göta Älvs vattenvårdsförbund ansett svara för de största utsläppsvolymer; jämför sammanställning i studie av Vattenvårdsförbundet (2005).

Från Göteborgs kommun rapporteras inga bräddavlopp uppströms råvattenintaget vid Lärjeholm, däremot utlopp där spillvatten kan nödvädas. Norr om förgreningen till Nordre älv har Kungälv kommun tre utsläppspunkter från vilka bräddningar sker till den västra sidan av Göta älv. I Ale finns bräddavlopp på ledningsnätet i den södra kommundelen och i norra kommundelen även vid Älvängens avloppsreningsverk (Figur 3-2). Sammanlagt finns i Ale kommun ca 30 bräddavlopp med utsläpp till älven antingen direkt eller via biflöde.

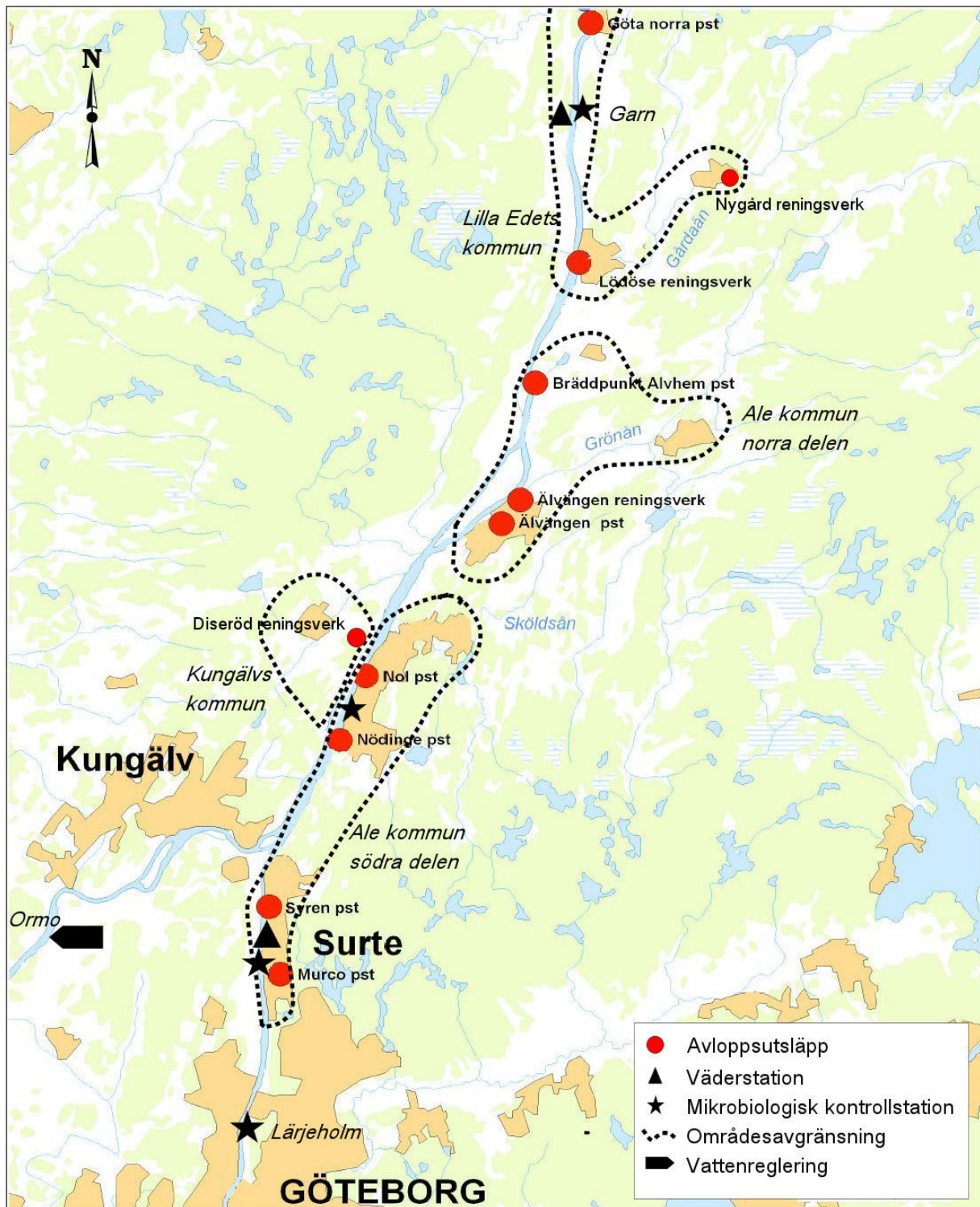
I Lilla Edets kommun sker bräddningar från de fyra avloppsreningsverken i Lödöse, Nygård,

centralorten (Ellbo) och i Hjärtum. Bräddningar sker även på ledningsnätet i Lilla Edets kommun. I centralorten Lilla Edet finns ca 30 bräddavlopp/nödutlopp på ledningsnätet inklusive pumpstationer. På ledningsnätet i Lödöse finns tre bräddavlopp och i Nygård ett bräddavlopp, däremot inget i Hjärtum, se Figur 3-2 och Figur 3-3.

I Trollhättans kommun finns bräddavlopp/nödutlopp på ledningsnätet och i ett tunnelnät, varav flera med gemensam utsläppspunkt i Göta älv. Sammanlagt finns i kommunen ca 40 bräddavlopp/nödutlopp i avloppsledningsnätet, varav 8 i ett tunnelnät. I Vänersborg ligger Holmängens avloppsreningsverk vid Vätern, strax väster om mynningen till Göta älv. Anslutande ledningsnät omfattar 35 bräddavlopp med utsläpp till älven eller efter transport från Vätern (Figur 3-3).

3.3 Göteborgs kommun

Omedelbart norr om råvattenintaget vid Lärjeholm finns ett skyddsområde som sträcker sig till Surte i Ale kommun. Avloppssystemen omfattar på östra

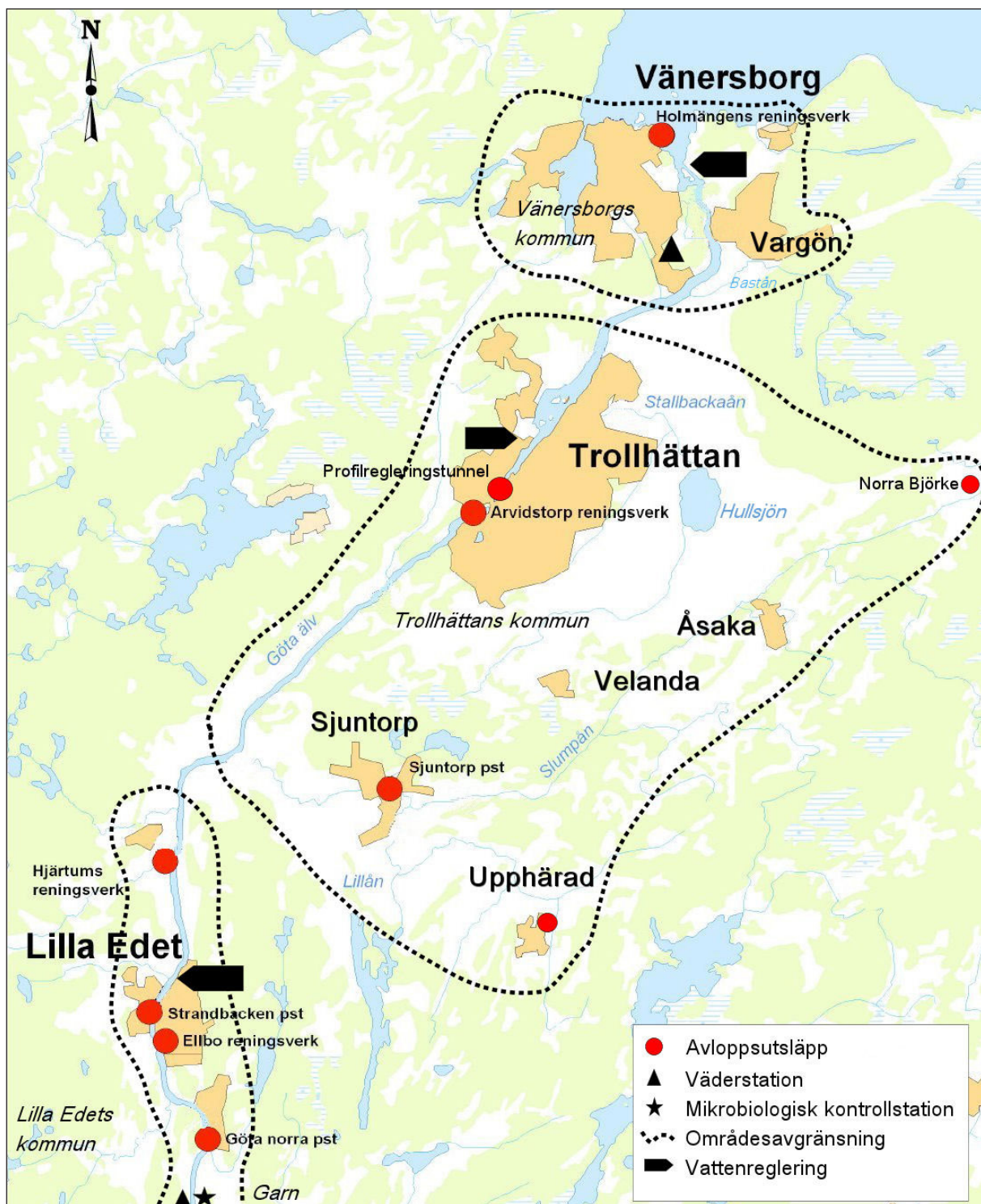


Figur 3-2. Södra delen av Göta älv med tätorter och större utsläppspunkter av renat och bräddat avloppsvatten vid reningsverk och pumpstationer (pst). Områdesavgränsningen avser områden i kommunerna med utsläppspunkter direkt eller via biflöde till Göta älv.

sidan älven bostadsområdena Agnesberg, Hammarkullen, Gårdsten, Lövgärdet och på västra sidan Tagene, Kärra, Ingeback och Gerrebacka.

3.3.1 Avloppsvattenrening

Avloppsvattnet transporteras till Ryaverket (GRYAAB) för rening. Ryaverket, vilket framför allt tar emot avloppsvatten från Göteborgs stad,



Figur 3-3. Norra delen av Göta älv med tätorter och större utsläppspunkter av renat och bräddat avloppsvatten vid reningsverk och pumpstationer (pst). Områdesavgränsningen avser områden i kommunerna med utsläppspunkter direkt eller via biflöde till Göta älv.

är beläget vid Göta älvs mynning, söder om Lärjeholm.

3.3.2 Ledningsnät och pumpstationer

Ledningsnätet i Göteborg utgörs till största delen av duplikat system (1 100 km) men även av kombinerade system (500 km). I området norr om Lärjeholm med utsläppspunkter (nödutlopp) till Göta älv finns

enbart duplikata system. Inom skyddsområdet sker dagvattenutsläpp och vid driftstörningar kan även nödavledning av spillvatten ske till Göta älv. Sammanlagt 11 spillvattenpumpstationer finns inom området (utsläppspunkterna är ej markerade på kartorna).

3.3.3 Bräddningar

Bräddningar till Göta älv förekommer inte norr om vattenintaget vid Lärjeholm.

3.3.4 Nödavledningar

Under 2004 skedde nödavledningar vid fem spillvattenpumpstationer enligt Tabell 3-1. Nödavledningen orsakades till följd av hydraulisk överbelastning vid regn och medföljde utsläpp av totalt 115 m³ varav 35 m³ spillvatten.

Nödavledningarna från Trädgårdsgärdet dateras till den 26/2, 6/3, 7/3, 17/7, 20/10 och 26/10, från Brynnkällegatan 5/3, 30/8 och 30/11, från Orrekulla II och Bäcksvägen den 19/8 och från Gerrebacka den 3/4.

3.4 Kungälv kommun

Enbart den nordöstra delen Kungälv kommun har utsläppspunkter till Göta älv, se område i Figur 3-2. Avloppsreningsverket Diseröd tar emot och behandlar avloppsvatten för Diseröds tätort, Häljeröd och Dösebacka.

3.4.1 Avloppsvattenrening

Diseröds avloppsreningsverk har mekaniskt, biologiskt och kemiskt behandlingssteg. Dessa omfattar galler, sandfång, aktiv slambassäng, biosedimentationsbassäng, tre flockningskammare, kemsedimenteringsbassäng samt en mätöverfallsränna. År 2004 uppgick antalet anslutna vid Diseröds avloppsreningsverk till 1 100 pe.

3.4.2 Ledningsnät och pumpstationer

Det finns två avloppspumpstationer i området, Västra Torp och Häljeröds pumpstation. Dessa dataövervakas dygnet om med larm till beredskapspersonal. Pumpstationerna har bräddutlopp där mängden uppskattas baserat på frekvens och varaktighet.

Tabell 3-1. Nödavledning till Göta älv enligt uppgifter från Göteborgs kommun norr om intaget under år 2004.

Nödutlopp	Kontrollmetod ^a	Recipient	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Spillvattenandel vid nödavledningsstart (%) ^b	Rinntid till Göta älv
Orrekulla I	2d	Göta älv	0	0	0	4,1	< 1h
Orrekulla II	2d	Göta älv	1	1,2	0,6	8,2	< 1h
Bäcksvägen	2d	Göta älv	1	0,1	0	4,2	< 1h
Agnesbergsvägen	2d	Göta älv	0	0	0	1,5	< 1h
Transportgatan 47	2d	Göta älv	0	0	0	5,3	< 1h
Brynnkällevägen	2d	Göta älv	3	4,9	58	21	< 1h
Fagerdal	2d	Göta älv	0	0	0	2,2	< 1h
Trädgårdsgärdet	2d	Göta älv	20	7,8	45	2,0	< 1h
Gerrebacka	2d	Göta älv	1	0,9	6,8	12	< 1h
Lilla Gerrebackavägen	2d	Göta älv	0	0	0	11	< 1h

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet).

^b Beräknat som kvoten mellan torrvädersflöde och pumpkapacitet.

3.4.3 Bräddningar

Kommunens uppgifter om bräddningar från Diseröds tillrinningsområde är sammanställda i Tabell 3-2. Vid Diseröds avloppsreningsverk skedde de flesta bräddningarna under året i samband med nederbörd. Bräddningen från Västra Torps pumpstation inträffade den 23 oktober.

3.4.4 Nödavledningar

Den 11 juni fungerade inte gallret för den mekaniska reningen av inkommande avloppsvatten vid Diseröds avloppsreningsverk. Detta fick till följd att obehandlat avloppsvatten nödavleddes under 63 timmar, motsvarande en (beräknad) mängd om 640 m³.

3.5 Ale kommun

Från Ale södra kommun del transporteras avloppsvattnet till Ryaverket (GRYAAB) för rening. I den norra kommun delen sker behandling vid Älvängens avloppsreningsverk. De orter som är anslutna till avloppsledningsnätet i den södra kommun delen är Alafors, Nol, Nödinge, Bohus och Surte. I den norra kommun delen är orterna Älvängen, Skepplanda och Alvhem anslutna till Älvängens avloppsreningsverk.

3.5.1 Avloppsvattenrening

Älvängens avloppsreningsverk har mekaniskt, biologiskt och kemiskt behandlingssteg. Den mekaniska behandlingen består av gällersil, sandfång och försedimentering. I den biologiska behandlingen finns en luftningsbassäng och två sedimenteringsbassänger. Den kemiska behandlingen omfattar kemikaliedosering, flockningsbassänger och sedimenteringsbassänger. Under 2004 var 6 000 personer anslutna till reningsverket.

3.5.2 Ledningsnät och pumpstationer

I den södra kommun delen (med avloppsledningsnätet anslutet till Ryaverket) var under året totalt 15 000 personer anslutna. Avloppsledningsnätet har ca 1 % kombinerat system på en avrinningsyta av 879 hektar varav 91 utgör hårdgjorda ytor. Den totala längden av avloppsledningar är 85 km och av dagvattenledningar 96 km. Tryckavloppsledningarnas längd är 15 km. Recipienter är Göta älv samt Sköldsån och Nölbäcken vilka mynnar i Göta älv.

Älvängens avloppssystem består dels av ett äldre ledningsnät innehållande kända felkopplingar, dels ett nyare system byggt på 1970-talet. Totalyta för avrinning till reningsverket är 390 ha varav 4 ha utgör hårdgjorda ytor. Den topografiska situationen med plan mark i samhället Alvhem medför att det saknas möjligheten att ansluta dagvatten till naturliga vattendrag genom självfall. Här finns därför ett kombinerat avloppssystem.

Den totala längden av spillvattenledningar är 48 km. Längden av dagvattenledningar är 45 km och av

Tabell 3-2. Bräddningar och nödavledning till Göta älv enligt uppgifter från Kungälv kommun under år 2004. (–)= saknade uppgifter.

Utsläppspunkt Nödutlopp (N) Bräddavlopp (B)	Kontroll- metod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Volym totalt (m ³)	Spillvatten- andel vid bräddstart	Rinntid till Göta älv
Diseröds ARV (B)	2d	Göta älv	–	76	190	–	minst 1 h ^b
Diseröds ARV (N)	2d	Göta älv	1	63	640	–	minst 1 h ^b
Västra Torp PST (B)	2d	Välabäcken (5 km till Göta älv)	1	4,8	14	25 %	dygn
Häljeröds PST	2d	Göta älv	0	0	0	–	< 1h

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet).

^b Allt utgående vatten pumpas över en ås till Göta älv.

tryckavlopp 7,8 km. Eftersom ledningsnätet ligger på en topografiskt lägre nivå än älven, sker majoriteten av bräddningar och nödavledningar inom kommunen genom utpumpning till Göta älv. Volymerna kan därför bestämmas utifrån uppgifter om drifttider och kapacitet på pumparna.

3.5.3 Bräddningar på ledningsnätet

Enbart i Alvhem, där det finns ett kombinerat avloppssystem, klassades utsläppen som bräddningar (Tabell 3-4).

3.5.4 Nödavledningar

Nödavledning på ledningsnätet rapporterades från både södra och norra delen av Ale kommun (Tabell

3-3 och Tabell 3-4). Utsläppen volymbestämdes i de flesta fall utifrån pumpkapacitet och drifttid. För Rönnvägen belägen vid Sköldsån i Alafors uppskattades volymen utifrån nivåregistrering i övervakningssystemet.

Störst utsläpp skedde vid Nödinge pumpstation, med en årsvolym om ca 51 000 m³. För Nödinge pumpstation var utspädningsgraden i samband med skyfall högre än vid de övriga utloppen, och spillvattenandelen endast 3–5 %. Vid Murco pumpstation upptäcktes att en lucka mot Göta älv var otät, varigenom älvvatten runnit in och bidragit till utsläppen. Felet åtgärdades i början av 2005.

Störst utsläpp i norra delen av kommunen skedde i form av bräddningar från Älvängens avloppsreningsverk, ca 43 000 m³. Vid Alvhem pumpstation (P2) skedde flest antal bräddningar och under längst tid sammanlagt. Dessa utsläpp fångades dock upp i en biodamm för att minska påverkan i Göta älv.

Tabell 3-3. Nödavledningar enligt uppgifter för södra kommundelen av Ale kommun under år 2004. (–)= Uppgift saknas.

Utsläppspunkt	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Spillvattenandel vid nödavledningsstart	Rinntid till Göta älv
Rönnvägen PST	2e	Sköldsån (Göta älv)	5	30	1 500 ^b	20–25 %	<1 h
Sjövallavägen PST	2b	Sköldsån (Göta älv)	0	0	0	–	–
Rished PST	2b	Sköldsån (Göta älv)	0	0	0	–	–
Brandsbo kvarn PST	2b	Sköldsån (Göta älv)	0	0	0	–	–
Röda Dalen PST	2b	Nolbäcken (Göta älv)	0	0	0	–	–
Kärrvägen PST	2b	Nolbäcken (Göta älv)	0	0	0	–	–
Oljet PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Södra Nol PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Centrala Nol PST	4	Göta älv	5	23	6 700 ^b	20–25 %	<1 h
Vimmesjön 2 PST	2b	Saknas	0	0	0	–	–
Vimmesjön 1 PST	2b	Saknas	0	0	0	–	–
Trollevik PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Nödinge PST	4	Göta älv	16	160	51 000 ^b	3–5 %	<1 h
Sörmossen PST	2b	(lakvatten), till Tunnel	0	0	0	–	–
EKA PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–

Forts. Tabell 3.3.

Utsläppspunkt	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Spillvattenandel vid nödavlledningsstart	Rinntid till Göta älv
Tunnel PST	2b	Saknas	0	0	0	–	–
Syren P3 PST	4	Göta älv	2	18	6 400 ^b	20–25 %	<1 h
Syren P4 PST	4	Göta älv	0	0,0	0	20–25 %	<1 h
Murco PST	4	Göta älv	15	41	13 400 ^b	20–25 %	<1 h
Keillers väg PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Arvidssons PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Surte V1 PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Surte V2 PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–
Surte V3 PST	2b	Göta älv	0	0	0	–	–

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 2b (uppskattning med maxnivågivare), 2e (uppskattning med nivågivare), 4 (beräkning av pumpad mängd).

^b Volymen tillgängliga på dygnsbasis för andra halvåret.

Tabell 3-4. Bräddningar och nödavlledningar enligt uppgifter för norra delen av Ale kommun under år 2004. Uppgifter om spillvattenandel vid brädd- och nödavlledningsstart saknades. (–)= Uppgift saknas.

Utsläppspunkt Nödutlopp (N) Bräddavlopp (B)	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
Älvängens ARV (B)	3	Göta älv	44	–	43 000 ^b	<1 h
Alvhem P2 (B)	4	Biodamm	73	392	9 900 ^b	<1 h
Alvhem P3 (B)	4	Hajs sjö (Göta älv)	19	41	2 700 ^b	<1 h
Tors Bro (N)	2d	Grönån (Göta älv)	4	10	890 ^b	<1 h
Älvängen C (N)	4	Dike (Göta älv)	7	15	4 200 ^b	<1 h
Hövägen	1	Bäck (Göta älv)	0	0	0	<1 h

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 1 (inte alls), 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet), 3 (flödesmätning), 4 (beräkning av pumpad mängd).

^b Volymen tillgängliga på dygnsbasis för andra halvåret.

3.6 Lilla Edets kommun

Verksamhetsområdet i Lilla Edets kommun omfattar Hjärtum i norr, Lilla Edets centralort med Ström väster om älven och i söder Lödöse och Nygård. Inom kommunen finns också tre infiltrationsanläggningar: Utby, Västerlanda och Glässnäs. Glässnäs infiltrationsanläggning administreras inte av kommunen och har därför utelämnats i beskrivningen nedan.

3.6.1 Avloppsvattenrening

Förutom Ellbo avloppsreningsverk finns ytterligare tre mindre i kommunen. I norr ligger Hjärtums avloppsreningsverk (380 personer anslutna). I södra kommundelen ligger Lödöse reningsverk (1 600 personer). En halv mil uppströms Gårdaån ligger Nygårds avloppsreningsverk (500 personer). Genom Gårdaån transporteras utsläppen till Göta älv. Reningen på dessa verk omfattar grovrening (galler och sandfång), biologisk (omrörning och sedimentering) och kemisk rening (fällning och sedimentering). Vid dessa tre reningsverk registreras enbart totala utsläppsvolymer och för Nygårds avloppsreningsverk även antalet bräddtillfällen per år.

Kommunens största avloppsreningsverk Ellbo, beläget vid Göta älv strax söder om centralorten Lilla Edet, har mekaniskt, kemiskt och biologiskt behandlingssteg. Omkring 6 200 personer i tätorterna Lilla Edet, Göta och Ström är anslutna.

3.6.2 Ledningsnät och pumpstationer

I samhället Hjärtum med delvis kombinerat system finns inga bräddavlopp på ledningsnätet eftersom området är mycket kuperat. Bräddningar sker dock vid Hjärtums avloppsreningsverk genom att dagvatten från stora hårdgjorda ytor tillförs spillvatten-nätet. Vid kraftig nederbörd inträffar detta inom loppet av 20–25 minuter. Från reningsverket når utsläppen Göta älv via ett 140 m långt dike. För pumpar vid Hjärtums reningsverk registreras start- och stopptider. Utby och Västerlanda infiltrationsanläggningar motsvarar trekammarbrunnar med infiltrationsmöjligheter. Till anläggningen i Västerlanda förs avloppsvatten från en skola.

Lilla Edets centralort kännetecknas av hårdgjorda ytor som genom delvis kombinerade system kan bidra med en stor del av den totala tillrinningen till avloppsreningsverket. För Lödöse och Nygård är informationen om ledningsnätet knapphändig. I hela kommunen är den sammanlagda längden av dagvattenledningar 74 km och av spillvattenledningar 89 km. Källaröversvämningar uppges vara ganska vanliga i kommunen.

3.6.3 Bräddningar

Kommunens uppgifter om bräddningar i Lilla Edet finns sammanställda i Tabell 3-5. Vid det största avloppsreningsverket, Ellbo, skedde registreringen av bräddvolymen genom beräkning av utpumpad mängd. Vid Ellbo avloppsreningsverk fanns även information om utspädningsgrad vid bräddstart (2 respektive 4 gånger torrvädersflödet). Vid Hjärtums reningsverk saknades helt registrering av bräddvolymen. För Lödöse redovisades den totala bräddvolymen och vid Nygårds reningsverk antalet dagar som bräddning skett under året.

Endast vid pumpstationerna Göta Norra, Göta Södra, Husbergsgatan och Strandbacken skedde registrering av bräddning. Denna registrerades i form av frekvens och varaktighet för de sammanlagda bräddtillfällena. För Strandbacken rapporterade kommunen problem vid registreringen av bräddtillfällena, vilken uppgavs baseras på beräkning av pumpad mängd. Den i miljörapporten angivna siffran ansågs överskatta de faktiska bräddvolymerna från denna pumpstation genom att skräp och liknande större mätutrustningen.

3.6.4 Nödavledningar

Ett rörbrott på en tryckavloppsledning i Lilla Edet som avleder spillvatten från cirka 1 000 personer förorsakade spillvattenutsläpp direkt till Göta älv under perioden 18–23 oktober 2004. I samband med reparationen beslutades att ledningen skulle läggas om på en sträcka av cirka 60 meter på grund av den dåliga kvaliteten. Den 22 november rapporterades slamflykt vid Ellbo avloppsreningsverk.

Tabell 3-5. Bräddningar enligt uppgifter från Lilla Edets kommun under år 2004. Uppgifter om spillvattenandelen vid bräddstart saknades. (–)= Uppgift saknas.

Bräddavlopp	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
Ellbo ARV	3	Göta älv	340	–	97 000 ^d	<1 h
Hjärtums ARV	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Nygårds ARV	2c	Gårdaån (Göta älv)	Under 6 dygn	–	–	timmar
Lödöse ARV	2d	Göta älv	–	–	12 000	<1 h

Forts. Tabell 3-5.

Bräddavlopp	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
<i>Ellbo tillrinningsområde:</i>						
Brov./Hamng.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Brov./Käppsl.g.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Brov./Lindahlsv.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Brov./LBC I	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Brov./LBC II	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Brov./Vattenv.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Bruksv./Örtv.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Ellbo	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Fårhuset PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Göta Norra PST	2d	Göta älv	620	490	–	<1 h
Göta Södra PST	2d	Göta älv	19 ^c	380	–	<1 h
Husbergsgatan PST	2d	Göta älv	140	120	–	<1 h
Idrottstv. PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Josuadalsv. PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Kalvhagev.	1	Strömsbäcken (Göta älv)	–	–	–	<1 h
Kungälvsv.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Ljungkilev.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Molingsg.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
N Ledningsg.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Parkv.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Edet rasta PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Skeppningsg.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Skillnadsg.	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Spånkajen I	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Spånkajen II	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Spånkajen III	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
StorEls lager	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Strandbacken PST	4	Göta älv	–	–	– ^{b, d}	<1 h
Strömsskolans PST	1	Strömsbäcken (Göta älv)	–	–	–	<1 h
Svengårdsg	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Tärnstigen	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
<i>Lödöse tillrinningsområde:</i>						
Gårdaån PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Museet PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
Askania PST	1	Göta älv	–	–	–	<1 h
<i>Nygård tillrinningsområde:</i>						
Påsfabriken PST	1	Gårdaån (Göta älv)	–	–	–	timmar

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 1 (inte alls), 2c (uppskattning med frekvensgivare), 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet), 3 (flödesmätning), 4 (beräkning av pumpad mängd).

^b Den registrerade volymen (830 000 m³) ansågs överskattad.

^c Förmodligen fler tillfällen än vad som här anges.

^d Volymen tillgängliga på dygnsbasis för andra halvåret.

3.7 Trollhättans kommun

Verksamhetsområdet omfattar tätorterna Trollhättan, Sjuntorp, Upphärad, Veland, Åsaka och Norra Björke.

3.7.1 Avloppsvattenrening

I Trollhättans kommun finns endast ett avloppsreningsverk med utsläpp till Göta älv, Arvidstorp, vilket inkluderar mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen består av galler, luftat sandfång och försedimentering. Kemisk rening sker genom förfällning. Det till reningsverket inkommande avloppsflödet regleras via luckor före inloppsrännan. Vid stora flöden, över 600 l/s, kan vatten avledas efter försedimentering (brädda) direkt till utloppstunneln för att inte överbelasta den biologiska reningen. Till Arvidstorps avloppsreningsverk är omkring 47 000 personer anslutna.

3.7.2 Ledningsnät och pumpstationer

Avloppsledningsnätet, som är ett delvis kombinerat system, omfattar ca 400 km avloppsledningar och

40 km tunnlar. För mätning av bräddad volym på ledningsnätet finns givare vid ett flertal stationer. Mätmetoden bygger på beräkning av nivån i bräddavloppsledningen. För bräddade mängder på avloppsledningsnätet som helhet har en avrinningsmodell (MOUSE) under flera års tid använts till att beräkna bräddflöden.

3.7.3 Bräddningar

Kommunens uppgifter om bräddningar i Trollhättan sammanfattas i Tabell 3-6. Vid pumpstationerna skedde volymregistrering genom flödesmätning. Av kommunens pumpstationer skedde den största bräddningen vid Sjuntorp – Trollhättan P1. Flest bräddningar registrerades vid Norra Björke P46 med 1 200 registrerade tillfällen under sammanlagt 30 timmar (dock okänd volym).

Mest omfattande var bräddningarna på lednings- och tunnelnätet, där volymerna beräknats genom avrinningsmodellering. Total bräddad volym under år 2004 beräknades uppgå till ca 543 000 m³. Stora bräddningar skedde vid Hjulksvarn och från Hjortmossen 2, men de i särklass största vid Kungstorget, omkring 440 000 m³ under hela året. Uppgifter om andel spillvattenandelen vid bräddstart för respektive utsläppspunkt fanns inte att tillgå.

Tabell 3-6. Bräddningar och nödavledning enligt uppgifter från Trollhättans kommun under år 2004. Uppgifter om spillvattenandel vid brädd- och nödavledningsstart saknades. (–)= Uppgift saknas.

Utsläppspunkt Nödutlopp (N) Bräddavlopp (B)	Kontroll- metod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
Arvidstorp ARV	3	Göta älv	0	0	0	<1 dygn
Sjuntorp-Trollhättan P1 (B)	3	Slumpån (Göta älv)	260	130	12 000	–
Sjuntorp-Trollhättan P3 (N)	1*	Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Sjuntorp-Trollhättan P4 (N)	1*	Infiltrationsgrop	0	0	0	–
Trollhättans tätort P6 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Trollhättans tätort P9 (N)	1*	Göta älv	–	–	–	<1 h
Veland, Lindveden P13 (N)	3	Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Veland, Lindveden P15 (N)	3	Ryrbäcken (Göta älv)	6	0	60	–
Upphärad-Sjuntorp P16 (B)	1*	Slumpån (Göta älv)	–	–	–	–
Upphärad P17 (B)	3	Lillån, Slumpån (Göta älv)	29	23	5 200	–

Forts. Tabell 3-6.

Utsläppspunkt Nödutlopp (N) Bräddavlopp (B)	Kontroll- metod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
Trollhättans tätort P19 (N)	3	Göta älv	0	0	0	<1 h
Sjuntorp P20 (N)	3	Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Trollhättans tätort P21 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Åsaka P22 (N)	3*	Lerumsån, Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Åsaka P23 (N)	3*	Lerumsån , Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Trollhättans tätort P25 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Velanda, Lindveden P26 (N)	3	Hullsjön, Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Velanda, Lindveden P27 (N)	3	Hullsjön , tallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Åsaka P28 (N)	3	Lerumsån, Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Velanda, Lindveden P29 (N)	3	Hullsjön, Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Trollhättans tätort P30 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Sjuntorp P31 (N)	3	Slumpån (Göta älv)	1	53	400	–
Trollhättans tätort P32 (N)	3	Göta Älv	0	0	0	–
Trollhättans tätort P33 (N)	3	Göta Älv	0	0	0	<1 h
Trollhättans tätort P36 (N)	3	Göta älv	0	0	0	<1 h
Trollhättans tätort P37 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Sjuntorp P38 (N)	3	Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Upphärad-Sjuntorp P39 (N)	3	Lillån, Slumpån (Göta älv)	0	0	0	–
Upphärad-Sjuntorp P40 (N)	1*	Lillån, Slumpån (Göta älv)	–	–	–	–
Trollhättans tätort P44 (N)	3	Bäck Torsredsdaalen (Göta älv)	0	0	0	–
Trollhättans tätort P45 (N)	3	Stallbackaån (Göta älv)	0	0	0	–
Norra Björke P46 (B)	2d	Björkeån, Lerumsån, Slumpån (Göta älv)	1 200	30	–	–
<i>Utsläpp från Trollhättans tätort via profilregleringstunnel</i>						
Strömslundsgatan P8 (B)	5	Göta älv	21	5	280 ^b	<1 h
Daltorpsvägen (B)	5	Göta älv	23	5	220 ^b	–
Johan Dahlovsgatan (B)	5	Göta älv	80	57	2 900 ^b	–
Kungstorget (B)	5	Göta älv	53	540	440 000 ^b	<1 h
Hjulkvarn (B)	5	Göta älv	19	110	49 590 ^b	<1 h
Broskogsvägen (B)	5	Göta älv	3	10	28 ^b	–
Folkets Park (B)	5	Göta älv	3	1,5	650 ^b	<1 h
Hjortmossen 2 (B)	5	Göta älv	37	190	47 000 ^b	<1 h

^a Kontrollmetoder: 1* (larm vid bräddning), 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet, 3 (flödesmätning, 3* (Flödesmätning, ur funktion delar av 2004), 5 (beräkning med flödesmodell). Metoderna, undantaget de med (*) markerade, är hämtade från Tabell 1-1.

^b Volym tillgängliga på dygnsbasis för andra halvåret.

3.7.4 Nödavledningar

Den 28 mars och 28 april skedde utsläpp av slam ut på gårdsplanen och via en bräddledning på avloppsnätet till dagvatten och vidare ut i diket som leder ner till älven. Den 13 november uppstod fel i en undercentral i verket, vilken bland annat styr slampumpning. Detta innebar att verket drevs med begränsad bassängkapacitet i tre dygn, vilket orsakade slamflykt i utgående avlopp. Från Sjuntorp skedde nödavledning från ledningsnätet under perioden 23–29 december (ca 32 000 m³ spillvatten) till följd av läckande tryckavloppsledning under ca tre dygn.

3.8 Vänersborgs kommun

Till Holmängens avloppsreningsverk är tätorterna Vänersborg, Vargön, Båberg, Grunnebo och Väner-Ryr anslutna.

3.8.1 Avloppsvattenrening

Vid Holmängens avloppsreningsverk renas avloppsvatten mekaniskt, biologiskt och kemiskt. Behandlingsstegen omfattar bland annat roterande silar, luftat sandfång, förluftningsbassäng, försedimenteringsbassänger, biologisk bädd, denitrifikationssteg, flockningsbassänger och slutsedimenteringsbassänger. Antalet anslutna är 27 000 personer och recipient är Vänern nära dess utlopp till Göta älv.

3.8.2 Ledningsnät och pumpstationer

Avloppsledningsnätet består till största delen av duplikat system och bräddningar sker främst till Vänern nära dess utlopp till Göta älv. I samtliga spillvattenpumpstationer finns givare som signalerar när bräddnivån uppnås, vilket ger frekvens och sammanlagd tid som bräddavloppen varit i funktion. Med hjälp av dessa rapporter beräknas vid kommunen den mängd avloppsvatten som bräddat via

pumpstationerna. Längden av spillvattenledningar i hela kommunen är 195 km och av dagvattenledningar 150 km.

3.8.3 Bräddningar

Kommunens uppgifter om bräddningar i Vänersborg vid Holmängens avloppsreningsverk och tillrinningsområde är sammanställda i Tabell 3-7. Bräddningarna vid reningsverket skedde i februari och skedde avsiktligt vid test av kontrollutrustning. Vid de flesta pumpstationerna fanns antalet bräddningar och dess varaktighet registrerade. Volymangivelserna utgjordes av en uppskattning vid kommunen baserat på ledningsspecifika uppgifter samt uppgifter om frekvens och varaktighet vid respektive bräddavlopp (kontrollmetod 2d).

För det aktuella avloppssystemet saknades uppgifter om spillvattenandelen vid bräddstart för de olika bräddavloppen.

3.8.4 Nödavledningar

Inga nödavledningar rapporterades från Vänersborg under året 2004.

4 Avloppsutsläpp och dess mikrobiologiska påverkan

I detta kapitel sammanställs uppgifterna om utsläppsvolymer av ofullständigt renat avloppsvatten, dels för avloppsreningsverken och dels för ledningsnäten. Dessa jämförs med förekomsten av indikatorbakterier och patogener vid nedströms liggande kontrollstationer.

Tabell 3-7. Bräddningar enligt uppgifter från Vänersborgs kommun, tillrinningsområdet för Holmängens reningsverk, under år 2004. Uppgifter om spillvattenandel vid bräddstart saknades. (-)= Uppgift saknas.

Bräddavlopp	Kontrollmetod ^a	Recipient (sekundär recipient)	Antal tillfällen	Antal timmar	Total volym (m ³)	Rinntid till Göta älv
Holmängen ARV	3	Göta älv	13	0,7	1 000 ^b	timmar
Djupedalen (P1)	2d	Vänern (Göta älv)	25	73	220	timmar
Öxnared (P2)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Kvarnbäcken (P3)	2d	Vänern (Göta älv)	4	25	140	timmar
Sjövik (P4)	2d	Vänern (Göta älv)	6	33	220	timmar
Strandvägen (P5)	2d	Vänern (Göta älv)	1	0,2	1	timmar
Dalbobron (P6)	2d	Vänern (Göta älv)	2	8,3	45	timmar
Residensbron (P7)	2d	Vänern (Göta älv)	1	1,1	6	timmar
Skräcklan (P8)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Huvudnäsgratan (P9)	2d	Vänern (Göta älv)	1	2,9	16	timmar
Ringgatan (P10)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Nabbensberg (P11)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Restad (P12)	2d	Vänern (Göta älv)	7	34	230	timmar
TenggrenstorP(P13)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Kassaretorpet (P14)	2d	Vänern (Göta älv)	38	0	0	timmar
Ängsvägen (P15)	3	Vänern (Göta älv)	130	130	720 ^b	timmar
Kyrkängen (P16)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Holmängen (P17)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Tegen (P18)	3	Vänern (Göta älv)	1	0	0	timmar
Brätte-Haga (P19)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Hol (P20)	2d	Vänern (Göta älv)	1	3,4	23	timmar
Båberg (P21)	2d	Vänern (Göta älv)	2	6,6	20	timmar
Bangatan (P22)	2d	Vänern (Göta älv)	1	9,7	0	timmar
Verkmästaren (P23)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Grunnebo (P24)	2d	Vänern (Göta älv)	8	110	340	timmar
Vassbotten (P25)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Onsjö (P26)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Smyget (P27)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Brätte (P28)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Ryr, telestn (P29)	2d	Vänern (Göta älv)	21	85	460	timmar
Ryr, kyrkan (P30)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Ryr, station (P31)	2d	Vänern (Göta älv)	0	0	0	timmar
Lundgrens väg (P32)	2d	Göta älv	11	3,5	24	timmar
Sandgårdet (P33)	2d	Bastån (Göta älv)	2	7,1	49	dygn
Härveden (P34)	2d	Bastån (Göta älv)	5	35	110	dygn
Halleskogen (P35)	2d	Bastån (Göta älv)	0	0	0	dygn
Nordkroken (P36)	2d	Göta älv	0	0	0	<1 h

^a Kontrollmetod angiven i Tabell 1-1: 2d (uppskattning med frekvens och varaktighet), 3 (flödesmätning).

^b Volym tillgängliga på dygnsbasis för andra halvåret.

4.1 Avloppsreningsverken och indikatorbakterier

Utsläpp från avloppsreningsverk till Göta älv i form av renat och bräddat avloppsvatten förekom i varierande omfattning i alla kommunerna, se Tabell 4-1. Volymen behandlat avloppsvatten, vilken står i proportion till antalet anslutna personer, var störst vid avloppsreningsverket i Arvidstorp i Trollhättan med över 10 Mm³ under året. Av detta beräknades mängden dag-, läck- och dräneringsvatten utgöra merparten. Avsaknaden av bräddningar i Trollhättans reningsverk förklarades av att skibordsnivån låg placerad på en högre nivå jämfört med bräddavloppet på ledningsnätet (+17,3 meter över havet, jämfört med Kungstorget; +16,7 m. ö. h.) (Lindeblom 2005). Bräddningarna i Trollhättan ägde rum endast på ledningsnätet, jämför Tabell 4-2 (nedan).

Näst efter Trollhättans avloppsreningsverk rapporterades största utgående volym från Vänersborg. Vid Holmängens avloppsreningsverk vid Väners utlopp till Göta älv registrerades under 2004 en utgående volym om totalt 4,9 Mm³. Den tredje största volymen

rapporterades från reningsverket Ellbo i Lilla Edet med 1,4 Mm³. Det maximala dygnsflödet var störst i Arvidstorps (58 400) och Holmängens reningsverk (55 300 m³).

Utsläppen av renat avloppsvatten till nedre delen av Göta älv och dess samvariation med mikrobiologiska halter nedströms illustreras i Figur 4-1 för andra halvåret 2004. Höga utgående flöden från avloppsreningsverken åtföljdes i några fall av tydligt förhöjda halter *E. coli* i Lärjeholm, såsom i början av juli, mitten av september och slutet av oktober.

Sulfitreducerande clostridier, vars förekomst och variation kan spegla även långväga transport genom en hög överlevnad i miljön, återfanns i lägre halter än *E. coli*. Haltvariationen av sulfitreducerande clostridier var mindre än för *E. coli*. Detta kan förklaras av att förekomsten av clostridier i högre grad reflekterar mikrobiologisk påverkan längre uppströms i älven, något som komplicerar bilden; längst hela Göta älv svarade avloppsreningsverken i Trollhättan och Vänersborg för de största utgående flödena per dygn, jämför Tabell 4-1.

Tabell 4-1. Behandlat avloppsvatten och bräddningar vid kommunala avloppsreningsverk längst Göta älv under 2004. Saknade uppgifter anges med (–).

Kommun	Reningsverk (antal anslutna)	Utgående flöde, årstotal (1 000 m ³)	Utgående flöde, dygnsmax (1 000 m ³)	Bräddnings- incidenter vid reningsverken	Bräddad volym, årstotal (1 000 m ³)
Kungälv	Diseröd (1 100 pe)	130	1,0	>1	0,8 ^a
Ale	Älvängen (6 400 pers)	790	5,9	44	43 ^b
Lilla Edet	Ellbo (6 200 pers)	1 400	9,6	340	97
Lilla Edet	Hjärtum (380 pers)	52 ^c	0,1 ^c	–	–
Lilla Edet	Lödöse (1 600 pers)	160	1,1 ^c	–	12
Lilla Edet	Nygård (500 pers) ^d	33	0,3 ^c	^e	–
Trollhättan	Arvidstorp (47 000 pers)	10 000	58	0	0
Vänersborg	Holmängen (27 000 pers)	4 900	55	13	1

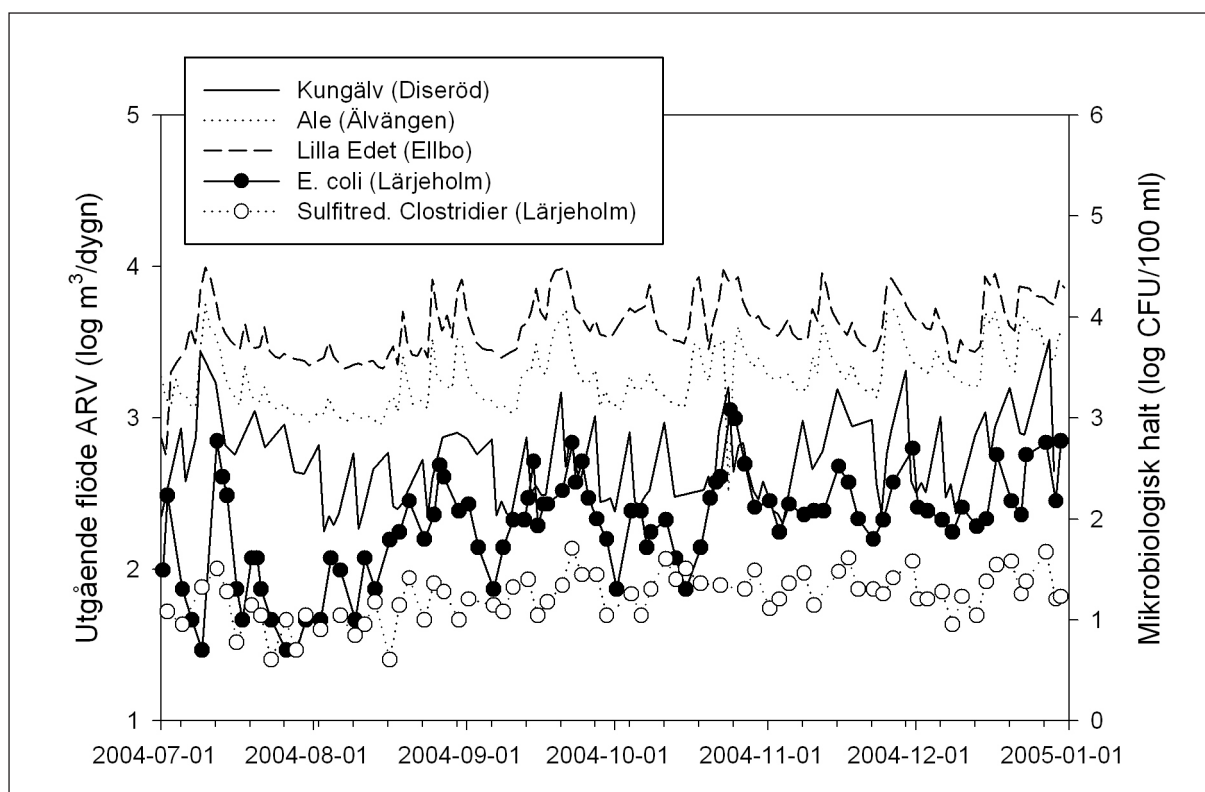
^a Beräknad spillvattenmängd, dagvatten exkluderat.

^b Kontinuerlig volymregistrering.

^c Inkommande flöde till respektive reningsverk.

^d Transporterat 5 km i Gårdaån före tillförsel till Göta älv.

^e Bräddningar förekom vid 6 dygn under året.



Figur 4-1. Utgående flöde ($\log \text{m}^3/\text{dygn}$) till Göta älv från avloppsreningsverk mellan Göteborg och Lilla Edet samt förekomsten av *E. coli* och sulfitereducerande clostridier i Lärjeholm.

Tabell 4-2. Miljörapporterade utsläpp via bräddningar och nödavledningar vid ledningsnät och pumpstationer i kommuner längst Göta älv under 2004. Saknade uppgifter anges med (-). Kontrollmetoderna specificeras i Tabell 1-1.

Kommun med ledningsnätutsläpp till Göta älv	Ledningstyp Duplikat	Kombinerat	Antal utsläppspunkter (Volymkontrollerade / kontrollmetod)	Utsläppsincidenter (sammanlagd tid)	Total volym, 1 000 m^3
Göteborg	X		10 (10/ metod 2d)	26 (15 h)	0,120
Kungälv	X	(X)	2 (2/ metod 2d)	1 (5 h)	0,014
Ale, södra	X	(X)	24 (24/ metod 2b, 4)	43 (270 h)	79
Ale, norra	X	(X)	6 (5/ metod 2d, 3 och 4)	100 (460 h)	18
Lilla Edet	X	(X)	31(4/ metod 1, 2d)	780 (990 h)	-
Hjärtum	X	X	0	0	0 ^a
Lödöse	X?	X?	3 (0)	-	-
Nygård	X?	X?	1 (0)	-	-
Trollhättan	X	X	39 (33 ^b / metod 2d, 3, 5)	1 8 (1 200 h)	560
Vänersborg	X	(X)	36 (36/ metod 2d, 3)	263 (580 h)	2,6

^a Inga bräddavlopp förekommer (kuperat samhälle).

^b Samtliga 39 punkterna har åtminstone larm vid bräddning.

4.2 Ledningsnäten och indikatorbakterier

Bräddningar och nödavledningar rapporterades från såväl kombinerade som duplikata avloppssystem och kontrollerna var varierande (Tabell 4-2, ovan).

I Ale längst nedströms var de flesta bräddavloppen/ nödutloppen kontrollerade till tid och volym genom registrering av pumpade mängder. I Kungälv skedde bräddningarna till Göta älv främst vid avloppsreningsverket och var de minst omfattande bland kommunerna längst Göta älv.

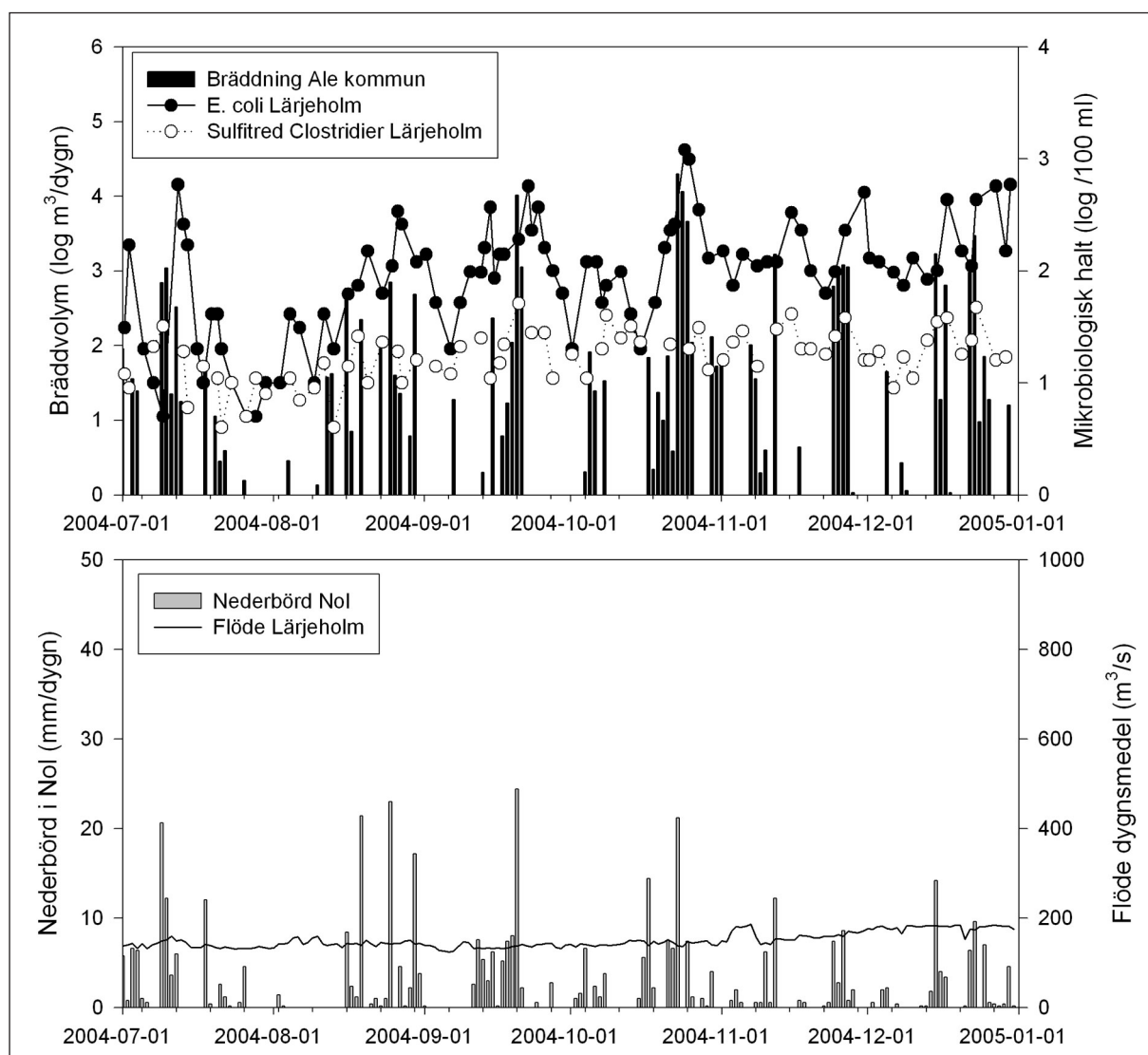
I Lilla Edet förekom omfattande bräddningar

både vid avloppsreningsverket Ellbo och på ledningsnätet, men flertalet bräddavlopp var ej kontrollerade. Flödesangivelserna för det största bräddavloppet, vid Strandbackens pumpstation, uppgavs vara osäkra. De mest omfattande bräddutsläppen skedde i Trollhättan och beräknades uppgå till över 500 000 m³. I Trollhättan skedde bräddningarna via lednings- och tunnelnätet.

Nöдавledningar rapporterades från några av kommunerna. För dessa angavs volymer för nöдавledningar på ledningsnätet endast från Trollhättan (Tabell 3-6). Den mest omfattande tillfälliga spridningen av spillvatten under året ägde troligen rum i Lilla Edet den 18–23 oktober vid rörbrottet på den tryckavloppsledning som förde spillvatten från cirka 1 000 personer.

4.2.1 Påverkan vid Lärjeholm från uppströms liggande system

I Figur 4-2 illustreras sambandet mellan nederbörd, flöden, bräddvolymer i Ale kommun och halterna av indikatorbakterier i Lärjeholm. Bräddningar från Ale kommun registrerades i anslutning till kraftiga nederbördstillfällen och de största bräddvolymerna den 20 september, 23 och 24 oktober. Kraftig nederbörd registrerades i Surte i början av juli, slutet på augusti och under andra halvan av september månad. Vid samtliga dessa tillfällen bräddades mellan 500 och 1 000 m³ per dygn i kommunen. De kraftiga bräddningarna i slutet av november var mer omfattande, och enligt miljörapporten kopplat till att vatten från älven läckt in till en pumpstation.



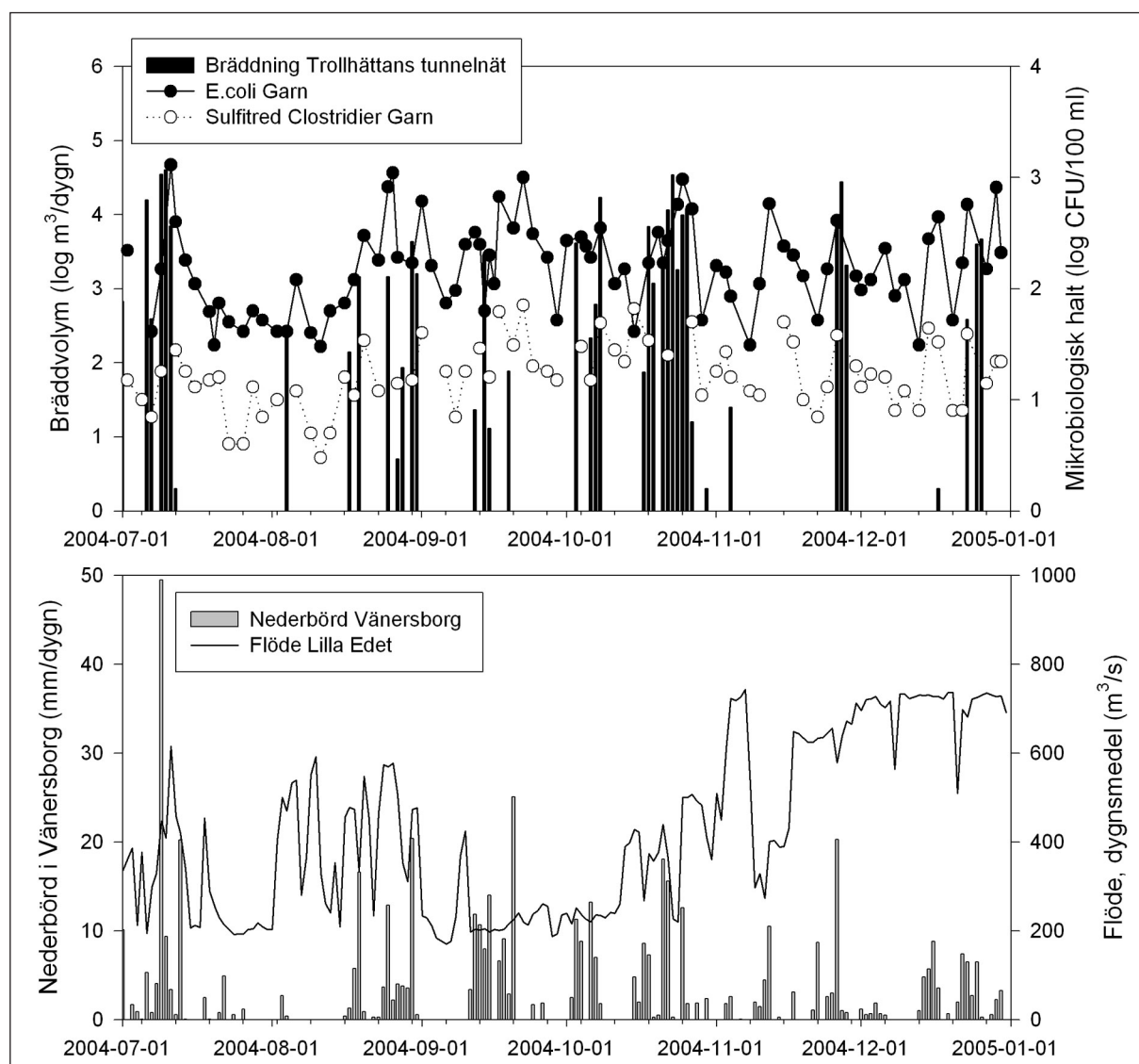
Figur 4-2. I övre figur visas bräddvolymer i Ale kommun och förekomst av *E. coli* och sulfitreducerande clostridier vid Lärjeholm. De bräddvolymer som ingår i staplarna redovisas i Tabell 3-4. I nedre figur visas nederbörden i södra delen av Ale (Nol) samt flöde i Göta älv vid Lärjeholm.

Från bräddavlopp och nödutlopp inom Ale kommun är transportsträckan till Lärjeholm mellan ca 6 och 26 km. I samband med större utsläpp från bräddningstillfällen i kommunen (>1 000 m³ per dygn) registrerades i samtliga fall förhöjda halter av *E. coli* i Lärjeholm samma dygn eller några dygn senare (Figur 4-2).

Bräddningarna i mitten av juli svarade mot den snabbaste haltökningen av *E. coli* under den undersökta perioden, ca 2 log-enheter. I anslutning till bräddningarna den 23 och 24 oktober skedde under en vecka en ökning av *E. coli* med omkring 2 log-enheter upp till ca 1 000 MPN/100 ml i Lärjeholm. Även mindre bräddvolym, under 500 m³ per dygn, åtföljdes i flera fall av något förhöjda bakteriehalter. Haltökningar av *E. coli* inträffade även då mindre

bräddningar registrerats, såsom i början av augusti, och då troligen som en effekt av utsläpp längre uppströms (se exempelvis Figur 4-3).

Haltvariationen av sulfitereducerande clostridier var inte lika omfattande som för *E. coli*. Vid några tillfällen sammanföll höga halter av *E. coli* med låga halter av clostridier och korrelationen mellan dessa parametrar var inte tydlig. Färsk fekal påverkan som registrerats i Lärjeholm i form av *E. coli* och clostridier kan naturligtvis härröra från utsläppspunkter även längre uppströms i älven. Utsläpp från Kungälv kan ge en mikrobiologisk påverkan i Lärjeholm fastän utsläppen härifrån sker från den motsatta strandkanten. Dock sker utsläppen från Kungälv främst i form av renat avloppsvatten (Tabell 4-1).



Figur 4-3. I övre figur visas bräddvolym i Trollhättan och förekomst av *E. coli* och sulfitereducerande clostridier i Garn (kurva). De bräddvolym som ingår i staplarna redovisas i Tabell 3-6. I nedre figur visas nederbörden i Vänersborg samt flöde i Göta älv vid Lilla Edet.

4.2.2 Påverkan i Garn från uppströms liggande system

I Figur 4-3 (ovan) visas sambandet mellan nederbörd i Vänersborg, flöde vid Lilla Edet och bräddningar i Trollhättan. Uppgifter från Trollhättan, vars utsläpp av bräddningar sker via tunnelnätet, användes här som ett exempel. Även i Lilla Edet noterades omfattande bräddningar, och frekvent mot slutet av augusti. Från oktober och fram till årsskiftet bräddade det vid reningsverket Ellbo dagligen omkring 100 m³ (ej illustrerat). I Vänersborg däremot var omfattningen av bräddningar avsevärt mindre (Tabell 4-2).

I likhet med den södra delen av Göta älv påverkades inte flödet i Lilla Edet nämnvärt av kraftiga nederbördstillfällen i området (Figur 4-3). Kraftiga nederbördstillfället åtföljdes däremot tydligt av bräddningar på lednings- och tunnelnätet i Trollhättan. Under sommaren skedde de största bräddningarna under andra veckan i juli och sista veckan i augusti. I början av oktober släpptes stora volymer ut från lednings- och tunnelnätet. Höstens mest omfattande bräddningar skedde under senare delen av oktober samtidigt som den omfattande nödavledningen från Lilla Edet. Därefter skedde bräddningar i Trollhättan under sista dagarna i november och i slutet av december.

I anslutning till bräddningar och nödavledningar uppströms registrerades i flertalet fall en haltökning av *E. coli* i Garn. Trenden var tydligare då bräddvolymer under ett dygn överskred 1 000 m³. I vissa fall sågs även en ökning utan föregående bräddutsläpp från Trollhättan, t.ex. under andra veckan av september, första dagarna i oktober, andra veckan i november samt i mitten av december. Halterna av sulfitreducerande clostridier i Garn åtföljde halterna av *E. coli*.

4.3 Patogenförekomst och avloppsutsläpp

Provtagningar av patogener i Göta älv under hösten 2004 återges i Tabell 4-3 tillsammans med föregående dagars nederbörd och avloppsutsläpp vid reningsverk, bräddavlopp och nödutlopp. Av de analyserade patogenerna var parasiterna *Giardia* och

Cryptosporidium vanligast förekommande, även om positiva detektioner ofta enbart omfattade ett par cystor/oocystor i den analyserade volymen (10 liter älvsvatten). Fynd av båda dessa parasiter samtidigt, gjordes den 21 och 24 oktober, då bräddningar och avloppsutsläpp skedde på flera ställen längst älven parallellt med utsläppen från den trasiga tryckavloppsledningen i Lilla Edet. I en undersökning av parasitförekomst vid svenska avloppsreningsverk, bland annat Ryaverket i Göteborg, rapporterades avsevärda halter av *Giardia* (i medeltal 2 000 per liter) och *Cryptosporidium* (i en fjärdedel av proven och då i medeltal 20 per liter) (Ottoson 2001), vilket bekräftar kopplingen till avloppspåverkan. Tidigare undersökningar har visat att dessa parasiter kan förekomma även uppe i Vänersborg och en påverkan ända från Vänern går därför inte att utesluta (Hansen & Stenström 1998).

Obehandlat avloppsvatten kan alltså utgöra en betydande spridningskälla för parasiter. En annan möjlig spridningskälla för dessa organismer är avrinning från jordbruks- och betesmark. I en VA-Forskrapport av Rosén & Friberg (2003) beräknades risken att betande djur längst Göta älv sprider *Cryptosporidium* till dricksvattnet i Göteborg. Den teoretiska smittorisken till följd av ca 100 strandbetande nötkreatur i Stora Viken, beläget drygt 10 km uppströms vattenintaget vid Lärjeholm var ganska betydande; halter av *Cryptosporidium* efter rening i vattenverket skattades till ca $1,2 \times 10^{-3}$ oocystor per liter vatten.

Även virus (norovirus och enterovirus) påvisades under perioden 21–25 oktober. Somatiska kolifager, en indikatororganism som anses fungera som en modell för transport och överlevnadsegenskaper hos humana viruspartiklar (WHO 2004a), påvisades också i höga halter under denna period (Tabell 4-3). Även den 1 september påvisades höga halter av kolifager. Norovirus sprids genom en viss typ av magsjuka, populärt kallad vinterkräksjukan, vanligen förekommande i Sverige under vinterhalvåret. Höga halter norovirus kan förväntas i avloppsvatten och ytvatten under sjukdomssäsong (Westrell *et al.* 2006; Ottoson 2005) då höga virushalter sprids genom fekalier från insjuknade.

Av de undersökta patogenerna var förekomsten lägst av de patogena bakterierna *Campylobacter* och EHEC. *Campylobacter* påvisades endast vid ett enstaka tillfälle (den 1 december) och EHEC inte vid något tillfälle. Vid intaget i Lärjeholm har

Tabell 4-3. Förekomst av patogener och halter av indikatorer vid Lärjeholm under provtagningar i EU-projektet MICRORISK hösten 2004 med motsvarande nederbörds- och avloppspåverkan i Göta älv. EA= Ej analyserad.

Datum och tidpunkt för provtagning	28 jul 10:20	31 aug 16:30	1 sep 00:30	1 sep 08:30	6 okt 08:05	21 okt 10:40	21 okt 15:42	21 okt 23:42	22 okt 07:42	24 okt 15:21	25 okt 00:21	25 okt 08:21	1 dec 08:02
Patogener i Lärjeholm, påvisade (+) eller under detektionsgräns (-)													
Cryptosporidium	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-
Giardia	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-
Norovirus	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	EA
Enterovirus	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	EA
Campylobacter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
E. coli O157/EHEC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indikatorhalter i Lärjeholm (halt/100 ml)													
E. coli (CFU)	41	140	220	31	120	230	250	190	160	570	750	830	200
Intestinala enterokocker (CFU)	8	120	180	150	34	110	110	50	60	380	370	430	100
Somatiska kolifager (PFU)	5	27	73	80	5	EA	62	34	50	170	200	200	EA
Presumptiva clostridier (CFU)	10	21	33	35	18	EA	23	26	21	50	50	50	15
Turbiditet (FNU)	5,7	6,9	7,4	8,4	4,5	13	12	13	12	28	28	26	6,4
Regn 0–4 d före provtagning													
Garn (mm)	3,4	37	32	32	23	34	34	34	52	50	65	65	1,9
Vänersborg (mm)	1,8	32	28	28	36	35	35	35	42	35	47	47	3,0
Utsläpp 0–4 dagar före provtagning (1 000 m³ från avloppsreningsverk (ARV) och bräddavlopp (B))													
Kungälv ARV ^a	1,4	1,6	1,5	1,5	1,4	1,1	1,1	1,1	1,9	3,1	3,2	3,2	2,8
Ale ARV ^b	5,7	11	12	12	7,5	13	13	13	13	11	12	12,0	17
Lilla Edet ARV ^c	13	27	28	28	10	29	29	29	27	31	36	35,5	21
Trollhättan ARV ^d	93	140	150	150	150	180	180	180	190	190	190	190	190
Vänersborg ARV ^e	49	63	65	65	68	89	89	89	110	150	160	160	130
Ale B ^f	0	0,5	0,5	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	32	36	36	1,1
Lilla Edet B ^g	0	1,8	1,7	1,7	0,2	0,9	0,9	0,9	0,2	1,3	1,6	1,6	0,2
Trollhättan B ^h	0	6,0	6,0	6,0	4,3	10	10	10	22	50	60	60	30
Vänersborg B ⁱ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Större nödavledningar													
Lilla Edet, läckande tryckavloppsledning 18–23 okt													

^a Diseröd ^b Älvängen ^c Ellbo ^d Arvidstorp ^e Holmängen ^f Omfattar i söder pumpstationerna Rönnevägen, Centrala Nol, Nödinge, Syren P3 och P4, Murco, och i norr Älvängen ARV, Alvhem P2 och P3, Tors Bro och Älvängen C ^g Omfattar Ellbo reningsverk ^h Omfattar utsläpp från Trollhättans tätort: Strömlundsgatan P8, Daltorpsvägen, Johan Dahlövsgratan, Kungstorget, Hjulkvarn, Broskogsvägen, Folkets Park, Hjortmossen 2. ⁱ Omfattar utsläpp från Ängsvägen (P15).

rapporterats tidvis hög förekomst av måsfåglar. *Campylobacter* kan också spridas från dessa. Broman m.fl. (2002) påvisade en säsongsvarierande förekomst av *Campylobacter jejuni* bland måsfåglar i Sverige där de högre halterna påvisades under sena hösten.

Bakterien *E. coli* återfinns i avföring från alla däggdjur och rekommenderas av WHO som den lämpligaste indikatorn för att detektera fekal påverkan (WHO 2004b). Korrelation mellan förekomst av *E. coli*, andra indikatororganismer samt verklig hälsorisk har diskuterats och ifrågasatts, se t.ex. Ashbolt, Grabow & Snoazzi (2001), men anses ändå stå sig väl i förhållande till befintliga alternativ (Edberg *et al.* 2000). En mer omfattande studie över förekomsten av *E. coli* i inkommande och renat avloppsvatten genomfördes på 1980-talet (Stenström 1987). Medelhalterna i inkommande avloppsvatten befanns ligga runt 20 000 CFU/100 ml (intervallet $1,9-2,3 \times 10^4$), och trots rening påvisades maxhalter av *E. coli* motsvarande 3×10^3 CFU/ml i renat avloppsvatten (Stenström 1987).

Utöver *E. coli* har i denna rapport sulfitreducerande clostridier använts som ett mått på fekal påverkan. Sulfitreducerande clostridier inkluderar såväl vegetativa som sporbildande clostridier. Analysen som är föreskriven av livsmedelsverket inkluderar *Clostridium perfringens*, men även sådana clostridier som dör av snabbare och inte är extremt resistenta i miljön (SLV 2004). *Clostridium perfringens* är en anaerob bakterie som genom sin sporbildande egenskap anses kunna överleva exceptionella förhållanden; hög temperatur, UV-strålning och extrema pH-värden. Av denna anledning rekommenderas den som ett mått på äldre fekal påverkan (WHO 2004b). I en studie från Kanada fann man en hög korrelation mellan förekomsten av *Clostridium perfringens* och resistenta patogener (enterovirus, *Giardia* och *Cryptosporidium*) i ytvatten (Payment & Franco 1993). Sambanden är dock normalt inte tydliga, och en fekal spårning baserat på variationen av sulfitreducerande clostridier behöver verifieras med andra parametrar.

Även i dagvatten kan förekomsten av indikatorbakterier vara betydande. Mätningar i dagvattenledningar med utlopp inom skyddsområdet uppströms Lärjeholm visade en förekomst av totalantalet koliformer i halter upp till 60 000 och för *E. coli* upp till 8 000 CFU/100 ml (Ignatius 2004). I en studie i Göteborg förekom i obehandlat dagvatten indikatororganismerna somatiska kolifager i halterna

200–300 CFU/100 ml, intestinala enterokocker 750 CFU/100 ml, F-specifika RNA-fager 130–300 CFU/100 ml och presumtiva clostridier 300–450 CFU/100 ml (Lavieille 2005). Det kvarstår att i Göta älv bestämma den relativa mikrobiologiska påverkan från dagvatten i förhållande till bräddningar och utgående avloppsvatten.

För spårning av fekal förorening har olika metoder förslagits för att bestämma den relativa storleken av olika mikrobiologiska utsläpp (Taylor 2003). Exempel på där man använt mikrobiologisk ”fingerprinting” för olika typer av koliforma bakterier finns för Göta älv (Stenström & Kuhn 1988; Kuhn *et al.* 1997), Stångån i Linköping (Lindqvist & Hernebring 1991) och Svartån i Mjölby (Hernebring 1991). En metod med Bifidobakterier har nyligen utvärderats i Sverige, där kvoten mellan olika typer av bifidobakterier föreslagits ge en indikation på hur stor andel som kommer från människa och från djur (Ottoson 2007). Ett provtagningsprogram med analys av Bifidobakterier genomfördes i Göta älv under 2006 (opublicerat, Göteborgs va-verk). Preliminära resultat tyder på att den mikrobiologiska påverkan i älven huvudsakligen kommer från människa, något som bekräftar resultaten i föreliggande rapport.

5 Avslutande diskussion

Det är ett välkänt faktum att otillräckligt renat avloppsvatten varit den dominerande orsaken till vattenburna utbrott i Sverige (Stenström *et al.* 1994; Andersson 1992). I princip alla de smittämnen som förekommer i avloppsvatten kan spridas till råvattnet vid avloppsutsläpp, något som påpekats av bland annat Livsmedelsverket (SLV 2005). Denna rapport har visat hur avloppsutsläpp ger en mikrobiologisk påverkan i Göta älv. Denna påverkan innebär i nästa steg potentiella mikrobiologiska risker för dricksvattenkonsumenter i Trollhättan, Lilla Edet, Dösebacka (Kungälv) och i Lärjeholm (Göteborg) eftersom dessa kommuner tar sitt råvatten från Göta älv. Att följa den mikrobiologiska spridningen från utsläppspunkt till råvattenintag försvåras av faktorer som avdödning, omblandningsförhållanden,

utspädning, sedimentering och resuspendering av mikroorganismer. Mikrobiologisk avdödning/inaktivering i en ytvattentäkt styrs av flera olika faktorer (Ferguson *et al.* 2003; Taylor 2003). Temperatur anses vara av överordnad betydelse, där en ökad temperatur (sommartid) påskyndar avdödningen medan låg temperatur (vintertid) ger en längre överlevnad.

Avloppsutsläppen från exempelvis Ale kommun, som i jämförelse med andra kommuner är välkontrollerade, kan utgöra en markant mikrobiologisk risk genom att rinntiden till Lärjeholm är relativt kort (mellan ett halvt och två dygn). Bräddvolymerna från Göteborgs och Kungälv kommun var små under året 2004, men det går inte att utesluta en betydande mikrobiologisk påverkan även härifrån. Vidare noterades från Lilla Edets kommun och Trollhättan omfattande avloppsutsläpp till älven i form av bräddningar och utsläpp av renat avloppsvatten. Samtliga avloppsutsläpp kan ge en påverkan nedströms och inkluderas därför i riskbilden för det råvatten som används för att producera dricksvatten. Utgående flöden från avloppsreningsverken var relativt jämnt fördelade under andra halvåret av 2004. Utsläpp i form av bräddningar och nödavledningar skedde däremot intermittent och främst i samband med nederbörd. Det är troligt att den iakttaga variationen av *E. coli* och sulfitreducerande clostridier under våtvädersförhållanden i högre grad styrdes av de varierande bräddvolymerna än av volymerna på det utgående renade avloppsvattnet.

Denna rapport har exemplifierat hur utsläppen från ledningsnätet ofta kan vara knapphändigt registrerade. I Naturvårdsverkets Allmänna Råd 1993 understryks att nödutsläpp i samband med t.ex. pumphaverier inte ska klassas som bräddning (Naturvårdsverket 1993). Definitionerna diskuterades vidare i en rapport av Hernebring (2000) som påpekar att gränsdragningen mellan nödutsläpp och bräddat avloppsvatten i Naturvårdsverkets formuleringar inte är kristallklara. Det är inte rimligt att kontrollera alla potentiella utsläppspunkter i ett ledningsnät oberoende av hur ofta de träder i funktion och i samma rapport föreslås därför att en lämplig gräns när en bräddningssituation övergår till ett nödutsläpp/nödavledning (förorsakat av häftiga regn) bör ligga någonstans nära frekvensen "enstaka tillfällen per år ett normalår" (Hernebring, Andréasson & Forsberg 2000). Gräzonen mellan vad som ska klassas som nödavledning kan potentiellt sett vara av stor

betydelse för råvattensäkerheten, då klassningen styr registreringskraven.

För en noggrannare analys av patogenspridning krävs kännedom om spillvattenandelen vid bräddningar respektive nödavledningar, då det framförallt är spillvatten som svarar mot höga förekomster av patogener. Endast i Ale kommun redovisades uppgifter om spillvattenandelen vid bräddstart. I Göteborg ställs kravet att bräddningar till Göta älv får ske först vid minst trefaldig utspädning av spillvattnet (d.v.s. en del spillvatten och minst två delar dagvatten); för bräddningar till Säveån och Mölndalsån krävs en femfaldig utspädning (Ljunggren 2006). Belastningen inom de olika avloppssystemen varierar också över dygnet och delvis mellan olika säsonger. Exempel på andra osäkra faktorer i bedömningen av den mikrobiologiska påverkan i Göta älv är tillförseln från Vänern samt rinntiderna genom avloppssystemen och via biflöden före anslutning till Göta älv.

En tidigare mikrobiologisk riskvärdering för Göta älv visade att haltvariationen av patogener i råvatten var en av de viktigaste faktorerna för risken i dricksvattnet (Westrell *et al.* 2003). Kvantitativa mikrobiologiska riskvärderingar (QMRA) används idag som ett verktyg för att beräkna hälsorisker. Verket har en central roll i WHO:s Guidelines (3rd edition) för dricksvatten (WHO 2004a) för etablerande och efterlevnad av hälsomål för dricksvatten. Baserat på de patogenprovtagningar som redovisats i denna rapport genomfördes en riskberäkning för att kartlägga beredningsbehovet i relation till en risknivå av 1 vattenburen infektion per 10 000 invånare och år (Åström *et al.* 2007). Den undersökningen indikerade att den nuvarande dricksvattenberedningen vid Alelyckan kan vara otillräcklig avseende infektionsrisker förknippade med *Cryptosporidium*, noro- och enterovirus. De mikrobiologiska riskerna förknippade med patogenförekomsten i råvattnet skulle kunna minska genom reducerade avloppsutsläpp till Göta älv. Denna rapport har visat på möjligheter till åtgärder i detta avseende. Ombyggnationer i avloppssystemen i kommunerna längst älven skulle leda till minskad patogenspridning till råvattnet och potentiellt till minskade infektionsrisker för dricksvattenkonsumenterna.

Tillsammans med tidigare studier pekar föreliggande resultat även på behov av ytterligare undersökningar: Bättre kännedom om spillvattenandelen vid bräddningar, tillsammans med direkta patogenprovtagningar vid bräddavlopp, skulle förbättra

bedömningen om patogenspridning genom bräddningar. Den nedströms spridning som sker av avloppsutsläppen (advektion, diffusion och dispersion) liksom avdödning och mikrobiologisk tillförsel (avdödning, sedimentering, diffusa utsläpp) skulle också behöva kartläggas. Vidare förutspås genom klimatmodeller att nederbörden (mängd och intensitet) i framtiden kommer att öka i stora delar av världen och i Sverige. Detta skulle bland annat innebära större avloppspåverkan genom frekventare och mer omfattande bräddningar, något som skulle öka den mikrobiologiska belastningen i Göta älv. Även här finns ett forskningsbehov.

I EG:s ramdirektiv för vatten är utgångspunkten att sammanhängande naturliga vattensystem (avrinningsområden) ska betraktas i sin helhet och att

de mål och åtgärdsnivåer som väljs ska vara lokalt förankrade. Målet med direktivet är att uppnå god vattenstatus senast år 2015 i de vatten (ytvatten, kustvatten och grundvatten) som regleras av direktivet. Ett åtgärdsprogram för att nå dit ska vara fastställt senast 2009 och åtgärder ska vara vidtagna senast 2012. Ramprogrammet för dricksvattenforskning vid Chalmers, DRICKS, inom vilket detta arbete genomförts, avser ge ett bidrag för genomförandet av detta åtgärdsprogram. Arbetet, som även är knutet till EU-projektet TECHNEAU (www.techneau.org), kommer att omfatta identifiering och kvantifiering av risker i ytvattentäkter. Vidare kommer skyddsbarriärer för att minska dessa risker att utvärderas med målsättningen att skapa nya och effektivare barriärer.

Referenser

Andersson, Y. (1992) *Dricksvattenburna sjukdomsutbrott i Sverige – i ett historiskt, hygieniskt och tekniskt perspektiv*. Avhandlingsarbete i folkhälsovetenskap 1992:7 Göteborg. Diss. Nordiska hälsovårdshögskolan.

Andréasson M. & Larsson J. (1992) *Bräddning – Problemets omfattning i svenska tätorter*. VA-Forsk rapport nr. 1992-08. Solna. VAV.

Ashbolt N., Grabow W. & Snoazzi M. (2001) *Indicators of microbial water quality*. I Fewtrell, L. & Bartram, J. (red.) *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. IWA Publishing, London.

Bergman G. & Vernmark B. (1972) *Göta älv – Undersökning av longitudinell dispersion*. Institutionen för vattenbyggnad. Göteborg. Chalmers.

Broman T., Palmgren H., Bergström S., Sellin M., Waldenström J., Danielsson-Tham M. L. & Olsen B. (2002) *Campylobacter jejuni* in black-headed gulls (*Larus ridibundus*): Prevalence, genotypes, and influence on *C. jejuni* epidemiology. *Journal of Clinical Microbiology*, vol. 40: 12, ss. 4594–4602.

Butler D. & Davies J. W. (2004) *Urban Drainage, Second edition*, London Spon Press.

Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J. & Allen M. J. (2000) *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 88: 106–116.

Ferguson C., De Roda Husman A. M., Altavilla N., Deere D. & Ashbolt N. (2003) Fate and transport of surface water pathogens in watersheds. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 33: 3, ss. 299–361.

Forsberg B. (1994) *Kontroll av bräddavlopp*. VA-Forsk rapport nr. 1994-10. Stockholm. VAV: 63.

Hansen A. & Stenström T. A. (1998) *Kartläggning av Giardia och Cryptosporidium i svenska ytvattentäkter*. SMI-tryck 118. Solna. Smittskyddsinstitutet och Livsmedelsverket: 44.

Hernebring C. (1991) *En renare Svartå: beskrivning, problem och åtgärder 1991*. Mjölby. Boxholm: Boxholms kommun; Mjölby: Mjölby kommun, 1991 68.

Hernebring C., Andréasson M. & Forsberg B. (2000) *Rapportering av årlig bräddning 1994–98. Erfarenheter från kommuner inom utvalda län*. VA-Forsk rapport nr. 2000-14. Stockholm. VAV: 38.

Ignatius E. A. (2004) *Characterisation of storm water pollutant discharge into the raw water source river Göta älv*. Vatten Miljö Teknik. Göteborg. Chalmers: 77.

Jamieson R., Gordon R., Joy D. & Lee H. (2004) Assessing microbial pollution of rural surface waters: A review of current watershed scale modeling approaches. *Agricultural Water Management*, vol. 70: 1, ss. 1–17.

Jönsson L. (1980) *Recipienthydraulik*. Lund. Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds universitet.

Kühn I., Allestam G., Engdahl M. & Stenström T. A. (1997) Biochemical fingerprinting of coliform bacterial populations – comparisons between polluted river water and factory effluents. *Water Science and Technology*, vol. 35: 11–12, ss. 343–350.

Lavieille D. (2005) *Järnbrott Stormwater Pond – Evolution of the pollutant removal efficiency and release from sediments*. Vatten Miljö Teknik. Göteborg. Chalmers: 98.

Lindeblom J. (2005) *Avrinningsområdet till Arvidstorps avloppsreningsverk. Beräkning av bräddmängder för 2004*. Göteborg. DHI Water and Environment AB: 13.

Lindqvist B. G. & Hernebring C. (1991) *Påverkan på vattenkvaliteten i Stångån från utsläpp inom Linköpings tätort*. Linköping. VBB VIAK AB, Tekniska Verken i Linköping AB: 53.

Ljunggren O. (1995) *Göta älv – Flyttider från Vänern till vattenintaget vid Lärjeholm*. Göteborg. Göteborgs va-verk: 5.

Ljunggren O. (2006) *Personligt meddelande. Göteborgs va-verk*.

Länsstyrelsen Västra Götaland (2007) *Blanketter Miljörapporter avloppsreningsverk*. Länsstyrelsen, Västra Götaland.

Tillgänglig: <<http://www.o.lst.se/o/Blanketter/Miljoskydd/Miljorapporter.htm>> (2007-03-01).

Naturvårdsverket (1990) *Kungörelse med föreskrifter om kontroll av utsläpp till vatten och markrecipient från anläggningar för behandling av avloppsvatten från tätbebyggelse*. SNFS 1990:14 Stockholm. Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (1993) *Bräddning från avloppsledningar. Kontroll av bräddning och bräddningsmängder*. Allmänna råd 93:6. Stockholm. Naturvårdsverket: 31.

Ottoson J. (2001) *Giardia and Cryptosporidium in Swedish wastewater treatment plants*. *Vatten*, vol. 57: 4, ss. 283–9.

Ottoson J. (2005) *Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater. Management strategies for barrier function and microbial control*. Stockholm. Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology (KTH): 67.

Ottoson J. (2007) *Spårning av fekal förorening med hjälp av Bifidobakterier*. SV-Utveckling rapport nr 2007-01. Stockholm. Svenskt Vatten Utveckling: 22.

Payment P. & Franco E. (1993) *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied Environmental Microbiology*, vol. 59: 8, ss. 2418–24.

Rosén L. & Friberg J. (2003) *Påverkan på säkerheten i vattenförsörjningen från strandbetande nötkreatur – fallstudie Göta älv*. VA-Forsk rapport nr. 36. Stockholm. Svenskt Vatten: 57.

Rydberg H. & Engdahl M. (1997) *Bakterier i Göta älv*. Göteborg. Göteborgs va-verk: 15.

Rydholm K. (2000) *Rapport angående anledningar till förhöjda bakteriehalter i Göta älv*. Miljöförvaltningen. Göteborg. 37.

SCB (2004) *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2002*. Stockholm. Statistiska centralbyrån, SCB: 34.

SLV (2004) *Vägledning till Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten*. Uppsala. Livsmedelsverket.

Tillgänglig: <<http://www.slv.se/upload/dokument/Foretag/Vagledningar/Rev.%20V%E4gledning%20drvf%202004-05-01.pdf>> (2007-03-01).

SLV (2005) *Riskprofil, Dricksvatten och mikrobiologiska risker*. 2005:28. Uppsala. Livsmedelsverket.

Socialstyrelsen (1989) *Socialstyrelsens allmänna råd om desinfektion av avloppsvatten från sjukhus, laboratorier m.fl.* SOSFS 1989-10-39. Stockholm. Socialstyrelsen.

Stenström T. A. (1987) *Kommunalt avloppsvatten från hygienisk synpunkt. Mikrobiologiska undersökningar*. SNV PM 1956. Stockholm. Naturvårdsverket, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen: 57.

Stenström T. A. & Kühn I. (1988) Phenotypic variation within *Klebsiella pneumoniae*: A tool to trace sources of contamination in surface water. *Water Science and Technology*, vol. 20: 11/12, ss. 429–431.

Stenström T. A., Boisen F., Georgsson F., Lahti K., Lund V., Andersson Y. & Ormerod K. (1994) *Vattenburna infektioner i Norden*. TemaNord, 1994:585 Köpenhamn. Nordiska ministerrådet: 91.

Taylor H. (2003) *Surface waters*. I Mara, D. & Horan, N. J. (red.) *The handbook of water and wastewater microbiology*. London, Academic Press.

Vattenvårdsförbundet (1996) *Fakta om Göta älv 1996*. Göteborg. Göta älvs Vattenvårdsförbund, Göteborgs universitet: 105.

Vattenvårdsförbundet (2005) *Rapport avseende vattendragskontroll 2004*. Göteborg. Göta älvs Vattenvårdsförbund: 215.

Vattenvårdsförbundet (2006) *Fakta om Göta älv – En beskrivning av Göta älv och dess omgivning 2005*. Göteborg. Göta älvs Vattenvårdsförbund: 134.

Westrell T., Bergstedt O., Stenström T. A. & Ashbolt N. J. (2003) A theoretical approach to assess microbial risks due to failures in drinking water systems. *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 13: 2, ss. 181–97.

Westrell T., Teunis P., van den Berg H., Lodder W., Ketelaars H., Stenström T. A. & de Roda Husman A. M. (2006) Short- and long-term variations of norovirus concentrations in the Meuse river during a 2-year study period. *Water Research*, vol. 40: 14, ss. 2613–20.

WHO (2004a) *Guidelines for drinking water quality, 3:rd edition*, Geneva, World Health Organization.

WHO (2004b) *Microbial fact sheets. Guidelines for drinking-water quality, 3:rd edition*. Genève, Schweiz, World Health Organization.

Åström J. (2005) *Sammanställning av mikrobiologiska undersökningar i Göta älv fram till 2005. Exemplifieringar från omvärlden och förslag för framtiden*. Göteborgs va-verk och Smittskyddsinstitutet: 27 (manuskript).

Åström J., Petterson S., Bergstedt O., Pettersson T. J. R. & Stenström T. A. (2006) Evaluation of the microbial risk reduction due to selective closure of the raw water intake before drinking water treatment. *Journal of Water and Health* 5, (Suppl).

Åström J., Pettersson T. J. R. & Stenström T. A. (2006) Identification and management of microbial contaminations in a surface drinking water source. *Journal of Water and Health* 5, (Suppl).

Bilaga A: Ordlista

(*=namn på smittämne)

Bräddning	Avlägsnande av orenat avloppsvatten vid överskridande av hydraulisk kapacitet i kombinerade avloppsledningsnät eller i avloppsreningsverk i samband med regn
Bräddavlopp	Konstruktion i (kombinerade) avloppsledningsnät eller vid avloppsreningsverk för att avlägsna orenat avloppsvatten ut till recipienten vid bräddning
Nöдавledning	Avlägsnande av orenat avloppsvatten, antingen vid avloppsledningsnät eller vid avloppsreningsverk, till följd av driftstörning och olika slag av haveri
Nödutlopp	Konstruktion i (duplikata) avloppsledningsnät eller vid avloppsreningsverk för att avskilja orenat avloppsvatten ut till recipienten vid nöдавledning
Advektion	Transport med vattnets rörelse, exempelvis längst en älv.
Diffusion	Spridning i vatten med rinntiden genom slumpvisa rörelser. Omfattar dels molekylär, dels turbulent spridning
Dispersion	Den kombinerade effekten av att vattnet rör sig olika fort i olika delar av tvärsnittet
CFU	Förkortning av Colony Forming Units, den enhet i vilken antalet bakterier i ett prov avräknas efter odling på näringssubstrat
Bakteriofag	Virus som infekterar bakterier; uppvisar egenskaper som liknar de virus som infekterar människan
PFU	Förkortning av Plack Forming Units, den enhet i vilken antalet bakteriofager i ett prov avräknas efter odling på näringssubstrat
F-RNA fager	Bakteriofag av RNA-typ som adsorberar till könsbundet pili hos bakterier med såkallad F-plasmid
Somatiska kolifager	Bakteriofag som infekterar koliforma bakterier via adsorption till cellväggen
EHEC (<i>E. coli</i> O157)*	Bakterie som orsakar Enterohemorragisk <i>E. coli</i> infektion; blodig diarré
Norovirus*	Virus som ger magsjuka (populärt benämnd vinterkräksjukan), buksmärtor, huvudvärk och feber
Enterovirus*	Ett samlingsnamn för en större grupp av virus, varav vissa orsakar symptomlösa infektioner, andra milda eller mer allvarlig sjukdom såsom hjärtmuskel- och hjärnhinneinflammation
Campylobacter*	Bakterie som orsakar campylobacterios; diarré, magsmärtor, illamående, kräkningar och feber
Cryptosporidium*	Parasit som orsakar cryptosporidiosis; vattniga diarréer, buksmärtor och magkramper
Giardia*	Parasit som orsakar giardiasis; diarré, magkramper, viktminskning

Bilaga B: Kontaktpersoner vid Göta älvs kommuner

För insamlingen av de uppgifter som gällde avloppssystem och bräddningar under 2004 kontaktades nedanstående personer.

Kommun	Person	Befattning under 2004
Göteborg	Sofia Nilsson	Va-ingenjör
Kungälv	Stig-Åke Almqvist	Tekniker
Ale	Sten-Åke Christenson	Tekniker
Lilla Edet, övergripande	Göran Åberg	Tekniker
Lilla Edet, Ellbo ARV	Kaj Thoresson	Driftstekniker
Lilla Edet, Lödöse och Nygårds ARV	Bent Svendsen	Driftstekniker
Lilla Edet, Hjärtums ARV	Roger Jansson	Driftstekniker
Trollhättan	Charlotte Lindstedt	Bitr. Va-chef
Vänersborg	Daniel Larsson	Driftchef



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se