

Hållbart resursutnyttjande genom förändring av reningsprocess för rökgaskondensat vid Växjö Energi AB

Sustainable use of resources by changing
cleaning process of flue gas condensate

Johanna Spångberg

Referat

Hållbart resursutnyttjande genom förändring av reningsprocess av bildat rökgaskondensat vid Växjö Energi AB

Johanna Spångberg

Växjö Energi AB vill införa nya reningssteg för rening av rökgaskondensat bildat vid deras kraftvärmeverk i Växjö. Kraftvärmeverket använder i huvudsak skogsavfall som biobränsle och de rökgaser som bildas innehåller föroreningar och partiklar. Genom att kondensera denna rökgas kan man utvinna värme samtidigt som man fångar upp partiklar från gasen i kondensatet. Växjö Energi AB planerar nu att införa ett reningssteg så att rökgaskondensatet går att återanvända som processvatten samt även bli så rent att det kan släppas ut i närliggande recipient. På detta sätt skulle man kunna minska dricksvattenförbrukningen på verket, spara in uppvärmning av dricksvatten, minska belastningen på avloppsnätet samt producera sitt eget processvatten. För att få igenom denna verksamhetsförändring krävs tillstånd med medföljande miljökonsekvensbeskrivning.

Detta examensarbete är en studie över den förändrade verksamheten och dess konsekvenser utifrån ett hållbart samhälle och kommer att vara ett komplement till miljökonsekvensbeskrivningen. En enklare livscykelanalys har utförts för kemikalie- och energiförbrukning på verken. Bidrag av föroreningar och deras påverkan på Växjösjöarna har även studerats.

Studien visar att stora energibesparingar och besparingar på naturresurser skulle kunna göras genom att spara in på flera energi- och kemikaliekrävande steg på de olika aktuella verken. De faktorer som påverkar energiförbrukningen och förbrukningen av icke-förnyelsebart bränsle mest är användandet av ammoniak samt uppvärmningen av processvatten med svensk medel. Båda dessa processer sker på kraftvärmeverket. Utsläppen i recipienten bedöms inte vara av skadlig grad för vare sig Växjösjöarna eller Mörrumsån.

Nyckelord: Rökgaskondensat, Kraftvärmeverk, Livscykelanalys, Livscykelinventering, Hållbart samhälle, Hållbar utveckling

Abstract

Sustainable use of resources by changing cleaning process of flue gas condensate produced at Växjö Energi AB

Johanna Spångberg

Växjö Energi AB is planning to introduce a new cleaning system for the cleaning of produced flue gas condensate at their combined power and heating plant in Växjö. The combined power and heating plant mainly uses forest waste as bio-fuel and the flue gases produced contains pollutions and particles. By the condensation of the flue gas the plant can extract heat from the gas and also particles and pollutions would get caught in the condensate. Now Växjö Energi AB is planning to install a new cleaning system so that the flue gas condensate can be reused as process water and also become clean enough to be let out in a close by recipient. In this way the use of drinking water would be reduced at the plant, energy would be saved by an reduced heating of the drinking, the load on the municipal waste water net would not take place and the plant would be able to produce their own process water. To make this change in activity possible they need permission which includes the making of an Environmental impact assessment.

This thesis gives an analysis over this change of activity and its consequences in the context of an sustainable society and it will serve as a complement to the Environmental impact assessment. A simple Life-cycle assessment in form of a Life-cycle inventory has been done. The emission of cleaned condensate to the Växjö lakes has also been studied.

The study shows that significant energy savings and savings of nature resources would be done if introducing this new cleaning system. These savings would take place when several energy and chemical demanding processes would be reduced at the three plants in the case. Aspects that has shown having biggest influence on the use of energy, and also the biggest use of non-renewable fuels, is the use of ammonia and the heating of the cleaned flue gas condensate by Swedish middle-electricity. Both these processes take place at the combined power and heating plant. The emissions to the recipient is not considered being of environmental harmful quantities for either the lakes of Växjö or Mörrumsån.

Key words: Flue gas condensate, Combined power and heating plant, Life-cycle Assessment, Life-cycle Inventory, Sustainable society, Sustainable society

Förord

Detta examensarbete har utförts som en avslutande del på civilingenjörsprogrammet Miljö- och Vattenteknik på Uppsala universitet. Arbetet gjordes för IVL Svenska Miljöinstitutet utifrån ett uppdrag på en miljökonsekvensbeskrivning för Växjö Energi AB.Handledare var Jonas Fejes på IVL Svenska Miljöinstitutet. Ämnesgranskare var Bengt Carlsson på Institutionen för informationsteknologi, Systemteknik, på Uppsala universitet. Examinator var Allan Rodhe.

Här vill jag då först och främst tacka min handledare Jonas Fejes som varit ett bra bollplank under arbetets gång. Jag vill även tacka Anders Björnberg och Björn Axberg på Växjö Energi AB för att ni tagit er tid att svara på frågor även om jag vet att ni haft mycket annat för er. Vidare vill jag tacka Bernard Karlsson på Sundets reningsverk och Jens Olsén på Sjöuddens vattenverk för att de bidragit med viktig data för arbetet och ställt upp när jag har haft följdfrågor. Jag vill även tacka Mats Almemark på IVL för sitt bidrag av framtagande av LCA-data samt Jesper Holmquist och Kemira för att dom lät mig använda utförda LCA:er för deras kemikalier. Jag är också mycket tacksam för den tid som Erika Borginger på Tekniska förvaltningen i Växjö lade ner på att hjälpa mig hitta intressant information om sjöarna.

Slutligen vill jag även tacka avdelningen för Vattenmiljö och GIS på IVL i Stockholm för en trevlig vår och en trevlig utflykt till Grythyttan. Så vill jag tacka Tony på IVL för att han alltid tar sig tid, Bengt för att han bidragit med konstruktiva kommentarer och Malin för att hon orkade läsa igenom rapporten på sin semester och övriga som bidragit till att underlätta mitt arbete. Tack alla!

Johanna Spångberg,
Uppsala, augusti 2008

Populärvetenskaplig sammanfattning

Hållbart resursutnyttjande genom förändring av reningsprocess av bildat rökgaskondensat vid Växjö Energi AB

Johanna Spångberg

Ett kraftvärmeverk är ett fjärrvärmeverk som även utvinner el som en del av sin produktion. När man vid ett kraftvärmeverk producerar fjärrvärme samt el till hushåll så sker detta genom förbränning av material så att en stor vattentank värms upp och bildar ånga. Denna ånga leds först förbi en turbin som driver en generator som bildar el. Därefter leds ångan till en värmeväxlare, där kallt vatten i ledningar värms upp och leds vidare i ledningar ut till hushåll för att verka som värme, det är detta som är fjärrvärme. Det material som förbränns vid ett kraftvärmeverk kan variera men exempel på bränslen är hushållsavfall, naturgas, skogsavfall med mera.

På Växjö Energi AB:s kraftvärmeanläggningar i Växjö kommun så använder man i huvudsak skogsavfall som bränsle. När detta material förbränns bildas det en ånga som kallas rökgas. I denna ånga fastnar föroreningar och stoft som kommer från skogsavfallet. Denna ånga måste man rena innan den släpps ut i naturen. Ett smart sätt att rena ångan på är att omvandla ångan till vatten. På det sättet kan ångan värma upp ytterligare kallt vatten som kan ledas ut till hushåll som fjärrvärme. Föroreningarna fastnar även i det bildade vattnet och fångas på så sätt upp. Detta vatten kallas rökgaskondensat.

På Växjö Energi AB så använder man sig av rökgaskondensering och man vill nu installera rening för att kunna rena detta förorenade rökgaskondensat. Under årsskiftet 2007/2008 så började man installera ett första steg i denna rening. Nu vill man gå vidare och installera ytterligare reningssteg. Idag köper Växjö Energi AB in dricksvatten från Sjöuddens vattenverk som de renar för att kunna använda som processvatten på kraftvärmeverket. Dricksvattnet värms även upp till en temperatur på ca 154 °C från dricksvattnets temperatur på ca 7-10 °C. Rökgaskondensat som idag bildas på verket skickas ut på det kommunala avloppsnätet och renas på Sundets reningsverk. Vid en installering av de nya reningsstegen skulle Växjö Energi AB bli självförsörjande på processvatten då det renade rökgaskondensatet skulle vara rent nog att användas som processvatten. Processvattnet skulle inte heller behöva värmas upp från dricksvattentemperatur då renat rökgaskondensat redan skulle ha en temperatur på ca 40 °C. Vidare skulle kemikalier och energi besparas på vattenverket och reningsverket för produktion av dricksvatten samt rening av rökgaskondensat. Överskott av renat rökgaskondensat skulle även vara så rent att det släpptes ut till den intilliggande sjön Trummen. På så sätt belastas inte heller avloppsnätet av detta vatten.

Syftet med studien är att undersöka vad införandet av detta nya reningssteg har för påverkan på det hållbara samhället. Det hållbara samhället är ett omfattande begrepp men inom miljöarbetet så fokuserar man idag mycket på användning av fossilt bränsle, utsläpp av växthusgaser som koldioxid, utsläpp av gifter till naturen och övergödning.

Vilken påverkan som det planerade nya reningssteget skulle ha för det hållbara samhället kan man studera genom att göra en livscykelanalys. I en livscykelanalys tittar man på all materia och all energi som har gått åt för att skapa en viss produkt eller tjänst. Den tittar även på vilka utsläpp till luft och vatten som produktionen bidragit med. Man måste dock vara noga med hur man sätter sina systemgränser och vilka processer som man vill ta med eller inte då detta påverkar det resultat som man får.

I denna studie gjordes en livscykelanalys där kemikalie- och energiförbrukning idag jämfördes med hur kemikalie- och energiförbrukning skulle se ut om det planerade reningssteget infördes. Här begränsades studien till att titta på råvaror samt energiåtgång för produktionen av kemikalier som användes på kraftvärmeverket, vattenverket och reningsverket. Även förbrukning av råvaror samt utsläpp bildat vid produktionen av det energislag som använts på de olika kemikaliefabrikerna ingick. Vidare ingick i studien råvaror som förbrukats samt utsläpp som bildats från förbrukningen av energi direkt till de tre verken. Produktionen av råvaror, både för råvaror till kemikalier samt råvaror till de olika energislagen, utslöts. Resultaten av livscykelanalysen visade att man skulle göra stora besparingar både på energianvändning, förbrukning av icke-förnyelsebara energislag, utsläpp av växthusgaser samt förbrukning av naturresurser.

Förutom livscykelanalysen så studerades även påverkan av utsläppet av det renade rökgaskondensatet till sjön Trummen. Då Trummen är en del av Mörrumsåns avrinningsområde, som är ett viktigt naturområde, så studerades även påverkan på denna å. Först jämfördes mängder av de ämnen som finns i det renade rökgaskondensatet som per år skulle släppas ut i Trummen jämfört med mängder som idag når sjön från övriga tillskott. Här såg man att hos inget av ämnena var andelen av mängden från det renade rökgaskondensatet jämfört med övriga tillskott större än 1 % (med undantag av arsenik och kväve).

För att se till påverkan på Mörrumsåns avrinningsområde så studerades utsläppet och hur stor mängd som skulle finnas kvar i sjön som låg vid utloppet till Mörrumsån. Denna kvarvarande mängd jämfördes så med den mängd som gått via reningsverket och där denna renade del släpptes ut i samma sjö. I studien studerades här kväve och kadmium. Retentionen i sjöarna, som är detsamma som den del av en utsläppt mängd som sjöarna kan "rena" via upptag i sediment, djur och växter samt kemiska omvandlingar, fick här beräknas. Retentionen för kadmium baserades på retentionen av kadmium i en sjö som var av liknande karaktär som Trummen. Retentionen för kväve i sjöarna beräknades utifrån existerande data om in- och utflöden mellan sjöarna, beräkningar av atmosfäriskt nedfall och beräkningar om bidrag från omgivningarna. Bidrag från omgivningarna kunde beräknas med hjälp av data om markanvändningen i avrinningsområdet för sjöarna som studerades. Med hjälp av denna data kunde arealerna för de olika markanvändningstyperna beräknas. Bidraget av kväve erhöles genom att multiplicera information om nedfall i området med ytavrinning från olika marktyper samt med kvävetillförsel från samma marktyp. Då bidragen från sjön subtraherats från de totala bidragen till sjön och dividerade detta med bidraget till sjön så fick man fram den andel som sjön "renat", alltså retentionen hos sjön. Här såg man att mängderna som nådde Mörrumsåns inlopp från det renade rökgaskondensatet utsläppt till sjön Trummen var betydligt mindre än halterna från det icke-renade rökgaskondensatet som renats på reningsverket.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INTRODUKTION	1
1.1	SYFTE	1
1.2	METODER	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	4
1.4	RAPPORTENS STRUKTUR	5
2.	DET HÅLLBARA SAMHÄLLET	5
2.1	HÅLLBAR UTVECKLING PÅ NATIONELL NIVÅ	5
2.2	HÅLLBAR UTVECKLING I KRONOBERGS LÄN	7
2.3	HÅLLBAR UTVECKLING I VÄXJÖ KOMMUN	7
2.4	HÅLLBARA SAMHÄLLET OCH RÖKGASKONDENSERING	8
2.5	SAMMANFATTNING	10
3.	BERÖRDA SJÖAR	10
3.1	MÖRRUMSÅNS AVRINNINGSOMRÅDE	11
3.2	VÄXJÖSJÖARNA	12
4.	STUDERADE PROCESSER	15
4.1	RENING AV RÖKGASKONDENSAT PÅ VÄXJÖ ENERGI AB	15
4.2	DRICKSVATTENPRODUKTION PÅ SJÖUDDEN	16
4.3	VATTENRENING PÅ SUNDETS RENINGSVERK	17
5.	LIVSCYKELANALYS	18
5.1	METOD	18
5.2	SYSTEMGRÄNSER	20
5.3	INVENTERINGSDATA	23
5.3.1	Växjö Energi AB	23
5.3.2	Sjöuddens vattenverk	26
5.3.3	Sundets reningsverk	27
5.4	ANALYS AV ENERGIFÖRBRUKNING	28
5.4.1	Alternativ 1	29
5.4.2	Alternativ 2	29
5.4.3	Alternativ 3	30
5.4.4	Alternativ 4	30
5.5	ANALYS KEMIKALIEFÖRBRUKNING	30
5.5.1	Alternativ 1	31
5.5.2	Alternativ 2	32
5.5.3	Alternativ 3	33
5.5.4	Alternativ 4	33
5.6	NATURRESURSER	33

5.7	RESULTAT	34
5.7.1	Energiförbrukning	34
5.7.2	CO ₂ -bidrag	36
5.7.3	Naturresurser	37
5.7.4	Energi- och resursförbrukning med ammoniak borträknat	39
6.	PÅVERKAN AV UTSLÄPP	41
6.1	STUDIE AV UTSLÄPP TILL TRUMMEN	41
6.2	JÄMFÖELSE AV BIDRAGANDE ÄMNEN	42
6.2.1	Bidrag till sjön Trummen	42
6.3	JÄMFÖRANDE AV RENING MELLAN SJÖARNA OCH RENINGSVERKET	43
6.3.1	Bidragande del Kadmium	44
7.3.2	Bidragande del Kväve	45
7.	DISKUSSION	48
7.1	LIVSCYKELANALYS	48
7.2	UTSLÄPPETS PÅVERKAN PÅ VÄXJÖSJÖARNA	50
7.3	KOPPLING TILL DET HÅLLBARA SAMHÄLLET	51
8.	SLUTSATSER	52
	REFERENSER	54

1. INTRODUKTION

När organiskt material (biobränsle) förbränns uppstår en rökgas innehållande stoft och vatten. Generellt är gaser energirika på grund av den energi som krävs för övergången från vätska till gas. Denna energi kan man ta vara på genom att kondensera rökgasen under perioder med behov av extra mycket värme. Detta kan göras på två sätt. En metod är att vattendroppar sprayas direkt in i rökgasen, vilken då kondenserar. Det varma kondensvattnet får passera en värmväxlare ihopkopplad med en värmekrets där energin tillvaratas. I den andra metoden kyls rökgasen ner genom att den passerar en värmväxlare kopplad direkt till returvattnet för fjärrvärmenätet. Vid denna nedkylning bildas ett kondensvatten som kallas rökgaskondensat. På dessa sätt kan kraftvärmeverk producera fjärrvärme. Vid anläggningarna i Växjö används den andra metoden.

Förutom att man kan öka verkningsgraden på anläggningen och därigenom ta tillvara på energin i rökgasen man minska emissionerna av föroreningar från anläggningen. Detta på grund av att gaser och partiklar från bränslet ”fastnar” i kondensatet. På så sätt kommer rökgaskondensatet att vara förorenat av bland annat tungmetaller, ammonium, klorider, sulfater, tyngre kolväten (PAH) och stoft. Vilka ämnen som finns i rökgaskondensatet beror på vilket sorts bränsle som använts vid förbränningen (Naturvårdsverkets Branschfaktablad, 2005).

Växjö Energi AB, VEAB, använder sig av rökgaskondensering vid två av sina biobränsledrivna kraftvärmeanläggningar, Sandvik 2 och HH21. Det som i huvudsak används som biobränsle vid verken är skogsavfall. Nu vill VEAB kunna rena sitt eget rökgaskondensat och på så sätt bli självförsörjande på processvatten istället för att som nu använda dricksvatten från Sjöuddens vattenverk. Det renade överskottsvatten som skulle uppstå under säsonger då behovet av fjärrvärme är mindre, t ex sommartid, skulle kunna vara rent nog att ledas ut till sjön Trummen som ligger i anslutning till verket. Den planerade reningen med utsläppet till Trummen innebär en förändring av verksamheten vilket kräver en tillståndsprövning inklusive en miljökonsekvensbeskrivning enligt Miljöbalken. IVL har fått i uppdrag att göra denna miljökonsekvensbeskrivning.

1.1 SYFTE

Det direkta syftet med examensarbetet är att ta fram ett underlag till tillståndsprövningen för den eventuella verksamhetsförändringen, där processerna som ingår studeras utifrån perspektiv på det hållbara samhället. De olika processerna som studeras är produktionen av dricksvatten, belastningen av avloppsnätet, kraftvärmeverkets reningsprocess gentemot befintlig process och påverkan av ett utsläpp av renat rökgaskondensat till sjön Trummen. Utifrån en studie över begreppet hållbart samhälle och hållbar utveckling har viktiga aspekter att studera inom de olika processerna valts ut.

Ett mer övergripande syfte är att studera hur man kan bedöma påverkan på det hållbara samhället vid studier av olika verksamhetsförändringar. Är Livscykelanalys ett lämpligt verktyg?

1.2 METODER

Hållbara samhället

En stor del av arbetet är att reda ut begreppet hållbart samhälle och dess koppling till kraftvärmeverk och rökgaskondensering. En mängd litteratur på bland annat EU:s (EU:s hemsida, 2008), regeringens (Regeringens hemsida, 2008:a), Kronobergs läns länsstyrelses (Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2008) och Växjö kommuns (Växjö kommun, 2008a) hemsidor studeras för att få bättre förståelse för arbetet med och fokuset på begreppet hållbar utveckling på både internationell och nationell nivå idag.

Livscykelanalys

Livscykelanalys, LCA, är idag en av de mest etablerade metoderna för miljösystemanalys och utvärdering av miljöpåverkan av en produkt, process eller tjänst. Standarder för metodiken finns sammanställda i ISO 14 000-serien (Rydh, 2002). LCA är ett verktyg utvecklat för att kunna jämföra in- och utflöden av exempelvis materia, energi och råvaror och andra kvantitativa parametrar som kan ge miljöeffekter eller vara av begränsad tillgång. Arbetet innehåller tre steg: beskrivning av målsättning och omfattning, inventeringsanalys och miljöpåverkansbedömning. Miljöpåverkansbedömningen kan delas upp i klassificering, karakterisering och sammanslagning inom klass. Dock behöver en LCA inte alltid innehålla en miljöbedömning då inventerad data ibland är tillräcklig för att kunna skatta påverkan. En sådan LCA benämns ofta LCI, livscykelinventering (Lindfors et al., 1995). Då en LCA omfattar ett brett område är det viktigt att tidigt i analysen sätta upp avgränsningar när det gäller tid, inkluderade processteg, geografiskt område och definitionen av miljöpåverkan. För att kunna jämföra produkten eller tjänsten med en motsvarande produkt eller tjänst är det viktigt att ta fram en gemensam nämnare. Denna jämförelsebas kallas inom LCA-arbetet för en ”funktionell enhet” och kan vara t ex att producera 1 m² trägolv som ska hålla i trettio år. Målet är att följa den funktionella enheten ”från vaggan till graven” i de olika produktionsstegen för att på ett kvantitativt sätt få fram totala förbrukningen av energi, kemikalier och andra råvaror från råvaruutvinning till restprodukthantering. Miljöpåverkan erhålls genom att inventerad data vägs samman med hjälp av viktningsindex till ett gemensamt tal. För detta har man via olika metoder tagit fram viktningsindex. Exempel på metoder för viktning inom LCA är EPS-metoden, Ekoknapphet och Effektkategori. Arbetsgången brukar här vara antingen ”bottom-up approach” eller ”top-down approach”. ”Bottom-up approach” innebär att man utgår från det tekniska systemet och dess inventerade parametrar. I ”top-down approach” har man istället som utgångspunkt en definierad miljöpåverkan som man vill studera och inventerar endast parametrar som man satt upp och som är relevanta för just denna miljöpåverkan (Bengtsson, 1998). Resultaten redovisas ofta uppdelade i miljöeffektkategorier som övergödning, emissioner till luft, försurning m.m. där man efter viktning har kunnat sammanställa de olika bidragen. LCA-arbetet är en iterativ process där man under hela arbetets gång uppdaterar uppgifter, definitioner och resultat.

Ordet livscykelanalys används både som ett samlande begrepp och som namn på en specifik typ av livscykelanalys. De två huvudtyperna som ibland innefattar begreppet är livscykelinventering (LCI) och livscykelanalys (LCA) (Rydh et al., 2002).

Styrkor och svagheter hos livscykelanalysen

Då livscykelanalys som metod är kvantitativ kräver den så exakta data som möjligt för att ge relevanta resultat. Detta är i många fall svårt att få tag på och ofta räknar man istället med teoretiskt framtagna värden som inte alltid representerar verkligheten. Detta är något som Robert U. Ayres belyser i sin rapport "Life cycle analysis: A critic" där han bland annat jämför olika livscykelanalyser gjorda för samma produkt och hur de kan skilja åt beroende på framtagen data och fokus på LCA:n (Ayres, 1995). Denna osäkerhet i data leder till stora osäkerheter i analysen som helhet. Exakta data om projekt som rör framtiden där data är ännu mer osäkra är därför något som är extra svårt att inventera. Oftast jämför LCA redan existerande processer.

Fördelar med LCA (Rydh et al., 2002)

- Identifierar material- och energiflöden i en produktionscykel som annars kanske skulle ha förbisetts
- Ger beslutsunderlag för att kunna ge nya idéer om hur man kan åstadkomma samma funktion med minskad miljöpåverkan
- Resultatet kan belysa vart största miljöpåverkan faktiskt ligger
- Bra underlag till framtagande av lämpliga strategier för miljöanpassad produktutveckling
- Ökad kunskap om en produkt/produktion

Nackdelar med LCA (Rydh et al., 2002)

- Data saknas ofta och metoden istället måste baseras på teoretiska beräkningar eller korta mätserier
- Datainsamling och analys tar lång tid och är resurskrävande och dyrt vilket försvårar användningen
- Metoden kräver mycket utbildning för att kunna användas rätt
- Det tillgängliga datamaterialet kan vara av skiftande kvalitet vilket kan medföra stor känslighet i analysen
- Det saknas tillförlitliga och jämförbara LCA- och LCI-data
- Det finns ingen internationellt erkänd viktningsmetod

En annan viktig sak att tänka på i arbetet med livscykelanalyser är att bristande kvalitet och mängd av data kan ge en felaktig bild av verkligheten. En livscykelanalys är inte platsspecifik så den tar inte hänsyn till lokala, regionala eller globala natur. Ofta är det av fördel om man har goda kunskaper om det studerade systemet.

En enklare livscykelanalys baserad på exempel från kursboken "Livscykelanalys – En metod för miljöbedömning av produkter och tjänster" används som metod för att översiktligt kunna få en bild av miljöbelastningen som de olika alternativen för reningen av processvattnet ger upphov till. Utvärderingen baseras på att först och främst klassificera

data (till exempel förbrukning av naturresurser) för att sedan slå samman till den totala påverkan. Utsläpp av växthusgaser karakteriseras även till enheten CO₂-ekvivalenter. Fyra olika alternativ som representerar en stegvis övergång till det nya reningssteget jämförs. Till inventering av data används kemikalie-, naturresurs- och energiförbrukningen inom de olika aktuella stegen.

Utsläpp till recipient

De olika utsläppen som sker idag och som beräknas komma att ske i framtiden vid eventuellt direktutsläpp från VEAB till recipienten Trummen studeras. Främst studeras det direkta utsläppet till sjön Trummen från Växjö Energi AB jämfört med övriga bidrag till sjön. Här används data som redan tagits fram för projektet på IVL. Även påverkan på Mörrumsån studeras. Detta görs genom att främst studera kväve och kadmium och retentionsvärden för dessa två i de aktuella sjöarna. På så sätt fås en bra bild av hur stor del av den utsläppta mängden som Växjö Energi AB släpper ut som når Norra Bergundasjön via Växjösjöarna jämfört med via reningsverket. Retentionen för kväve beräknas genom att summera flödet av kväve vid sjöarnas in- samt utlopp, diffusa utsläpp från omgivningarna samt atmosfäriskt nedfall. Resterande del kväve beräknas ha tagits upp i sjöns miljö och denna procentuella andel används som retentionsvärde för kväve.

För utförligare beskrivning av metoder, se respektive kapitel.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

”Det hållbara samhället” är ett omfattande begrepp och kräver därför en ordentlig avgränsning både på grund av mina tidsmässiga begränsningar samt för att kunna fokusera arbetet på de mest betydande aspekterna. En första avgränsning är att jag har valt lokalt fokus på analyserna där arbetet med hållbar utveckling inom Växjö kommun varit viktigaste referensen. En andra avgränsning är att jag endast valt att studera aspekterna energiförbrukning (med fokus på fossila energikällor), förbrukning av naturresurser och utsläpp till Trummens vatten. Dessa aspekter har valts ut utifrån fokuset på arbetet inom hållbar utveckling inom Växjö kommun. Jag har dock inte tittat på emissioner till luft och inte heller emissioner till vatten utöver utsläppet direkt till sjön Trummen på grund av den tidsmässiga begränsningen. En tredje begränsning gäller kemikalierna där livscykelanalysen begränsats till att se på tillverkning och transport av själva kemikalien och uteslutit framtagandet av själva råvarorna. Detta för att det jämfört med andra studerade processer skulle bli för detaljerat. I min jämförelse mellan de olika processtegen har jag studerat påverkan över ett år och haft, så långt som möjligt, år 2007 som referensår. Beskrivningen av de planerade reningsstegen och deras utformning bygger på en preliminär teknisk rapport samt den slutliga slutrapporten, båda utfärdade av Peter Forsell på Växjö Energi AB i oktober 2007.

1.4 RAPPORTENS STRUKTUR

Rapporten börjar med en översiktlig presentation av, för studien, viktiga bakgrundsbegrepp som rök-gaskondensat, miljökonsekvensbeskrivning och livscykelanalys som metod. Därefter följer ett kapitel där begreppet ”Hållbara samhället” diskuteras utifrån svenskt och internationellt fokus. I kapitel 4 beskrivs vattendragen i det aktuella området. I nästa kapitel behandlas processerna vid de olika studerade stegen översiktligt. Här presenteras också energi, råvaru- och kemikalieförbrukning. I det följande kapitlet görs en livscykelanalys över de inventerade data som presenterats i kapitel 5. I kapitel 7 studeras utsläppet till sjön Trummen. Avslutningsvis ges en diskussion och en slutsats för de presenterade analyserna.

2. DET HÅLLBARA SAMHÄLLET

Under detta kapitel studeras begreppet hållbart samhälle. Detta görs från ett mer globalt perspektiv ner till fokus inom Växjö kommun på arbetet kring ett hållbart samhälle.

Vad innebär då ett hållbart samhälle? Begreppet ”hållbart samhälle” är brett och kan betyda olika saker i olika sammanhang. Ett idag vedertaget begrepp som blev uppmärksammat i samband med rapporten ”Vår gemensamma framtid” är hållbar utveckling (Bruntland, 1987). Rapporten var skriven på uppdrag av FN 1987 av ”Världskommissionen för miljö och utveckling”. I rapporten definieras hållbar utveckling som en utveckling där ekonomisk utveckling, social välfärd och ekologisk hållbarhet samverkar, “en samhällsutveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov” (Bruntland, 1987). ”Vår gemensamma framtid” låg sedan till grund för FN:s stora miljökonferens i Rio de Janeiro 1992 där också hållbar utveckling var huvudfokus. Här lades grunderna för ett globalt samarbete som ledde till en internationell handlingsplan för hållbar utveckling, Agenda 21. Övergripande mål för samarbetet och agendan var att bekämpa fattigdomen och miljöhoten i världen. Inom det politiska arbetet både internationellt och nationellt ligger idag mycket av fokus inom arbetet med hållbar utveckling på den ekologiska hållbarheten.

Men hur studerar man enskilda fall utifrån ekologisk hållbarhet? Finns det något lätt sätt att utvärdera något så omfattande? Handlingsplanen för Agenda 21 har lokalt engagemang i fokus och under kapitel 28 i agendan står det att i varje kommun ska det finnas ett lokalt kontor för Agenda 21-arbetet (FN:s hemsida, 2008). I Sverige har riksdagen satt upp 16 miljömål som ett av de viktiga verktygen inom arbetet med att nå just hållbar utveckling. Det är i huvudsak utifrån dessa miljömål och hur de är implementerade på lokal nivå som det ”hållbara samhället” studerats i detta arbete.

2.1 HÅLLBAR UTVECKLING PÅ NATIONELL NIVÅ

“För regeringens miljöpolitik finns ett övergripande mål: att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen i Sverige är lösta” (Regeringens proposition 2004/05:150). Sveriges första nationella strategi för hållbar utveckling kom 2002 och

reviderades senast i mars 2006. Fokus för strategin är att bygga samhället hållbart, stimulera en god hälsa på lika villkor, möta den demografiska utmaningen och främja en hållbar tillväxt (Regeringens hemsida, 2008b). Även svensk miljölagstiftning som sammanfattas i miljöbalken har som huvudsyfte att ”främja en hållbar utveckling som innebär hälsosam och god miljö...” (Portalparagrafen, kap 1, § 1, MB). Bland de allmänna hänsynsreglerna, kapitel 2, i miljöbalken hittar vi under § 5 ”Hushållningskravet” och ”Kretsloppsprincipen”. ”Hushållningskravet” innebär att användningen av råvaror och energi ska användas så effektivt som möjligt och i första hand ska förnyelsebara källor användas. ”Kretsloppsprincipen” innebär att det som utvinns ur naturen bör så långt som möjligt nå slutna materialflöden med minsta möjliga resursförbrukning och utan att naturen skadas (Miljöbalken, 1998). I anslutning till miljöbalken och i verkan för att eliminera de stora miljöproblemen till nästa generation har riksdagen antagit sexton miljö kvalitetsmål (Regeringens hemsida, 2008c). Dessa är:

- Begränsad klimatpåverkan
- Frisk luft
- Bara naturlig försurning
- Giftfri miljö
- Skyddande ozonskikt
- Säker strålmiljö
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Grundvatten av god kvalitet
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- Myllrande våtmarker
- Levande skogar
- Ett rikt odlingslandskap
- Storslagen fjällmiljö
- God bebyggd miljö
- Ett rikt djur- och växtliv

Under dessa miljö kvalitetsmål finns beskrivningar för kvalitet och tillstånd hos en miljö som långsiktigt är hållbar i Sverige. Det finns också 72 nationella delmål. De 16 miljö kvalitetsmålen ska i huvudsak vara uppfyllda till år 2020. Som vägledning för uppfyllande av målen har Riksdagen satt upp tre vägledande strategier; en för effektivare energianvändning, en för ett giftfritt och resurssnålt kretslopp och en för hushållning med mark, vatten och bebyggd miljö (Regeringens hemsida, 2008d). Den svenska regeringen inrättade under våren 2007 en kommission för hållbar utveckling med representanter från näringsliv, politik och forskning där frågor som rör hållbar utveckling ska analyseras. Huvudtemat för det första året var klimatfrågan.

Uppfyllandet av de svenska miljö kvalitetsmålen är ett nationellt åtagande där olika aktörer som myndigheter, länsstyrelser, kommuner, organisationer, näringsliv och enskilda måste ta sitt ansvar. Miljödepartementet ansvarar inom regeringen. Länsstyrelserna har en samordnande roll i miljö målsarbetet och ansvarar för att besluta om och följa upp regionala mål för sina län. De ansvarar för alla miljö kvalitetsmål utom ”Levande skogar”.

Skogsstyrelsen ansvarar för detta mål. Kommunerna har enligt riksdagens uttalande ett övergripande ansvar för lokala anpassningar av de nationella miljömålen (Miljömålsportalen, 2008). Ofta anpassas dessa miljömål till det redan pågående miljöarbetet och samhällsplaneringen. Vanligt är att Agenda 21-arbetet är en grund för vidare miljöarbete på kommunal nivå.

2.2 HÅLLBAR UTVECKLING I KRONOBERGS LÄN

De mål som här tas upp är de mål som mer specifikt rör denna studie. Mål finns även rörande ren luft, naturlig försurning med mera.

Länsstyrelsen i Kronobergs län arbetar med alla de nationella miljömålen utom ”Levande skogar” och ”Storslagen fjällmiljö”. Inom miljömålet ”Begränsad klimatpåverkan” har Kronobergs län som långsiktigt mål att all direkt användning av fossila bränslen i princip ska ha upphört till år 2050. Mer konkreta mål för länet är bland annat att förbrukningen av elenergi till år 2010 ska ha minskat med 10 % från 1995 och att hälften av den totala energianvändningen till samma år ska komma från förnyelsebara källor. Inom målet om ”Giftfri miljö” är två av de nationella generationsmålen att halterna naturfrämmande ämnen i miljön ska vara nära noll, dess påverkan på ekosystemen försumbar och att ämnen som är naturligt förekommande i naturen ska ligga nära bakgrundsvärdena. Inom Kronobergs län har man här som delmål bland annat att nya produkter ska vara så fria som möjligt från persistenta och bioackumulerande organiska ämnen, ämnen som är cancerframkallande, arvsmassepåverkande och fortplantningsstörande senast år 2010. Dessa ämnens spridning via luft och vatten ska minska fortlöpande. Slammet från kommunala reningsverk ska till år 2010 ha halter av persistenta och bioackumulerande kemiska ämnen som bly och kadmium med betryggande marginal (50 %) under gränsvärden. Generationsmålet för miljö kvalitetsmålet ”Ingen övergödning” är främst att belastningen av näringsämnen inte ska ha några negativa effekter på människans hälsa eller försämra förutsättningarna för biologisk mångfald. Sjöar och vattendrag ska uppfylla definitionen för ”god ekologisk status” enligt EG:s ramdirektiv för vatten. Ett av delmålen är att minska de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar till sjöar, vattendrag och kustvatten med minst 20 % från 1995. Ammoniakutsläppet ska i Kronobergs län ha minskat med 15 % från 1995 till år 2010. För miljömålet ”Levande sjöar och vattendrag” är det främsta nationella generationsmålet att belastningen av näringsämnen och föroreningar inte får minska förutsättningarna för biologisk mångfald (Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2007).

2.3 HÅLLBAR UTVECKLING I VÄXJÖ KOMMUN

I Växjö kommuns miljöprogram som antogs i maj 2006 står att ”Vi ska fortsätta vara en ledande miljökommun. Alla delar av vår verksamhet skall drivas och utvecklas med stor hänsyn till de förutsättningar som miljön och de lokala och globala naturresurserna ger. Detta för att nuvarande och kommande generationer ska tillförsäkras en hälsosam och god miljö” (Växjö kommun, 2008b). Sedan 1993 har de reducerat sina koldioxidutsläpp med 30% och de har sedan 2000 fått tre internationella miljöutmärkelser. Inom sitt strategiska

miljöarbete arbetar de inom tre huvudområden som getts rubrikerna "Leva livet", "Vår natur" och "Fossilbränslefritt Växjö". "Leva livet" handlar om att öka medvetandet om och skapa en hållbar produktion och konsumtion. "Vår natur" handlar om att förvalta vattnet, luften och natur- och kulturmiljön med en rik biologisk mångfald. Inom "Vår natur" strävar kommunen bland annat efter att främja biologisk mångfald och att kommunens sjöar och vattendrag ska ha naturliga näringsnivåer. Mörrumsån ska högst belastas med 150 ton kväve och 5,5 ton fosfor per år 2015. Kommunen åtar sig bland annat att minska föroreningar från dagvatten samt att där behov föreligger skapa reningsanläggningar. Vad gäller "Fossilbränslefritt Växjö" så har Växjö kommun som mål att minska de fossila koldioxidutsläppen med minst 50 % till 2010 och med minst 70 % till 2025. Vidare bör förbrukningen av elenergi per invånare ha minskat med minst 20 % till 2015 från förbrukningen år 1993. Växjö kommunkoncern, där bl a Växjö Energi AB ingår, har som mål att minska de fossila koldioxidutsläppen från transporter och service med minst 30 % till år 2015 jämfört med 1999 och upphöra helt med användningen av eldningsolja i ordinarie verksamhet till 2010. Kommunkoncernen åtar sig vidare att arbeta aktivt för att fasa ut användningen av direktverkande el.

Växjö kommun har sedan 2007 en lokal klimatkommission för hållbar utveckling. Här samlas näringslivet, universitetet och politiker för att diskutera åtgärdsprogram för en omställning till ett fossilbränslefritt energi- och transportsystem samt hur samhället ska kunna anpassas till nuvarande och kommande klimatförändringar.

2.4 HÅLLBARA SAMHÄLLET OCH RÖKGASKONDENSERING

I forskningsrapporten "Fjärrvärme i ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv" (Eriksson, 2004) som gjorts under finansiering av svensk fjärrvärme räknar man upp ett antal indikatorer (se tabell 1) för hållbarhet i fjärrvärmeproduktionen utifrån de nationellt satta miljömålen.

Tabell 1 Indikatorer för ekologisk hållbarhet vid fjärrvärmeproduktion enligt miljömålen (Eriksson, 2004).

Miljö kvalitetsmål	Indikator för fjärrvärme	Enhet
Begränsad klimatpåverkan	Växthusgaser	CO ₂ -ekvivalenter
Frisk luft	Utsläpp av kolväten	ton NMVOC/HC
	Utsläpp av stoft/partiklar	ton stoft
God bebyggd miljö	Mängd förnybar energi per boende Primärenergifaktor	kWh/person
Grundvatten av god kvalitet	<i>Förslag saknas p.g.a. sannolikt marginell påverkan</i>	-
Levande sjöar och vattendrag	Andel processvatten som recirkuleras	ton
Myllrande våtmarker	Mängd torv som används i fjärrvärme	ton
Hav i balans samt levande kust och skärgård	Alt. 1 Utsläpp av olja och kemikalier från fartyg som används för fjärrvärmeändamål Alt. 2 Andel olja i fjärrvärme	ton ton
Ingen övergödning	Nettotillförsel av kväve till vatten	ton
Bara naturlig försurning	Utsläpp av svaveldioxid till luft	ton
Utsläpp av kväveoxider till luft		ton
Levande skogar	Andel trädbränsle från miljömärkt skogsbruk (t ex FSC, PEFC)	ton
Ett rikt odlingslandskap	Mängd nyttig energi från åkergrödor	TWh
Storslagen fjällmiljö	<i>Förslag saknas p.g.a. sannolikt marginell påverkan</i>	-
Säker strålmiljö	<i>Förslag saknas p.g.a. sannolikt marginell påverkan</i>	-
Skyddande ozonskikt	Utsläpp av ozonnedbrytande ämnen	ton
Giftfri miljö	Använd mängd klassificerat hälso- eller miljöfarliga kemiska produkter Utsläpp av tungmetaller (Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, Zn)	ton ton

Av dessa indikatorer för fjärrvärmeproduktion är en av de indikatorer som mer specifikt berör en analys av rökgaskondensering indikatorn om en begränsad klimatpåverkan. Här inräknas då de växthusgaser som släpps ut för drift av rening av rökgaskondensat samt produktion och transport av kemikalier. Frisk luft är en indikator som inte direkt studeras men som är viktig då man just via rökgaskondensering fångar upp partiklar och föroreningar som annars skulle gå ut med rökgasen. Indikatorn om levande vattendrag är här också speciellt viktig då man via återanvändning av rökgaskondensat månar om att öka recirkuleringen av vatten i systemet. Vidare är en giftfri miljö en viktig indikator för ekologisk hållbarhet vad gäller rökgaskondensering där både minskad kemikalieförbrukning och minskade utsläpp till vatten kommer in. Övriga punkter rör mer själva produktionen av fjärrvärmens och lämnas därför okommenterade.

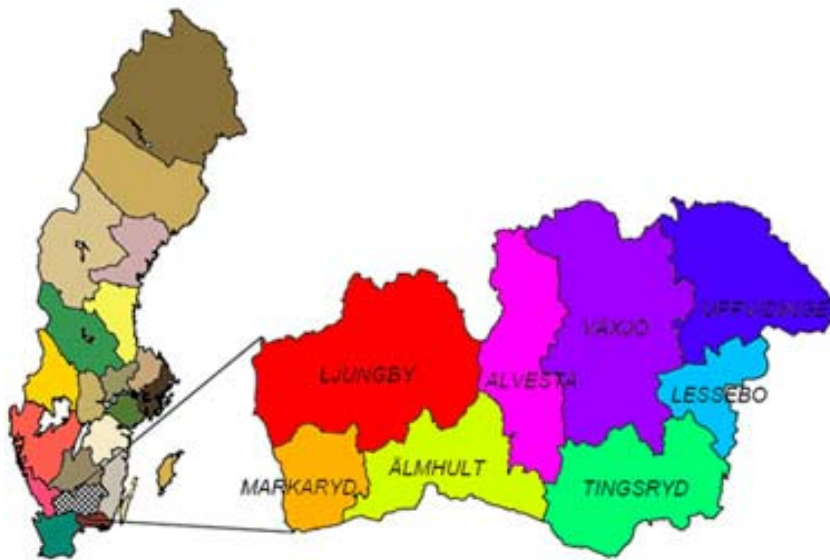
2.5 SAMMANFATTNING

Utifrån denna studie av nationella och lokala mål för en hållbar utveckling och ett hållbart samhälle är de viktiga aspekterna att titta till då det gäller rening av rökgaskondensat och dess koppling till ett hållbart samhälle:

- Minska förbrukning av fossila bränslen
- Minska förbrukningen elenergi
- Minska utsläppet av växthusgaser
- Minska utsläppen av fosfor
- Minska utsläppen av kväve
- Minska utsläpp av naturfrämmande ämnen till miljön och låta halten naturligt förekommande ämnen ligga så nära bakgrundsvärden som möjligt. Speciellt ska spridning av persistenta och bioackumulerande organiska ämnen (som bly och kadmium), ämnen som är cancerframkallande, arvs massepåverkande och fortplantningsstörande minskas.

3. BERÖRDA SJÖAR

Växjö kommun ligger i Kronobergs län (se figur 1). Den eventuellt direkt påverkade sjön Trummen ligger inom Mörrumsåns avrinningsområde. På grund av Mörrumsåns höga naturvärde har sedan 1973 årliga recipientkontroller utförts. Sedan 1995 är det laboratoriekedjan ALcontrol AB som utför analyserna.



Figur 1 Karta över Kronobergs län och Växjö kommun i Sverige. (Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2008b).

3.1 MÖRRUMSÅNS AVRINNINGSSOMRÅDE

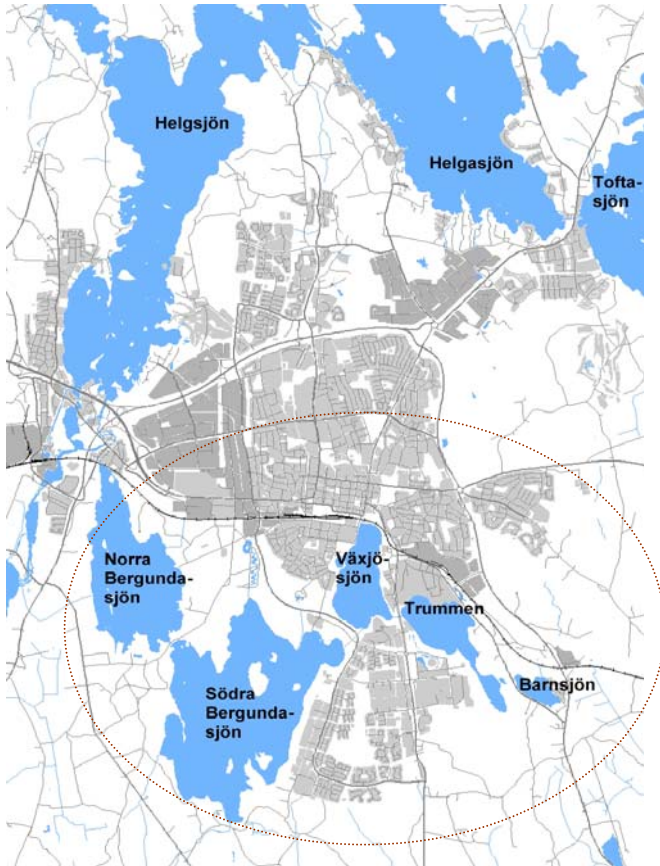
Mörrumsån är ett viktigt naturområde i Växjö kommun och ett av de viktigaste sportfiskevattnen i Sverige (figur 2 visar Mörrumsåns avrinningsområde). Ån producerar 30-40 % av södra Östersjöns naturlax. Under 60- och 70-talet var Mörrumsån starkt påverkad av försurning innan man på 80-talet startade kalkning i åns avrinningsområde. Idag har vattenkvaliteten förbättrats avsevärt, syrehalterna och pH-värden har ökat i de flesta delarna av ån. Halten organsikt material har ökat under de senaste 10 åren enligt en studie över åren 1978 till 2005. Detta kan bero på en ökad vattenföring under de senaste 10 åren. Förhöjda halter av zink, koppar och nickel har noterats, men de har alla totalt sett minskat sedan undersökningar gjorda 1995. Samma studie över åren 1978 till 2005 visade att kvävehalterna låg på höga värden sedan 70-talet, men att de på 90-talet visade på en minskande trend. Mörrumsån har också genom åren påverkats av sjöregleringar och dämning för kraftverk. Idag kan dock laxen vandra förbi kraftverken i Hemsjö. (ALcontrol, 2006a).



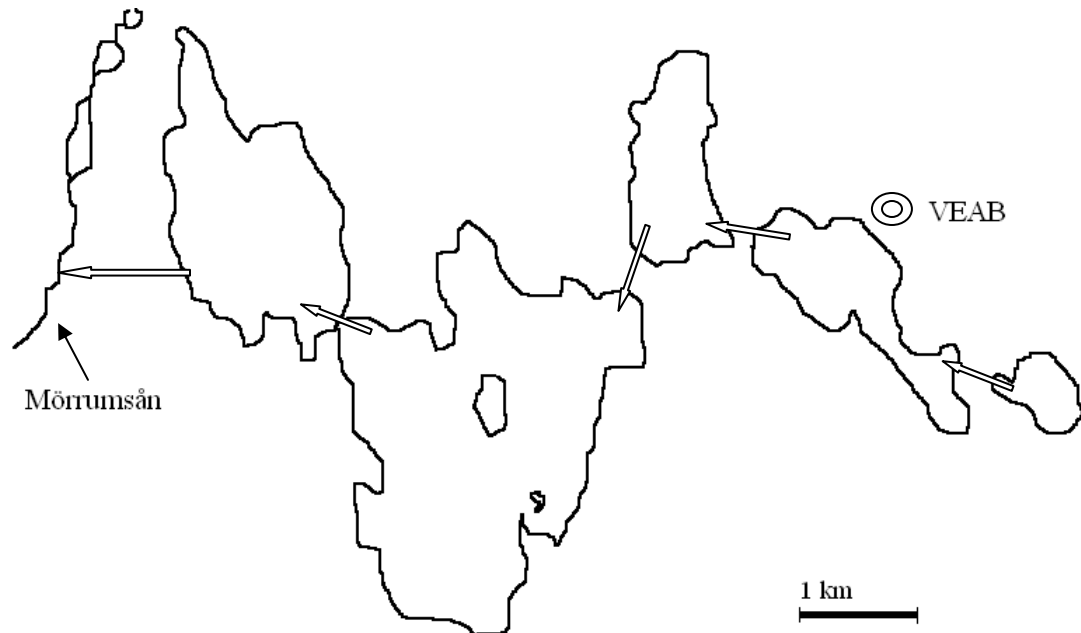
Figur 2 Mörrumsåns avrinningsområde (ALcontrol, 2006b).

3.2 VÄXJÖSJÖARNA

Till Växjösjöarna räknas enligt definitionen i Växjös Översiktsplan från 2005 Barnsjön, Trummen, Växjösjön, Södra Bergundasjön och Norra Bergundasjön. Av dessa berörs samtliga utom Barnsjön av ett eventuellt utsläpp till Trummen innan vattnet efter Norra Bergundasjön når Mörrumsån. Generellt visar en sammanställning av samtliga data inhämtade från recipientkontrollen för Mörrumsåns avrinningsområde att både fosfor och kväve minskat kraftigt sedan 70-talet i Växjösjöarna. Fosfor har i genomsnitt minskat med 50 % och kväve med 30-50 % (med undantag för Trummen som har legat på låga värden sedan restaureringen på 70-talet). (ALcontrol, 2006a)



Figur 3 Sjöarna kring Växjö stad med de södra "Växjösjöarna" markerade (Växjö kommun, 2005).



Figur 4 Växjösjöarna och Mörrumsån.

Trummen

Trummen är en sjö på 100 ha. Dess avrinningsområde är 13 km². Trummen har inga större permanenta inlopp förutom Barnsjön så det största inflödet sker via grundvatten- och dagvattentillrinning (det senare via uppsamlingsbassänger). Industrier och större verksamheter som ligger i anslutning till sjön är St Sigfrids sjukhus, universitetsområdet, Sandviks industriområde, en nedlagd avfallsdeponi söder om Trummen och Växjö Energis kraftvärmeverk. På grund av stadens utbyggnad, och framför allt uppförandet på 30-talet av ett linberedningsverk i Växjö med utsläpp i Trummen, blev sjön mer och mer utsatt. På 50-talet var Trummen starkt förorenad med fiskdöd och tilltagande planktonblomning som följd. År 1959 upphörde man leda avloppsvatten direkt till sjön. År 1969 var sjöns tillstånd fortfarande kritiskt och man beslöt att restaurera sjön genom muddring (Pettersson et al., 1990). Resultaten av genomförda muddringen var goda och idag är sjöns tillstånd stabilt. Årsmedelvärden från åren 2002-2004 vid Trummens utlopp visar enligt Naturvårdsverkets kriterier att vattnet är syrerikt och att sjön har god buffertkapacitet (Persson et al., 2007). Dock har under dessa år de högsta zinkhalterna i Mörrumsåns avrinningsområde uppmätts i Trummen. Detta tros bero på galvaniserade stolpar och vägräcken som förorenar dagvattnet med zink samt bidrag från den avfallsdeponi som ligger invid Trummen. Zinkhalterna i Trummens vatten har dock minskat sedan 1995 (ALcontrol, 2006a).

Växjösjön

I början av 1900-talet var Växjösjön kraftigt utsatt då allt vatten som rann genom staden transporterades dit. 1927 byggde man ett avloppsreningsverk för staden där man istället ledde vattnet till Södra Bergundasjön. Man förväntade sig en snabb återhämtning av Växjösjön. Dock byggdes samtidigt staden ut österut och Trummen blev istället den hårdast utsatta sjön, vilket nu fick direkt påverkan på Växjösjön. På 1940-talet var Trummen mer förorenad än Växjösjön. Inte förrän Trummens restaurering på 70-talet kunde en tydlig återhämtning konstateras för Växjösjön. I början på 90-talet restaurerades även Växjösjön. Dock blev man inte av med problemet med kraftiga algbloomningar om somrarna. Idag har man stora uppsamlingsmagasin för dagvattnet. Man överför även sommartid vatten från Helgasjön norr om Växjö stad, på så sätt får man en utspädning av Växjöns vatten samt en ökad genomströmning genom sjön (Lettevall, 2007). Förhöjda halter koppar har idag noterats i vatten och sediment i Växjösjön. Detta tros främst bero på förekomsten av koppar i ledningar och hustak i Växjö stad, som via dagvattnet transporteras till sjön (ALcontrol, 2006a).

Södra Bergundasjön

Södra Bergundasjön har i sin tur varit mest påverkat av Växjösjöns tillstånd. Då utsläppet från avloppsreningsverket flyttades hit 1927 blev även denna sjö överbelastad. Man flyttade då avloppsreningsverkets utsläpp till Norra Bergundasjön år 1974. I slutet av 90-talet restaurerades även Södra Bergundasjön.

Norra Bergundasjön

Då även Norra Bergundasjön blev överbelastad byggde man 1994 ett nytt avloppsreningsverk, kallat Sundet, som såg till att inte släppa ut halter större än vad Norra Bergundasjön klarar. Detta plus att Södra Bergundasjön idag är relativt oförorenad har gjort att Norra Bergundasjön tills idag har klarat sig utan restaurering. Förhöjda halter nickel har dock uppmätts i båda sjöarna, Södra och Norra Bergundasjön. Detta tros främst bero på ytbehandlingsverksamhet i Växjö stad. Dock har halterna minskat något i vattnet sedan undersökningarna började 1995. (ALcontrol, 2006a).

4. STUDERADE PROCESSER

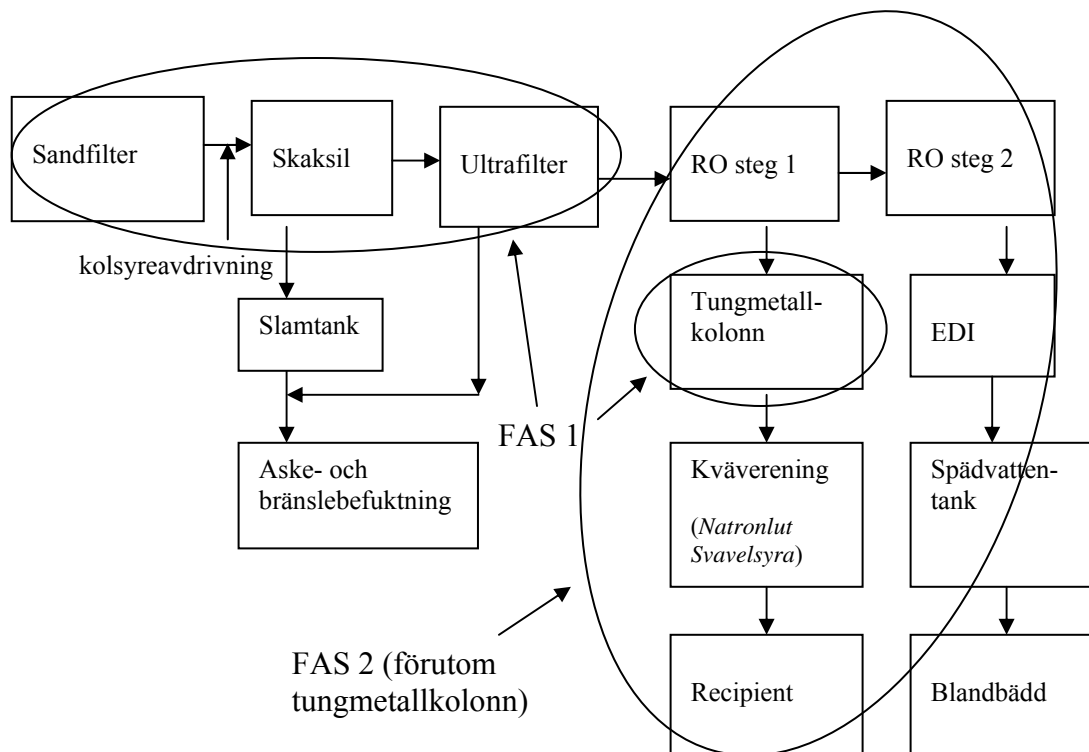
De processteg som ingår i denna studie är Växjö Energi AB:s egen rening av rökgaskondensat, både som denna rening ser ut idag och planerad framtida rening. Vidare ingår rening av rökgaskondensat på det kommunala avloppsreningsverket Sundet samt dricksvattenproduktion på det kommunala vattenverket Sjöudden. Samtliga verk ligger i Växjö kommun. Här följer en beskrivning av de olika stegen inom de tre processerna.

4.1 RENING AV RÖKGASKONDENSAT PÅ VÄXJÖ ENERGI AB

För att bli självförsörjande på processvatten vill Växjö Energi AB, VEAB, installera ett reningssystem för rökgaskondensat. Den planerade reningen består av ett kontinuerligt sandfilter för att fånga upp partiklar, en skaxsil där större partiklar sorteras ut och vidare ett ultrafilter för rening av suspenderat material, tjäror och andra organiska ämnen. Före skaxsilen passerar vattnet även en kolsyreavdrivare, där koldioxid pumpas in och tillsammans med vatten bildar kolsyra som avdrivs och sänker pH. Efter ultrafiltret är vattnet helt partikelfritt och innehåller bara lösta salter och leds nu till två RO-steg. RO står för omvänd osmos, ett reningssteg där vattenmolekyler pressas genom ett halvgenomträngligt membran med mycket små porer. Det drivs av vattentryck och leder till att föroreningarna sköljs bort. Rejektet (det förorenade vatten som avskiljts) leds här till två tungmetallkolonner där tungmetaller, främst kvicksilver och kadmium, avlägsnas innan vattnet går vidare till en kväverening bestående av ett membran som omvandlar kvävet i vattnet till ammoniumsulfat (NH_3 får reagera med svavelsyra). Det renade vattnet från RO-steget går parallellt vidare till en kontinuerlig elektrisk avjonisering, EDI, där en elektrisk ström avlägsnar de sista jonerna som finns kvar. Det vatten som sedan ska kunna användas som processvatten leds därefter till en spädvattentank och eventuellt överskott leds via dagvattenledning till Trummen. Slamhaltigt rejektivatten leds till aska- och bränslebefuktning och återgår på så sätt till systemet. (Forsell, 2007a).

Redan under hösten och vintern 2007/2008 har en Fas 1 installerats som är delen bestående av skaxsil, ultrafilter och en tungmetallkolonn. Vid reningen av dricksvatten används idag saltsyra, något som kommer att upphöra i och med installationen av egen produktion av processvatten.

Fas 2 består av en kompletterande installation av de två RO-stegen, en kväverenare samt en EDI. Det är installationen av Fas 2 tillståndsprövningen gäller.



Figur 4 Schematisk bild av delstegen för reningen av rökgaskondensat på Växjö Energi AB:s kraftvärmeverk i Växjö.

4.2 DRICKSVATTENPRODUKTION PÅ SJÖUDDEN

Dricksvattnet som brukas på kraftvärmeanläggningarna Sandvik 2 och HH21 vid Växjö Energi AB tas in från vattenverket Sjöudden. Detta verk är idag ett ytvattenverk där råvatten pumpas upp från den intilliggande Helgasjön. Detta kommer dock ändras vid årsskiftet 2008/2009 då verket istället kommer ta upp vatten som via inducerad infiltration från sjön Lagan filtreras via Bergaåsen för att sedan pumpas upp som grundvatten till vattenverket.

Som processen ser ut idag passerar vattnet först ett galler där större föremål som fisk, löv och vattenväxter rensas bort. Därefter genomgår vattnet en första kemisk rening då en fällningskemikalie tillsätts. Denna kemikalie innehåller ett flockbildande ämne där de bildade flockarna drar till sig humusämnen, bakterier och andra partiklar som orsakar grumlighet och färg. Vattnet passerar sedan ytterligare ett mekaniskt filter bestående av sand- eller kolbäddar där fällningsflockarna filtreras bort. Även bakterier och andra organiska ämnen som påverkar vattnets lukt och smak filtreras bort här. Vattnet genomgår även den så kallade "kalkkolsyrametoden" där man tillsätter kalk och kolsyra (där verkande substans är koldioxid) för att uppnå en lämplig halt av kalciumjoner och vätekarbonater i

vattnet. Detta görs för att sänka vattnets hårdhet och förhindrar på så sätt korrosion i ledningar (halten kalciumjoner mäter vattnets hårdhet och ett hårt vatten ökar risken för korrosion) och ge vattnet en bra buffringsförmåga. Innan vattnet släpps ut på dricksvattnätet desinficeras det. Vattnet som distribueras till Växjö stad desinficeras med UV och även en liten mängd klor. Vattnets pH justeras även med natriumhydroxid till ett pH mellan 7,5 och 9,0 då detta är gränsvärdena för tjänligt vatten enligt Statens Livsmedelsverk. Vattnet pumpas sedan ut till nätet. (Växjö kommun, 2008c)

4.3 VATTENRENING PÅ SUNDETS RENINGSVERK

Det vatten som skickas ut på avloppsnätet från Växjö Energis kraftvärmeverk renas på reningsverket Sundet vid Norra Bergundasjöns mynning. Vattnet som når reningsverket passerar först ett mekaniskt reningssteg. Detta består först av ett galler för att filtrera bort föremål som hushållspapper, tops och annat som inte borde ha hamnat i avloppsvattnet. Det andra mekaniska reningssteget är ett sandfång där grus och sand tillåts sjunka till botten för att på så sätt avlägsnas från vattnet. Skumdämpande medel tillsätts vattnet för att undvika för stor skumproduktion. Skum uppkommer då vattenavstötande och ytaktiva ämnen tillsammans bildar stabila gasbubblor som är svåra att avlägsna genom omrörning. Härifrån går vattnet vidare till den biologiska reningen. Här tillsätts då först och främst syre för att tillgodose syrekrävande mikrobakterier med syre som de behöver för att kunna tillgodose sig energi genom att bryta ner de organiska ämnena i avloppsvattnet. Vid reningsverket sker också här en viss rening av kväve då vattnet får gå igenom bassänger med mer eller mindre syre. I aeroba bassänger med gott om syre verkar bakterier som omvandlar ammonium till nitrat och i bassänger med anaerob miljö får mikroorganismer som trivs i syrefattig miljö och som genomför denitrifikation verka. Vid denitrifikationen övergår nitrat (NO_3^{2-}) till kvävgas (N_2) som avgår till luften. Då luften består till 78 % av denna gas så är det på en mer naturlig nivå i luften än i vattnet och kväveavskiljningen är uppnådd. Genom att växla mellan anaeroba och aeroba bassänger, och även återcirkulera bakterierna som utför kväveavskiljningen, kan man på biologisk väg nå en relativt hög rening av kväve utan tillsats av kemikalier. Efter den biologiska reningen går vattnet igenom en kemisk rening där fosfor avlägsnas. Detta görs genom att tillsätta flockbildande kemikalier till stora sedimenteringsbassänger. Dessa kemikalier binder sig till fosfor och på så sätt får man flockar av fosforhaltigt material som sjunker till botten av reningsbassängen och som då lätt kan fångas upp och föras vidare till en speciell slambehandling. Som sista reningssteg går det behandlade avloppsvattnet vid Sundet igenom ett sandfilter där slam och andra partiklar som ännu inte hunnit sjunka till botten i sedimenteringsbassängerna fångas upp. Vattnet släpps sedan ut i Norra Bergsjön. (Växjö kommun, 2008d)

5. LIVSCYKELANALYS

5.1 METOD

Denna livscykelanalys har främst utförts genom att studera exempel i kursboken ”Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster” (Rydh et al., 2002).

I en livscykelanalys bör det alltid finnas en bra jämförelsebas. I denna studie är det rening och produktion av 1 m³ rökgaskondensat som studerats. Inom livscykelanalys kallas detta för den funktionella enheten. Utifrån den funktionella enheten har sedan den totala mängden förbrukad energi och förbrukade naturresurser som förbrukats över ett år beräknats för de olika alternativen.

Inventeringsdata för de olika kemikalierna har tagits fram av Mats Almemark på IVL genom programmet GaBi som i sin tur tagit data från databasen EcoInvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, version 1.2). För kemikalierna PIX-118, PAX-215 och PAX XL-100 som tillverkas av Kemira i Helsingborg har dock LCA-analyser som IVL tidigare utfört för Kemira använts. Rapporterna från dessa studier har fått godkänt från Kemira att användas i detta arbete.

Utifrån den totala mängd kemikalier som förbrukats på var och ett av de tre verken har den proportionerliga mängd som brukats på rening och produktion av processvatten beräknats (se uträkning tabell 2). Erhållen data för de olika kemikalierna är beräknade på produktionen av ett kilo kemikalie, varvid antal kilo förbrukat på de olika verken multiplicerats med information om förbrukningen av energi och råvaror. För sammanställning av energiförbrukning se bilaga I, för sammanställning av samtliga kemikalier se bilaga II, för beräkningar över påverkan av transporter se bilaga III och för att se den slutliga summeringen av förbrukad energi och förbrukade naturresurser se bilaga IV. För rening av rökgaskondensat på kraftvärmeverket har antal kilo kemikalier baserats på den totala mängden producerat rökgaskondensat. Förbrukad mängd kemikalier på vattenverket har baserats på den mängd renat dricksvatten som Växjö Energi AB har köpt in för att använda som processvatten. På reningsverket har kemikalieförbrukningen uträknats på den mängd rökgaskondensat som producerats på kraftvärmeverket och som skickats ut på det kommunala avloppsnätet. Samtliga siffror för Sjöuddens vattenverk samt Sundets reningsverk är baserade på produktion och förbrukning för 2007. Mängden bildat kondensatvatten på Växjö Energi AB baseras på data för 2005 och data för kemikalieförbrukning för 2007.

Tabell 2 Mängd behandlat vatten som total kemikalieförbrukning baserats på.

Verk	Behandlat processvatten (m ³ /år)	Total mängd vatten behandlat (m ³ /år)	Procent av total behandlad mängd (%)
VEAB	18968 ^a (renat dricksvatten)	135440 ^b (bildat rökgaskondensat)	100 (beroende på alternativ)
Sjöudden^c	18968	5408030	0,35
Sundet^d	135440	9189501	1,47

^a Anders Björnberg, personlig kontakt, ^b Forsell, 2007b, ^c Jens Olsén, 2008, ^d Växjö kommun, 2008

Den beräknade åtgången av råvaror och energi för produktionen av samtliga använda kemikalier samt transport av dem till verken har sedan slagits ihop för de olika verken. Därefter har dessa sammanslagningar vidare slagits ihop i olika kombinationer för att representera fyra olika alternativ (se nedan). Den slutliga presentationen av de olika alternativen presenteras i första hand som rakt av sammanslagen inventerad data (se kapitel 2.3) och presenteras i kilo för den totala åtgången av naturresurser och utsläpp av växthusgaser samt en uppdelning på energislag presenterat i megajoule. Utsläppen av växthusgaser har dock först karakteriserats vilket innebär att de tilldelats en påverkansfaktor för att kunna summeras till ett gemensamt resultat. Ekvivalensfaktorn (jämförelseenheten) för växthusgaser är CO₂-ekvivalenter utifrån GWP-100 (Global Warming Potential) där effekten beräknats på 100 år (IPCC, 1994).

Där europeisk el använts har information om en genomsnittlig uppdelning på energislag tagits från EU:s statistikbyrå Eurostat (Eustat, 2008). Data om svensk medel har baserats på uppgifter från kursboken ”Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster” (Rydh et al., 2002).

För att kunna studera olika scenarier har fyra alternativ studerats.

Alternativ 1

- Fas 1 i drift
- Inköp dricksvatten
 - Uppvärmning av dricksvatten
 - Rening av dricksvatten
- Utsläpp av brukat processvatten på det kommunala avloppssystemet

Alternativ 2

- Fas 1 i drift
- Fas 2 i drift
- Införandet av svavelsyra för Fas 2
- Inköp dricksvatten

- Uppvärmning av dricksvatten
- Rening av dricksvatten
- Utsläpp av brukat processvatten på det kommunala avloppssystemet

Alternativ 3

- Fas 1 i drift
- Fas 2 i drift
- Återanvändning processvatten
 - Uppvärmning processvatten
 - Rening av processvatten
- Utsläpp av brukat processvatten på det kommunala avloppssystemet

Alternativ 4

- Fas 1 i drift
- Fas 2 i drift
- Återanvändning processvatten
 - Uppvärmning processvatten
 - Rening av processvatten
- Utsläpp av brukat processvatten till recipient

Av dessa fyra alternativ är Alternativ 1 och Alternativ 4 de alternativ som störst fokus lagts på i studien, då dessa beskriver nuvarande verksamhet och den framtida verksamheten. Alternativ 2 och 3 är mest med för att se den gradvisa förändringen vid införandet av reningssteget samt för att åskadliggöra den effekt som reningen av rökgaskondensatet på reningsverket samt produktionen av dricksvatten på vattenverket har. Då man i Alternativ 2 fortfarande köper in dricksvatten och renar så tas här med en övergångsfas då saltsyra fortfarande brukas till den reningen och svavelsyra till rening av det egna processvattnet.

Data om energi- och kemikalieförbrukning har främst inhämtats direkt från årsrapporter från Sundets vattenverk (Bernard Karlsson, personlig kontakt), Sjöuddens reningsverk (Jens Olsén, personlig kontakt), Växjö Energis kraftvärmeverk (Anders Björnberg och Björn Axberg, personlig kontakt) och Växjö kommun (Anneli Andersson Chan, personlig kontakt). Data om energi- och kemikalieförbrukning för produktion av de använda kemikalierna inom de olika processtegen har Mats Almemark på IVL tagit fram åt mig från databasen EcoInvent (Swiss Centre for Life Cycle Inventories, version 1.2) med hjälp av programmet GaBi. Utifrån denna livscykelinventering har påverkan kunnat analyseras.

5.2 SYSTEMGRÄNSER

De delar som studerats visas i figur 5. Kemikalierna har inventerats från ”grind-till-grind”, alltså från att råvarorna till produktionen av kemikalien nått produktionsställets grind till att den lämnar produktionsplatsens grind, och inte från ”vaggan-till-graven”, där man också följer framställningen av råvarorna till kemikalien. Detta har gjorts på grund av att studien i sig är övergripande och inte enbart en LCA-analys. Det skulle bli missvisande om man då det gällde kemikalierna gick tillbaka ända till råvaruuttaget då det inte gjorts med övriga

delar, till exempel kraftvärmeverkets uppbyggnad. Till detta har transport från produktionsplats till kund beräknats. Vad gäller förbrukningen av kemikalier, vatten och energi på kraftvärmeverket vid Växjö Energi AB har bara de mängder tagits med som just förbrukats för reningen av rökgaskondensatet och framställningen av processvatten. Detta för att förbrukningen där inte primärt går till produktion av rökgaskondensat utan till fjärrvärme och elektricitet. På övriga verk har den sammanlagda förbrukningen räknats in.

Ammoniak används för att reducera NO_x i rökgasen och har inget direkt med renandet av rökgaskondensatet att göra. Men då denna rening bidrar till den höga ammoniumhalten i rökgaskondensatet och då reningen av rökgaskondensat i sig är ett steg i reningen av rökgas så har den här tagits med i studien. Dock görs separata beräkningar där ammoniak ej tas med.

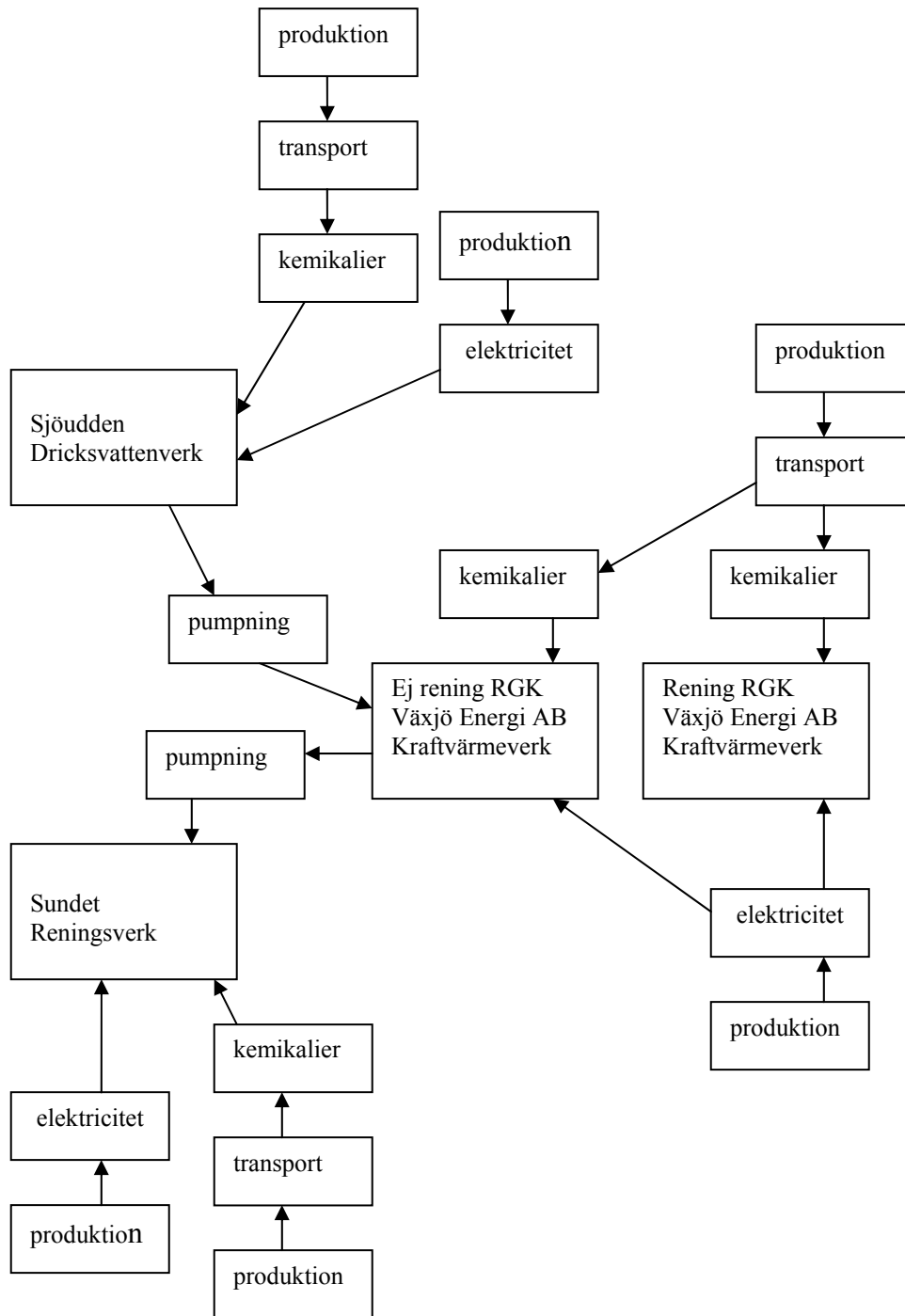
För kemikalierna och produkterna melass och Foamaster ENA 389 som används på reningsverket samt polymer som använts på vattenverket saknas data.

På grund av tidsbrist har inga emissioner till vatten eller luft tagits upp i LCA-studien. Emissioner till vatten tas upp i studien över utsläppet till Trummen (se kapitel 6), dock ej för utsläpp vid kemikalieproduktion eller de två andra verken.

Den geografiska avgränsningen för studerade effekter på omgivande miljö är kraftvärmeverket och Växjösjöarna. För övriga verk och processer har endast produktionen av kemikalier samt energiförbrukning via transport till verken tagits med, alltså inga vidare effekter på miljön kring produktionsställen eller transportvägar.

Den miljömärkta elen som används vid Sjöudden och Sundet kommer från i snitt 95% vattenkraft och 5 % vindkraft (Christer Ohlin, personlig kontakt). I studien har detta för enkelhetens skull räknats på som 100 % vattenkraft.

De emissioner av växthusgas som har tagits i beräkning är de för den använda elen på verken, för transporten av kemikalier från fabrik till de olika verken samt för den förbrukade elen för kemikalieproduktionen.



Figur 5 Schema över det studerade systemet (rgk = rökgaskonensat).

5.3 INVENTERINGSDATA

5.3.1 Växjö Energi AB

Energianvändning

Växjö Energi AB använder sig av svensk medelrel på sitt kraftvärmeverk. För mer utförliga uträkningar, se bilaga I.

Dricksvattenuppvärmning

För uträkning av uppvärmning av vatten används följande samband

$$Q = c_p \times \rho \times V \times \Delta T$$

c_p (värmekapaciteten för vatten vid olika tillstånd) ges av

T < 100°C	4190 J/kg°C
T = 100°C	2270 J/kg
T > 100°C	2030 J/kg°C

och ρ (densitet vatten)

T = 10°C	1000 kg/m ³
----------	------------------------

Det inköpta processvattnet har en total vikt på $\rho \times 18968 (7^\circ\text{C}) = 18\,968\,000$ kg varvid samma densitet används för samtliga aggregationstillstånd.

V (volym) är den totala volymen vatten som värms upp.

ΔT (antal grader som vattnet värmts) delas upp i de olika aggregationstillstånden då det krävs olika mycket energi för att värma upp vatten i formen vatten och gas.

För data om förbrukad mängd dricksvatten samt energiåtgång vid uppvärmning av vatten som ska användas som processvatten se tabell 3.

Tabell 3 Energiåtgång per år för dricksvattenuppvärmning på Växjö Energi AB (siffrorna gäller för 2007).

Total mängd inköpt dricksvatten (m ³)	37935 ^a
Mängd vatten inköpt för att användas som processvatten (m ³)	18968 ^a
Energiåtgång uppvärmning processvatten 8,5 till 42,5°C (MJ)	2 702 000 ^b
Energiåtgång uppvärmning processvatten 42,5 till 154°C (MJ)	6 692 000 ^b
Total energiåtgång uppvärmning 8,5 till 154°C (MJ)	9 394 000 ^b

^aBjörn Axberg, personlig kontakt, ^begen uträkning, se bilaga I

Fas 1

Verket är i full drift under i snitt 7 månader under ett år, 2 månader går det på en tredjedels drift och 3 månader sommartid är det ingen drift alls. Detta ger att det totala antalet timmar som reningen kommer vara igång med full effekt är 5520 timmar. Den årliga energiförbrukningen beräknas genom att multiplicera den genomsnittliga effekten för installationen med antal timmar som reningen är i drift per år (resultatet visas i tabell 4).

Tabell 4 Energiförbrukning per år Fas 1.

Normal drift för Fas 1	10 kW ^a
Energiförbrukning per år	198 720 MJ

^aMilan Teppler, personlig kontakt

Fas 2

På samma sätt som energiförbrukningen för Fas 1 så beräknas den på 5520 timmars normal drift per år (se tabell 5).

Tabell 5 Energiförbrukning per år Fas 2.

Normal drift för Fas 2	35 kW ^a
Energiförbrukning per år	695 520 MJ

^aMilan Teppler, personlig kontakt

Kemikalieanvändning VEAB

Kemikalieförbrukningen som sker idag, innan Fas 2 installerats, är natronlut och saltsyra för reningen av dricksvatten. Installationen av Fas 1 har inte krävt någon extra kemikalieförbrukning och natronlut är den enda kemikalie som brukas för att rena rökgaskondensatet innan det släpps på det kommunala avloppsnätet. För rening i Fas 2 används kemikalierna natronlut samt svavelsyra. Förbrukningen av ammoniak förändras inte då det tillhör reningen av rökgasen. En överblick av kemikalieförbrukningen på VEAB ges i tabell 6.

Tabell 6 Kemikalieförbrukning per år på Växjö Energi AB:s kraftvärmeverk för rening av dricksvatten samt rökgaskondensat.

Kemikalienamn	Funktion	Använd mängd (kg/år)
<i>Dricksvattenrening</i>		
Natronlut	pH-justerare	140 14 ^a
Saltsyra	pH-justerare	1989 ^a
<i>Rökgasrening</i>		
Ammoniak	NO _x -reducerare	3 450 00 ^a
<i>Rening rökgaskondensat, innan installering Fas 2</i>		
Natronlut	jonbytare	598 78 ^a
<i>Rening rökgaskondensat, Fas 2 installerad</i>		
Natronlut	pH-justerare	458 64 ^b
Svavelsyra	pH-justerare	135 00 ^b

^a Anders Björnberg, personlig kontakt

^b Forsell, 2007b

Naturresursförbrukning VEAB

Den naturresurs som förbrukas direkt på verket för reningen av rökgaskondensat är inköpt vatten (se tabell 7).

Tabell 7 Naturresurser som per år förbrukas för rening av rökgaskondensat på VEAB (Anders Björnberg, personlig kontakt).

Rent vatten brukat till processvatten (m ³)	18968
---	-------

5.3.2 Sjöuddens vattenverk

Energianvändning

För data om energiförbrukning på reningsverket se tabell 8.

Tabell 8 Total energiförbrukning per år på Sjöudden år 2007 (Jens Olsén, personlig kontakt).

	Energiförbrukning (MJ)
Elförbrukning Vattenverket	9 464 700
Värmepump	91 200
Vattentorn	296 100
Total elförbrukning för Sjöudden	9 768 540
Energiförbrukning eldningsolja	1 187 000

Kemikalieanvändning

Kemikalier som används på Sjöuddens vattenverk är PAX XL-100, kalk slurry, kolsyra, klor, lut och polymer. Funktion, verksam substans och mängd presenteras i tabell 9.

Tabell 9 Total kemikalieförbrukning Sjöudden år 2007 (Jens Olsén, personlig kontakt).

Funktion	Kemikalienamn	Verksam substans	Använd mängd (kg/år)
Fällningskemikalie	PAX XL-100	Polyaluminiumklorid	146 560
Hårdgörare	Kalk slurry	Kalksten	234 630
Alkalitetshöjare	Kolsyra	Koldioxid	194 355
Desinficerare	Klor	Natriumhypoklorit	20 857

pH-justerare	Lut	Natriumhydroxid	252 386
	Polymer		50

Naturresursanvändning

År 2007 pumpades 5 408 083 m³ vatten ut till det kommunala nätet i Växjö kommun. 5621674 m³ råvatten pumpades i sin tur upp på vattenverket för produktionen av detta vatten. Vattnet kommer från ytvattenuttag. En viss mängd eldningsolja används också här som reservenergikälla (för sammanställning av förbrukning naturresurser på vattenverket se tabell 10).

Tabell 10 Naturresursförbrukning per år på Sjöuddens vattenverk (Jens Olsén, personlig kontakt).

Förbrukad mängd råvatten (m ³)	5 621 670
Intern renvattenförbrukning (m ³)	483 060
Förbrukning eldningsolja (m ³)	33,6

5.3.3 Sundets reningsverk

Energianvändning

Energiförbrukningen på avloppspumpstationen vid VEAB samt huvudpumpstationen vid Sundet var sammanlagt 2152919 MJ år 2007. Den inköpta elen till reningsverket var samma år 7943943 MJ. Totalt förbrukades 10096862 MJ år 2007 för rening samt pumpning av Växjö Energi AB:s avloppsvatten (detta baserat på den procentuella del som kraftvärmeverkets vatten utgjorde av den totala delen inkommande avloppsvatten). På verket förbrukades även 57395 MJ från en reservkraft driven av eldningsolja. En sammanställning av energiförbrukningen på reningsverket ges i tabell 11.

Tabell 11 Total energiförbrukning per år på Sundets reningsverk år 2007 (Växjö kommun, 2008).

Elförbrukning Sundet (MJ)	2 206 651
Avloppspump VEAB (MJ)	8046
Huvudavloppspump Sundet (MJ)	589 987
Total elförbrukning (MJ)	2 804 684
Energiförbrukning eldningsolja (MJ)	477 256

Kemikalieanvändning

På Sundets reningsverk används kemikalierna Quickflock, PIX-118, PAX XL-215, Zetag 7634, Melass, Foamaster ENA 389 och SNF Nordic Nordfloc c-51. Funktion, verksam substans och använd mängd presenteras i tabell 12.

Tabell 12 Kemikalieförbrukning per år på Sundets reningsverk 2007 (Växjö kommun, 2008).

Funktion	Kemikalienamn	Verksam substans	Använd mängd (kg/år)
Flockbildare	Quickflock	Järnsulfat	719 200
Flockbildare	PIX-118	Järnklorid	14 500
Flockbildare	PAX XL-215	Aluminiumklorid	404 400
Slambehandlare	Zetag 7634	Polyakrylamid	4200
Energi bakterier	Melass	Socket	43 950
Skumkontrollerare	Foamaster ENA 389	fettsyrestrar, vegetabilisk olja, silikon och paraffin	875
Slamavvattnare	SNF Nordic Nordfloc c-51	Polyakrylamid ^a	21 130

^aUlf Nilsson, personlig kontakt

Naturrensursanvändning

De naturresurser som förbrukas direkt på Sundets reningsverk är inköpt vatten och eldningsolja (se tabell 13).

Tabell 13 Naturrensursförbrukning per år på Sundets reningsverk (Växjö kommun, 2008).

Intern renvattenförbrukning (m ³)	26 960
Förbrukning eldningsolja (m ³)	13,5

5.4 ANALYS AV ENERGIFÖRBRUKNING

VEAB köpte år 2007 in 18 968 m³ vatten från Sjöuddens vattenverk. Detta är ca 0,35 % av den årliga produktionen dricksvatten på verket. Det ger en energiförbrukning på 34261 MJ från el och 4163 MJ från eldningsolja för just Växjö Energi AB:s inköpta vatten.

VEAB:s utsläppta processvatten stod för 1,33 % av det totala årsflödet på Sundets reningsverk 2007, vilket ger en total energiförbrukningen på reningen av detta vatten på 134 293 MJ från miljömärkt el inköpt från Östkraft och 763 MJ från inköpt eldningsolja.

5.4.1 Alternativ 1

Energiförbrukningen för Alternativ 1 avser uppvärmning av dricksvatten på kraftvärmeverket, drift av Fas 1, dricksvattenproduktion på vattenverket samt energiåtgång för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 14).

Tabell 14 Energiförbrukning Alternativ 1 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Processteg	Energiförbrukning (MJ)
VEAB	Uppvärmning dricksvatten	9 394 100
	Fas 1	182 200
Sjöudden	Dricksvattenproduktion	
	<i>Elförbrukning</i>	34 300
	<i>Energiförbrukning oljeeldning</i>	4200
Sundet	Rening processvatten	
	<i>Elförbrukning</i>	148 800
	<i>Energiförbrukning oljeeldning</i>	800

5.4.2 Alternativ 2

Energiförbrukningen för Alternativ 2 avser uppvärmning av dricksvatten på kraftvärmeverket, drift av Fas 1, drift av Fas 2, dricksvattenproduktion på vattenverket samt energiåtgång för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 15).

Tabell 15 Energiförbrukning Alternativ 2 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Processteg	Energiförbrukning (MJ)
VEAB	Uppvärmning dricksvatten	9 394 100
	Fas 1	182 200
	Fas 2	637 600
Sjöudden	Dricksvattenproduktion	
	<i>Elförbrukning</i>	34 300
	<i>Energiförbrukning oljeeldning</i>	4200

Sundet	Rening processvatten	
	<i>Elförbrukning</i>	148 800
	<i>Energiförbrukning oljeeldning</i>	800

5.4.3 Alternativ 3

Energiförbrukningen för Alternativ 3 avser uppvärmning av dricksvatten, drift av Fas 1 och drift av Fas 2 på kraftvärmeverket samt energiåtgång för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 16).

Tabell 16 Energiförbrukning Alternativ 3 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Processteg	Energiförbrukning (MJ)
VEAB	Uppvärmning dricksvatten	6 692 000
	Fas 1	182 200
	Fas 2	637 600
Sundet	Rening processvatten	
	<i>Elförbrukning</i>	148 800
	<i>Energiförbrukning oljeeldning</i>	800

5.4.4 Alternativ 4

Energiförbrukningen för Alternativ 4 avser uppvärmning av dricksvatten, drift av Fas 1 och drift av Fas 2 på kraftvärmeverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 17).

Tabell 17 Energiförbrukning Alternativ 4 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Processteg	Energiförbrukning (MJ)
VEAB	Uppvärmning dricksvatten	6 692 000
	Fas 1	182 160
	Fas 2	637 560

5.5 ANALYS KEMIKALIEFÖRBRUKNING

Den totala förbrukningen av kemikalier som beräknas för rening av processvatten har på kraftvärmeverket baserats på den mängd som används direkt för rening. På de två övriga verken har belastningen för reningen av rökgaskondensat beräknats utifrån mängden vatten som renats/producerats i proportion till den totala mängden vatten som behandlas på respektive verk. För uträkningar se bilaga IV.

5.5.1 Alternativ 1

Kemikalieförbrukningen för Alternativ 1 avser kemikalier använda för rening av dricksvatten och rening av rökgas på kraftvärmeverket, produktion av dricksvatten på vattenverket samt för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 18).

Tabell 18 Kemikalieförbrukning Alternativ 1 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Kemikalie	Förbrukning (kg)
VEAB	Natronlut	73 892
	Saltsyra	10 530
	Ammoniak	345 000
Sjöudden	Kol	73,2
	Krita slurry	823
	Koldioxid	682
	PAX XL-100	514
	Natriumhydroxid	885
	Polymer	0,2
Sundet	Quickflock	10 600
	PIX-118	214
	PAX XL-215	5960
	Zetag 7634	61,9
	SNF Nordic Nordfloc C-51	311
	Melass	648
	Foamaster ENA 389	12,9

5.5.2 Alternativ 2

Kemikalieförbrukningen för Alternativ 2 avser kemikalier använda för rening av dricksvatten, rening vid Fas 2 och rening av rökgas på kraftvärmeverket, produktion av dricksvatten på vattenverket samt för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 19).

Tabell 19 Kemikalieförbrukning Alternativ 2 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Kemikalie	Förbrukning (kg)
VEAB	Natronlut	59 878
	Saltsyra	1989
	Svavelsyra	13 500
	Ammoniak	345 000
Sjöudden	Kol	73,2
	Krita slurry	823
	Koldioxid	682
	PAX XL-100	514
	Natriumhydroxid	885
	Polymer	0,2
	Sundet	Quickflock
PIX-118		214
PAX XL-215		5960
Zetag 7634		61,9
SNF Nordic Nordfloc C-51		311
Melass		648
Foamaster ENA 389		12,9

5.5.3 Alternativ 3

Kemikalieförbrukningen för Alternativ 3 avser kemikalier använda för rening av processvatten vid Fas 2 och rening av rökgas på kraftvärmeverket samt för reningen av avloppsvattnet på reningsverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 20).

Tabell 20 Kemikalieförbrukning Alternativ 3 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Kemikalie	Förbrukning (kg)
VEAB	Natronlut	45 864
	Svavelsyra	13 500
	Ammoniak	345 000
Sundet	Quickflock	10 600
	PIX-118	214
	PAX XL-215	5960
	Zetag 7634	61,9
	SNF Nordic Nordfloc C-51	311
	Melass	648
	Foamaster ENA 389	12,9

5.5.4 Alternativ 4

Kemikalieförbrukningen för Alternativ 4 avser kemikalier använda för rening av processvatten och vid Fas 2 och rening av rökgas på kraftvärmeverket (siffror för de olika aspekterna ges i tabell 21).

Tabell 21 Kemikalieförbrukning Alternativ 4 (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Kemikalie	Förbrukning (kg)
VEAB	Natronlut	45 864
	Svavelsyra	13 500
	Ammoniak	345 000

5.6 NATURRESURSER

Naturresurser avser här förbrukning av dricksvatten samt olja direkt på verken. Dricksvatten och olja som ej används till rening av rökgaskondensat tas ej upp för VEAB (se *Systemgränser*, Kapitel 6.2). På övriga verk har mängden naturresurser som brukas

beräknats utifrån rökgaskondensatet och processvattnets procentuella del av den totala vattenreningen och vattenproduktionen. Förbrukningen av naturresurser på de olika verken ges i tabell 22.

Tabell 22 Naturresursförbrukning på de tre verken för produktion dricksvatten samt rening av processvatten (för beräkningar se bilaga IV).

Plats	Naturresurs	Förbrukning (kg)
VEAB	Inköp dricksvatten	18 929 570
Sjöudden	Internförbrukning dricksvatten	19 717
	Förbrukning eldningsolja	99
Sundet	Internförbrukning dricksvatten	396 542
	Förbrukning eldningsolja	167

5.7 RESULTAT

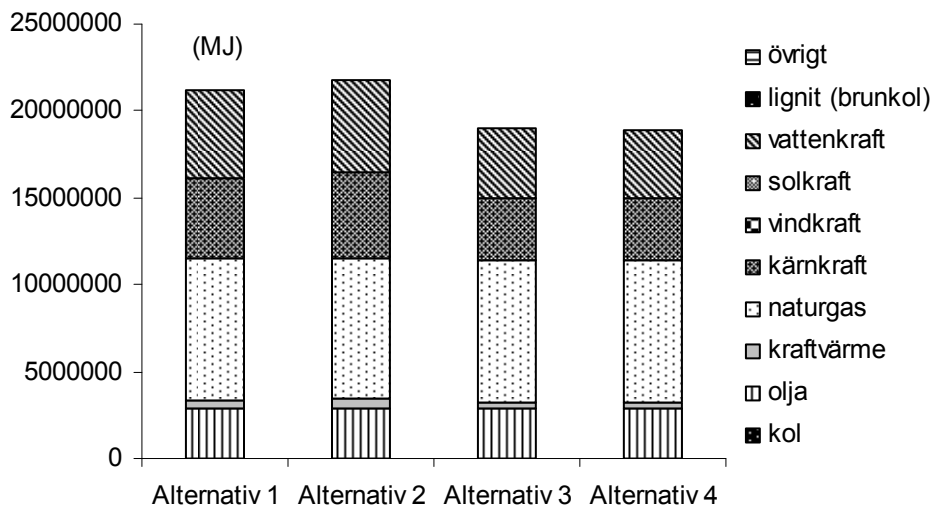
5.7.1 Energiförbrukning

Totalt sett, med både kemikalie- och energiförbrukning på verken inräknade, skulle energiförbrukningen minska med cirka 2 350 000 MJ per år vid installation av rening av rökgaskondensat på Växjö Energi AB. Då är även återanvändandet av processvatten samt utsläpp av processvatten till recipient istället för kommunala reningsverket inräknat. En sammanställning av energibesparingarna vid de olika alternativen ges i tabell 23.

Tabell 23 Total energiförbrukning för de fyra olika alternativen (för beräkningar se bilaga IV).

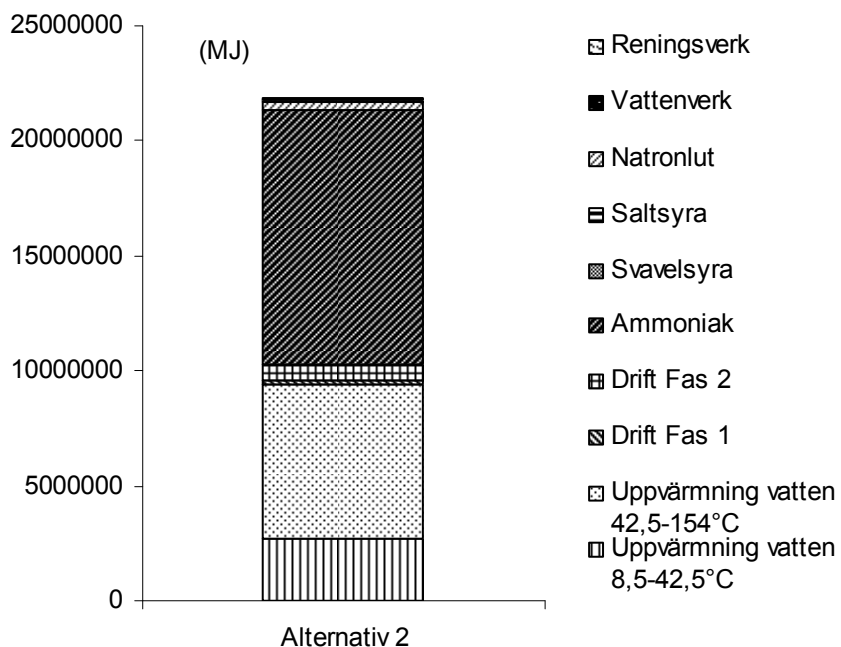
Total energiförbrukning	(MJ)	Förändring jämfört med alternativ 1 (MJ)
<i>Alternativ 1</i>	21 207 700	
<i>Alternativ 2</i>	21 830 900	+ 623 200
<i>Alternativ 3</i>	18 994 800	- 2 213 000
<i>Alternativ 4</i>	18 855 500	- 2 352 200

Detta illustreras med figur 6.



Figur 6 Total energiförbrukning för de fyra alternativen.

En uppdelning av energiförbrukningen för Växjö Energi AB:s kraftvärmeverk visar att användningen av ammoniak samt uppvärmningen av vatten från värmenivå på förbrukat processvatten till brukbart processvatten är de två största energiförbrukarna (se figur 7). Att inte värma upp dricksvatten från 7-8 °C till värmenivån på förbrukat processvatten som i snitt ligger på 42,5 °C sparar in 2702110 MJ.

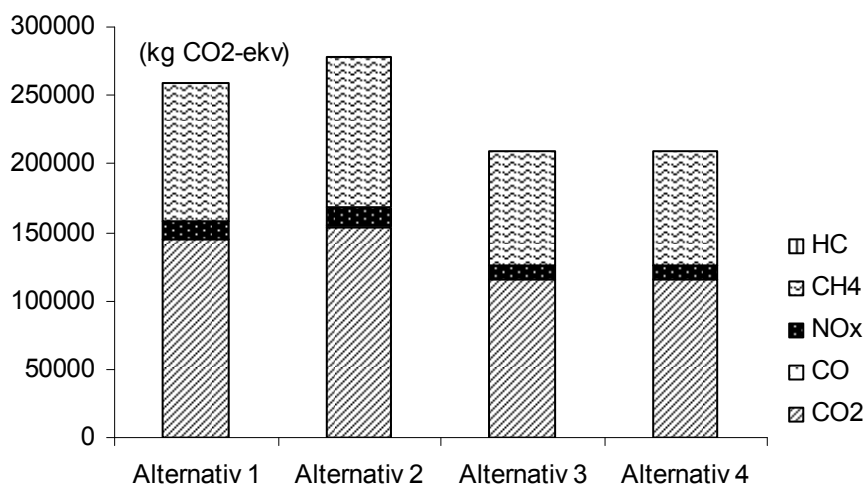


Figur 7 Processtegen som förbrukar energi i de olika processtegen.

Tittar man på den totala energiförbrukningen för de olika alternativen ser man att energiförbrukningen för produktionen av dricksvatten på vattenverket samt reningen av processvattnet på reningsverket utgör en marginell del av den totala energiförbrukningen på VEAB.

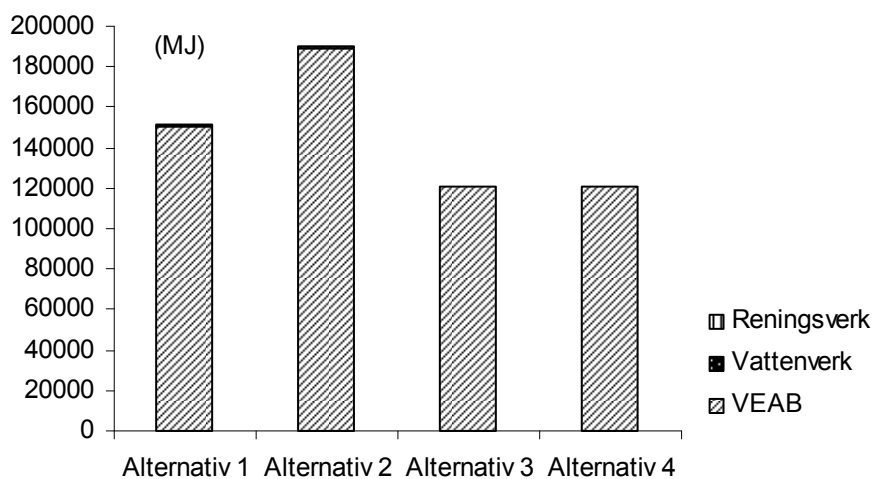
5.7.2 CO₂-bidrag

Klimatverkan redovisas här som CO₂-ekvivalenter (se figur 8). Totalt sett minskar bidraget till växthuseffekten med 30 600 CO₂-ekvivalenter mellan Alternativ 1 och Alternativ 4.



Figur 8 CO₂-bidrag från de fyra olika alternativen.

Om man delar upp bidraget av växthusgaser på de olika verken ser man att största bidraget kommer från processerna vid kraftvärmeverket (se figur 9).



Figur 9 Totala bidraget växthusgaser (CO₂-ekvivalenter) uppdelat på de tre verken för samtliga fyra alternativ.

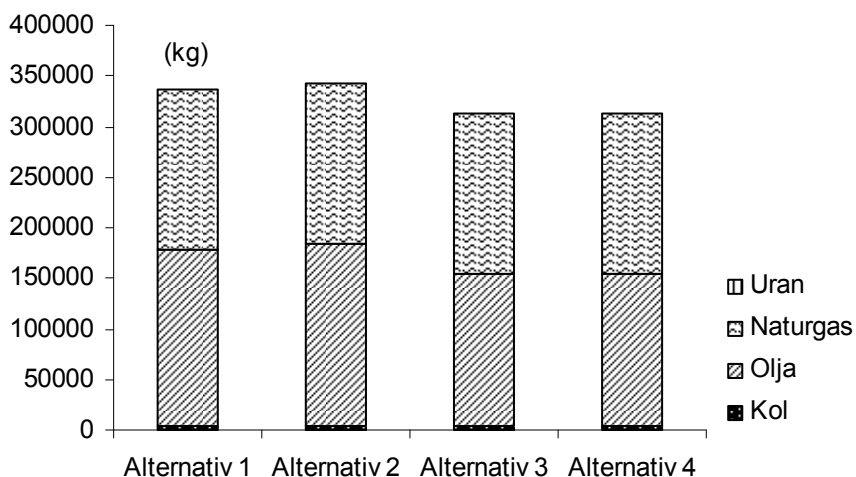
5.7.3 Naturresurser

Den totala förbrukningen av olja, direkt på verken samt vid produktion och transport av kemikalier, skulle minska med 23 000 kg vid en övergång från Alternativ 1 till Alternativ 4. Vidare minskar förbrukningen av kol totalt med 90 kg och förbrukningen av naturgas minskar med 590 kg. För siffror över förändringar i förbrukningen av olja, kol, naturgas och uran se tabell 24.

Tabell 24 Förändring i förbrukning av olja, kol, naturgas och uran mellan de olika alternativen (för beräkningar se bilaga IV).

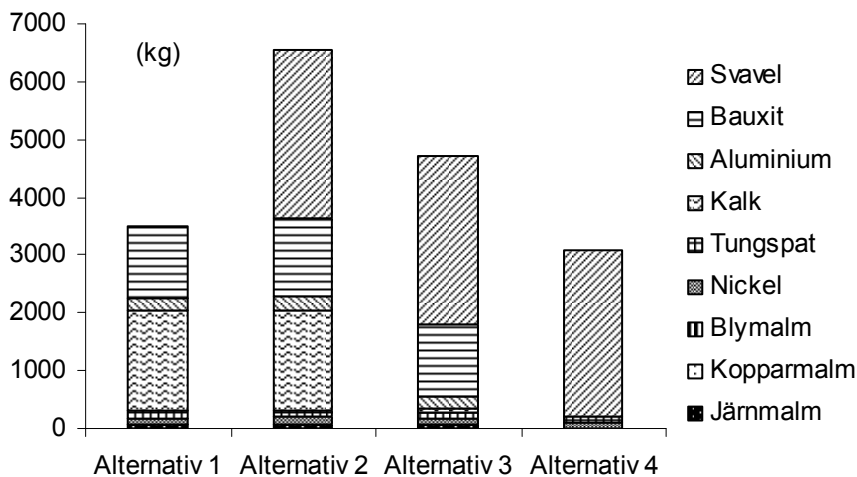
Förbrukningsförändring (jämfört med alternativ 1)	(kg)
Olja	
Förbrukning Alternativ 1	173 200
<i>Alternativ 2</i>	+ 7200
<i>Alternativ 3</i>	-22 700
<i>Alternativ 4</i>	-23 000
Kol	
Förbrukning Alternativ 1	4800
<i>Alternativ 2</i>	<i>ingen förändring</i>
<i>Alternativ 3</i>	-100
<i>Alternativ 4</i>	-100
Naturgas	
Förbrukning Alternativ 1	158 500
<i>Alternativ 2</i>	+200
<i>Alternativ 3</i>	-600
<i>Alternativ 4</i>	-600
Uran	
Förbrukning Alternativ 1	40
<i>Alternativ 2</i>	+3
<i>Alternativ 3</i>	-9
<i>Alternativ 4</i>	-9

En mer överskådlig bild av förändringen i förbrukningen av icke-förnyelsebart bränsle ges i figur 10.



Figur 10 Förbrukningen av uran, naturgas, olja, kol och biomassa för de fyra alternativen.

Bidragen till förbrukning av grundämnen och mineraler kommer från produktionen av kemikalier, med undantag för uranet. Mineral och grundämnen som förbrukas är svavel, bauxit, aluminium, kalk, tungspat, nickel, kopparmalm, järnmalm samt blymalm (för en överskådlig bild se figur 11).

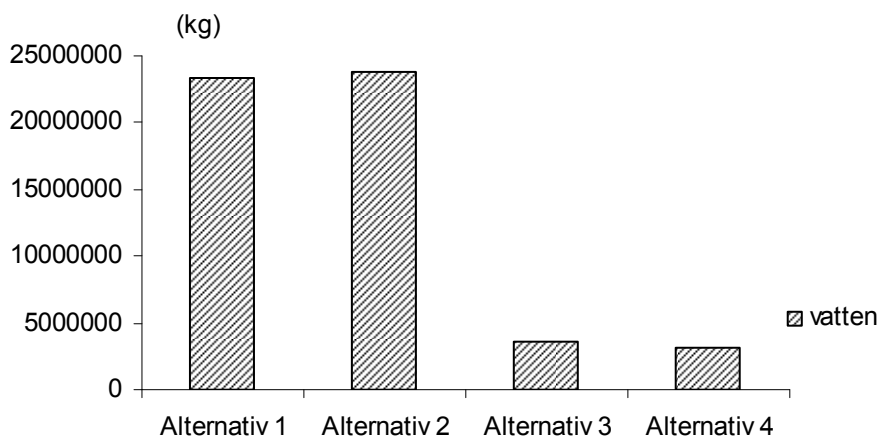


Figur 11 Åtgång av de ändliga naturresurserna vid de fyra alternativen.

Kalken kommer till största del från den krita man använder på vattenverket för att justera pH på vattnet. Det eventuella utbytet till svavelsyra på VEAB skulle bidra till åtgången på svavel (förutom en liten del som kommer från tillverkningen av kemikalien PAX XL-215

som används på reningsverket). Åtgången av bauxit kommer även den från tillverkningen av PAX XL-215 som används på reningsverket.

Även förbrukningen av vatten är något som minskar betydligt (se figur 12).



Figur 12 Förbrukningen av vatten vid de fyra alternativen.

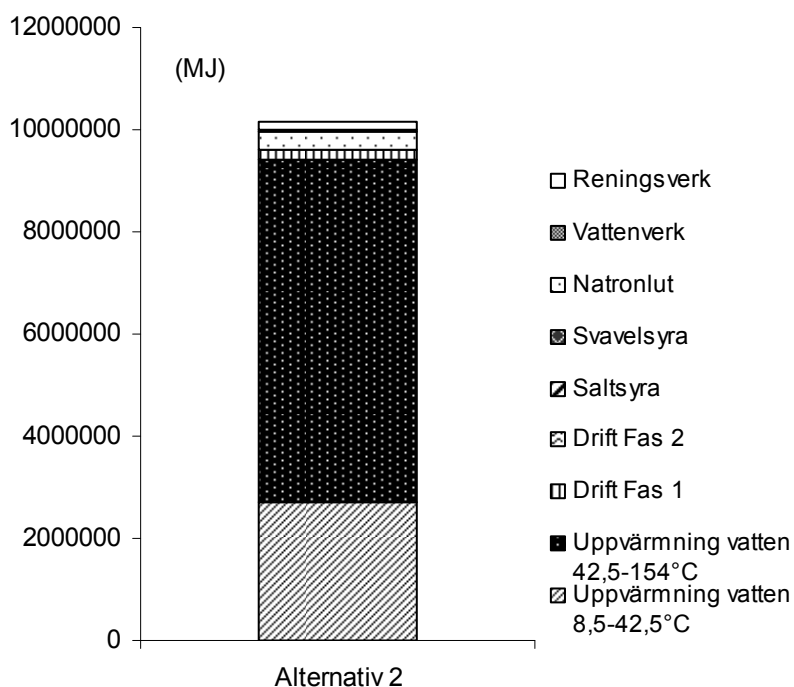
5.7.4 Energi- och resursförbrukning med ammoniak borträknat

Då ammoniak endast används för reningen av rökgas har den inte direkt med reningen av rökgaskondensat att göra. Därför görs här en studie över hur förbrukningen av naturresurser och energi ser ut även utan ammoniak inräknat i de olika alternativen.

Användandet av Ammoniak på VEAB bidrar med vardera (kg)

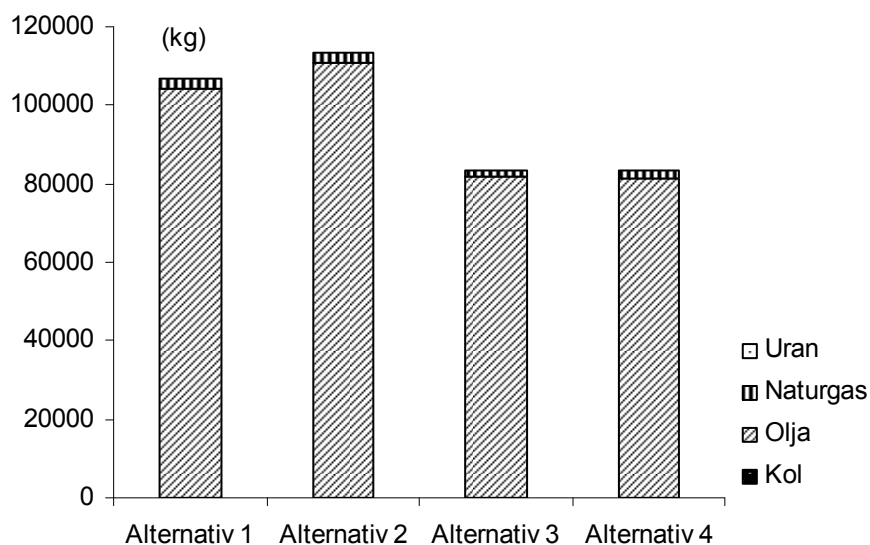
Olja	68 800
Kol	4700
Naturgas	156 100
Uran	0,34

Fördelningen över energiförbrukningen för olika processteg då ammoniak räknats bort ges i figur 13.



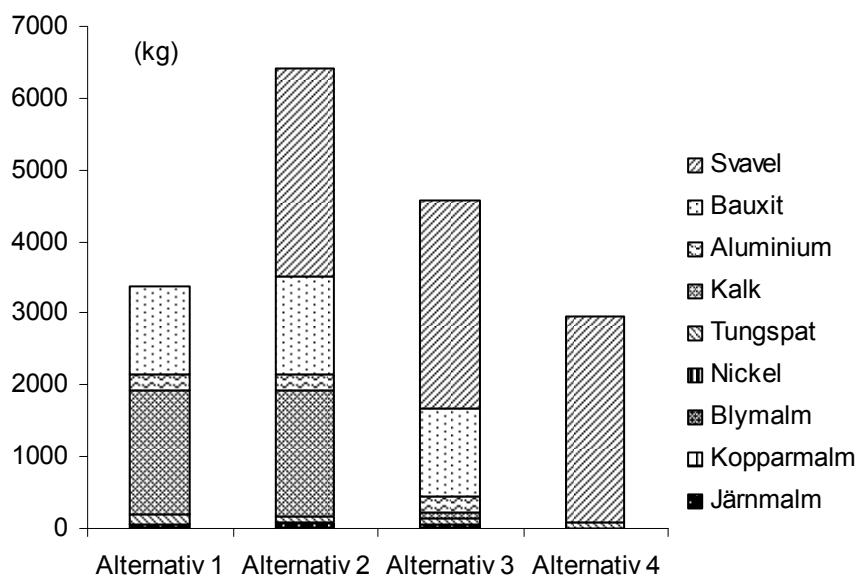
Figur 13 Processteg som förbrukar energi där förbrukning av ammoniak är borträknad.

Förbrukningen av icke-förnyelsebara bränslen ges i figur 14.



Figur 14 Förbrukning av icke-förnyelsebart bränsle där användning av ammoniak är borträknad.

Förbrukningen av naturresurser för samtliga alternativ när ammoniak räknats bort ges i figur 15.



Figur 15 Förbrukning av naturresurser där användningen av ammoniak är borträknad.

6. PÅVERKAN AV UTSLÄPP

6.1 STUDIE AV UTSLÄPP TILL TRUMMEN

Det finns inga generella bindande krav vad gäller utsläpp av vattenföroreningar från förbränningsanläggningar (Naturvårdsverket, 2005). Dock ska de krav som följer av miljöbalken och myndigheternas beslut följas där bl a miljö kvalitetsmålen säger att utsläppsvärden ska ligga så nära bakgrundsvärden som möjligt.

För att studera ett eventuellt utsläpp till recipient av det renade rökgaskondensatet till sjön Trummen har två aspekter studerats:

- 1) Hur stort är bidraget från det renade rökgaskondensatet som skulle släppas ut i sjön Trummen jämfört med övriga bidrag till sjön (som det ser ut idag)?
- 2) Hur stor del av bidragen från det renade rökgaskondensatet kommer att nå Norra Bergundasjön efter upptag och sedimentering i Växjösjöarna jämfört med rening via Sundets reningsverk?

Då beräkningar på retention i Växjösjöarna ej fanns att hitta för några tungmetaller, kväve eller fosfor begränsades studien till att titta på ett mindre antal ämnen. Kadmium valdes för

att det är en tungmetall som visserligen visat minskade halter i Sverige, men som fortfarande tillförs naturen. Kadmium är en tungmetall med stor skadeverkan för biologiskt liv i akvatiska miljöer.

Mycket av miljöarbetet idag fokuserar på eutrofiering. Om inte en sjö är starkt eutrofierad anses fosfor idag vara det begränsande näringsämnet. Dock är det fortfarande viktigt att se till att begränsa utsläppen av kväve, speciellt i detta fall då som Växjösjöarna ligger i Mörrumsåns avrinningsområde vilket leder till utsläpp i södra Östersjön. På grund av detta och att det renade rökgaskondensatet inte bidrar till några utsläpp av fosfor studeras förutom kadmium även kväve i detta arbete.

Mörrumsåns Vattenvårdsförbund och deras omfattande provtagningar har varit till stor hjälp för att överblick över flöden samt kväve- och kadmiumkoncentrationer i Växjösjöarna. Markanvändningen i avrinningsområdena erhöles från Tekniska förvaltningen (Lars-Göran Bergsman, personlig kontakt) i Växjö och används med hjälp av GIS och programmet ArcView för att beräkna kvävebidraget från omgivande mark. Kväve- och kadmiumläckagekoefficienter för de olika markanvändningstyperna hämtas från StormTac (StormTac, 2008).

6.2 JÄMFÖELSE AV BIDRAGANDE ÄMNEN

För att studera hur stor andel av det renade rökgaskondensatet VEAB står för till sjön Trummen, jämfört med den övriga belastningen på sjön, har data använts som tidigare tagits fram på IVL i samband med arbetet med projektet (Persson et al., 2007). Här har då bidragande värden kunnat jämföras med de totala mängder som når sjön från omgivningen.

6.2.1 Bidrag till sjön Trummen

Här jämförs mängder som det renade rökgaskondensatet bidrar med mot nuvarande belastning på recipienten Trummen.

Värden för Trummens vatten 2002-2004 kommer från den utredning som gjorts på IVL av på uppdrag av Växjö Energi AB (Persson et al., 2007). Beräknade mängder samt andel som det renade rökgaskondensatet skulle bidra med redovisas i tabell 25.

Tabell 25 Halter till Trummen, medel för åren 2002-2004 (Persson et al., 2007)

	VEAB utsläpp avloppsnät 2005 (kg/år)	VEAB efter rening (kg/år)	Belastning på sjön 2002-2004 (kg/år)	Bidragande del från VEAB (%) efter rening
N-tot	2646	135	10700	1,26
Kadmium	0,03308	0,000438	0,403	0,109
Koppar	19,071	0,0219	19,2	0,114
Kvicksilver	0,0726	0,0000876	0,87	0,010
Krom	1,8852*	0,0241	5,64	0,428
Arsenik	0,1467*	0,240	3,29	7,32
Bly	0,639	0,00415	9,42	0,044
Zink	61,195	0,165	92,5	0,179
Nickel	0,5297*	0,0421	5,51	0,765

*från dygnsprov (2007-02-16)

6.3 JÄMFÖRANDE AV RENING MELLAN SJÖARNA OCH RENINGSVERKET

För att studera hur utsläppet av kväve och kadmium påverkar Norra Bergundasjön beroende på om vattnet går med sjövattnet från direkt utsläpp till Trummen eller via reningsverket har retentionsvärden för de två parametrarna uppskattats. På Växjö kommun hade man inga aktuella flödesdiagram eller retentionsberäkningar för vare sig kväve eller kadmium. Retentionsberäkningar som hittades för kväve var samtliga uträknade för sjöarna före restaurering.

Vad gäller kadmium jämfördes retentionen med en referenssjö med liknande egenskaper från en studie om tungmetallsbelastning på sjöar i urbana områden.

Att beräkna en övergripande kvävebudget är svårt då det är många faktorer som påverkar upptag och bidrag av kväve. Förutom inflöden från tidigare sjöar och utflöden till efterliggande sjöar bör man ta hänsyn till diffusa utsläpp från omgivande landskap, in- och utflöden från grundvatten, nitrifikation, denitrifikation samt upptag från atmosfären via kvävefixerande alger. Här fanns årliga mätvärden från ALcontrol AB över kvävehalter vid sjöarnas utlopp. Detta tillsammans med uppgifter om flöden vid dessa utlopp gjorde att årliga in- och utflödesvärden mellan sjöarna kunde beräknas. Vidare beräknades bidrag från nederbörd och diffusa utsläpp. Bidrag via nederbörd beräknades utifrån data om arealerna på sjön och den atmosfäriska depositionen. Bidrag från diffusa utsläpp beräknades utifrån data om markanvändning och avrinning samt data om kvävebidrag från de olika marktyperna.

GIS-data för markanvändningen i kommunen samt data om Växjösjöarnas avrinningsområde erhöles från Stadsbyggnadskontoret på Växjö kommun. Från en terrängkarta med skala 1:50 000 ritades ungefärliga delavrinningsområdena ut och fördes sedan in på ArcView. Därefter klipptes dessa avrinningsområden ut från filen om markanvändning och areorna av de olika marktyperna i de olika delavrinningsområdena kunde beräknas. Dessa data multiplicerades sedan med avrinningskoefficient samt kvävehalt specifik för marktypen (för beräkningar se bilaga V). Data om avrinningskoefficienter samt kvävehalter kom från den Excel-baserade modellen StormTac som har uppdaterade standardkoncentrationer över avrinning från olika marktyper (www.stormtac.com, 2008). Dock gäller dessa koefficienter för ytavrinning och halter som når sjöarna via infiltration genom marken tas här ej med.

Skillnader mellan inkommande och utgående mängder av kväve antas bero på nitrifikation, denitrifikation samt upptag av kväve via kvävefixerande bakterier.

6.3.1 Bidragande del Kadmium

Kadmium, tillsammans med kvicksilver och bly, är utpekade som särskilt farliga ämnen i det nationella miljökvalitetsmålet "Giftfri miljö". Kadmium hämmar tillväxt och överlevnadsgrad hos vattenlevande ryggradslösa djur. Hos fiskar orsakar kadmium bl a blodskador (Vattenportalen, 2008). Kadmium är en metall som fortfarande tillförs våra marker via handelsgödsel och rötslam. Denna tillförsel har minskat de senaste åren men man ser ändå en nettoökning i åkermarker. Det största bidraget kommer idag dock från atmosfäriskt nedfall där globalt sett det största bidraget kommer från förbränning av kol (Kemikalieinspektionen, 2008). Kadmium är också en av de mer rörliga tungmetallerna så risken är stor att metallen når ut i vattendrag.

Då inga data om retentionen av kadmium i sjön Trummen kunde hittas så har istället beräkningen för reningen av sjöarna baserats på retentionen för Ältasjön i Nacka kommun. Ältasjön är en sjö som har liknande egenskaper som Växjösjöarna (se tabell 26). Den har jämförbar ytarea, medeldjup och vindutsatthet (fetch) vilket gör att omblandningen är jämförbar. Vidare är näringshalterna i sjön liknande. Dessa egenskaper är de som till störst del påverkar sedimenteringen av tungmetaller. I en studie för framtagandet av en modell för beräkning av tungmetallsbelastningen på sjöar som domineras av urbant tillflöde och diffusa utsläpp har Ältasjön studerats. Denna studie visar på en kadmiumretention på ca 80 % för Ältasjön (Lindström et al., 2000). Om man räknar med en retention på 80 % för de tre sjöarna som vattnet passerar efter ett utsläpp i sjön Trummen kommer sammanlagt 99,2 % procent av tillförd kadmium att ha sedimenterat innan vattnet når Norra Bergundasjön. Detta kan jämföras med den 65 %-iga kadmiumrening som Sundets reningsverk har.

Tabell 26 Jämförande data över sjöarna Ältasjön och Trummen.

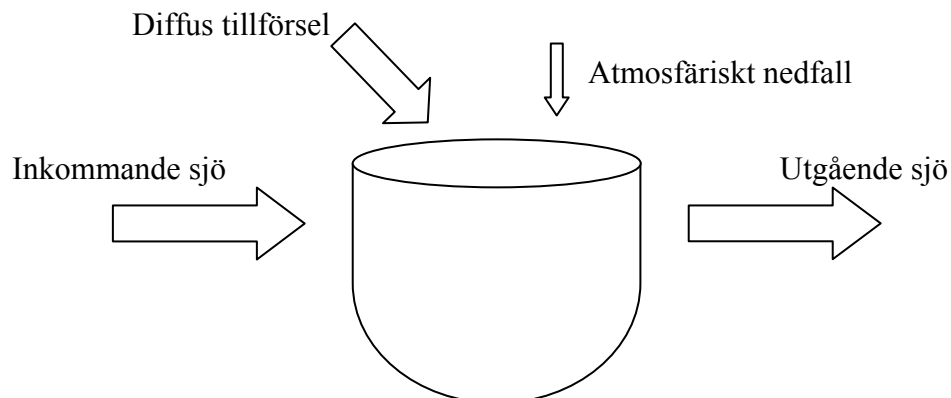
	Ältasjön ^a	Trummen ^b
Ytarea (ha)	79	115
Medeldjup (m)	3,0	1,6
Volym (m ³)	2 310 000	1 260 000
Avrinningsområde (km ²)	4,77	13
Näringstillstånd	näringsrikt	näringsrikt
Siktdjup	Litet till måttligt	Starkt grumligt vatten

^ainfobanken i Nacka, 2008

^bPersson et al., 2007

7.3.2 Bidragande del Kväve

De flöden som studerats för att få en bild av kväveretentionen i Växjösjöarna är ingående vatten, utgående vatten, diffus tillförsel samt atmosfäriskt nedfall (se figur 16).



Figur 16 Kväveflöden för Växjösjöarna medtagna i denna studie.

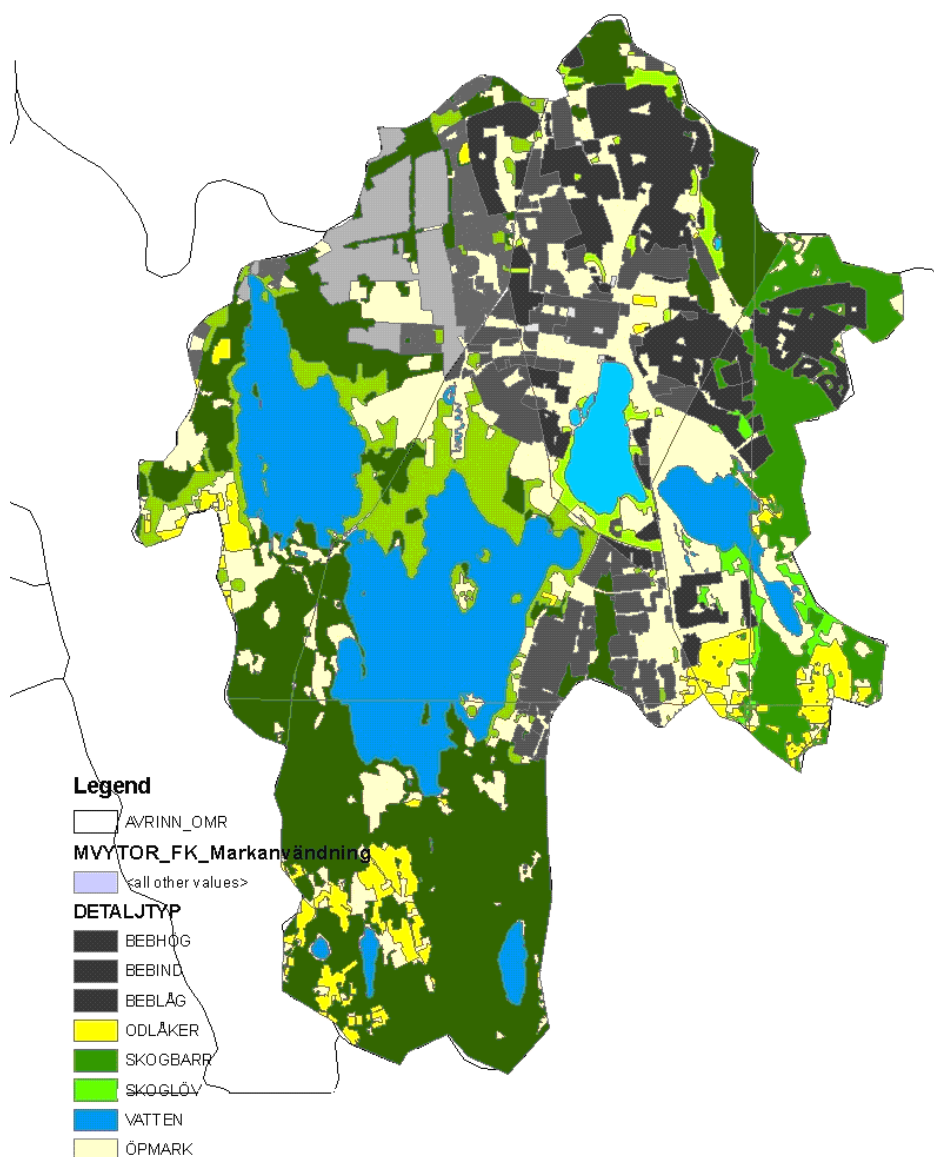
Kväveretentionen beräknades genom följande formel

$$\frac{(IN_{sjö} + atm + diff) - UT_{sjö}}{IN_{sjö} + atm + diff} = retention(\%)$$

Där $retention < 0$ står för en okänd kvävetillförsel (till exempel via tillrinning via mark eller kvävefixering i sjön)

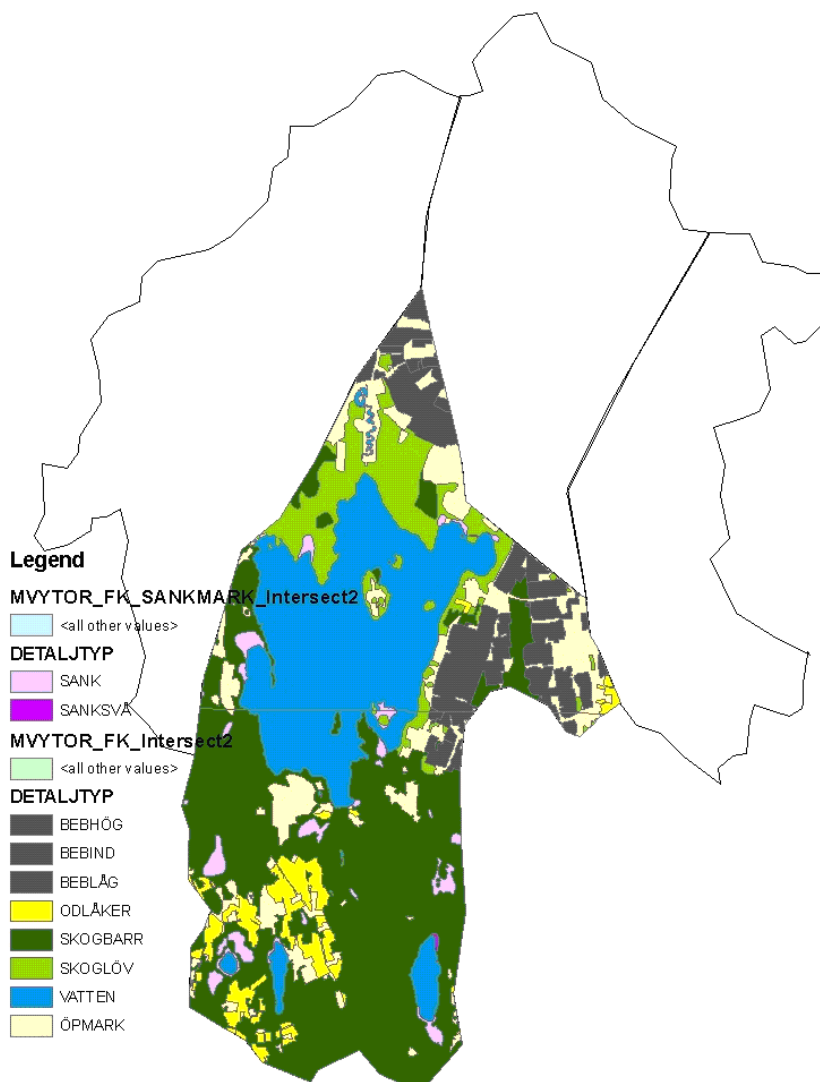
$retention < 0$ står för retention av kväve (denitrifikation, sedimentering och andra upptag)

Den karta som togs fram i ArcView för markanvändningen i Växjösjöarnas avrinningsområde ges i figur 17.



Figur 17 Markanvändningen i Växjösjöarnas avrinningsområde (BEBHÖG = hög bebyggelse, BEBIND = industribyggnader, BEBLÅG = låg bebyggelse, ODLÅKER = odlad åkermark, SKOGBARR = barrskog, SKOGLÖV = lövskog, VATTEN = vatten och ÖPMARK = öppen mark, ej odlad). (tillstånd Tekniska förvaltningen, Växjö kommun)

Med hjälp av GIS kunde också de diffusa utsläppen för de olika delavrinningsområdena beräknas. Exempel på marktyperna för ett av delavrinningsområdena, Södra Bergundasjön, ges i figur 18.



Figur 18 Markanvändningen i Södra Bergundasjöns avrinningsområde (BEBHÖG = hög bebyggelse, BEBIND = industribyggnader, BEBLÅG = låg bebyggelse, ODLÅKER = odlad åkermark, SKOGBARR = barrskog, SKOGLÖV = lövskog, VATTEN = vatten och ÖPMARK = öppen mark, ej odlad). (tillstånd Tekniska förvaltningen, Växjö kommun)

Utifrån data om yta för respektive markanvändningstyp samt läckageschabloner och avrinningskoefficienter kunde det totala diffusa utsläppet beräknas (se bilaga V). Läckageschabloner och avrinningskoefficienter togs från den avrinningsområdesbaserade Excel-modellen StormTac (Stormtac, 2008).

Tabell 27 Kväveflöden och retentionsberäkning för Växjösjöarna (kg N-tot/år).

	IN _{sjö}	UT _{sjö}	atm	diff	retention
Trummen	347 (från Barnsjön)	10700 ^a	630	1050	- 430 %
Växjösjön	10700 ^a	12100 ^a	660	1570	6 %
Södra Bergundasjön	12100 ^a	20000 ^b	3720	1620	- 15 %
Norra Bergundasjön	20000 ^b + 106000 ^c	110000 ^a	1780	1880	15 %

^a Persson et al., 2007^b ALcontrol AB, 2006b^c Växjö kommun, 2008

I de fall där retentionen är negativ, d.v.s. att mängden som går ut ur sjön är större än mängden som går in i sjön, kan detta bero på att något tillskott av kväve som här ej tagits med är av stor relevans. Detta kan vara ett diffust utsläpp som är större än de mängder som använda koefficienterna påvisar eller att tillförseln via marken här är av stor betydelse. Den ökade mängden kväve kan också bero på fall där halten kväve i sjön är liten i förhållande till halten fosfor så att kvävefixerande bakterier gynnas. Detta leder till att kvävehalten ökar. I dessa fall beräknas ingen kväveretention ske för Växjö Energi AB:s utsläpp. Den totala retentionen i sjöarna beräknas då till 6,4 %. Detta kan då jämföras med Sundets kväverening på 64,5 % (Växjö kommun, 2008). Jämför man då det utsläppet på 2646 kg N-tot som VEAB släpper ut till reningsverket idag (se kapitel 7.2.1) skulle det innebära ett utsläpp till Norra Bergundasjön på 939 kg efter reningen på reningsverket. Detta kan jämföras med VEAB:s utsläpp efter rökgaskondensatrening på 135 kg till sjön Trummen vilket i slutändan skulle belasta Norra Bergundasjön med 126 kg.

7. DISKUSSION

7.1 LIVSCYKELANALYS

Resultaten visar att påverkan av produktionen av dricksvatten samt vattenreningen båda är små i jämförelse med energiåtgång för uppvärmning av processvatten på kraftvärmeverket samt kraftvärmeverkets förbrukning av ammoniak. Att inte köpa in dricksvatten sparar direkt in 38 000 MJ per år på vattenverket och att inte rena processvattnet på reningsverket sparar in 150 000 MJ per år på reningsverket. Dock förbrukar reningen via Fas 1 och Fas 2 tillsammans 894 000 MJ per år. Men om man också räknar in energibesparingen i att inte behöva värma dricksvattnet med 2 700 000 MJ per år så sparar man totalt in 1 990 000 MJ (då har kemikalierna inte räknats in). Räknar man även in produktion och transport av kemikalierna som sparas in blir den totala energibesparingen 2 350 000 MJ per år. Totalt sett skulle också CO₂-utsläppet minska med 50 600 kg CO₂-ekvivalenter per år.

Förbrukningen av kopparmalm och blymalm försvinner i Alternativ 4 då dessa bidrag endast kommer från användningen av vattenkraft på reningsverket och vattenverket. Dessa

bidrag kan diskuteras om de ska tas med då de kommer från underhåll av vattenkraftverket, något som inte medtagits då det gäller t ex beräkningen för svensk medel och de verk som räknas in där. Förbrukningen av järnmalm, kalk, bauxit och aluminium, som till största del kommer från tillverkningen av kemikalier använda på vattenverket och reningsverket, upphör också i alternativ 4. Förbrukningen av svavel ökar med 2880 kg per år på grund av införandet av Svavelsyra i Fas 2. Nickel och tungspat minskar inte alls då dessa två kommer från ammoniak- respektive natronluttillverkningen för vilka kemikalier förbrukningen ej ändras.

Förbrukningen av vatten minskar med 20 000 000 kg per år vid jämförelse av alternativ 1 och alternativ 4. Av de 3 200 000 kg som fortfarande förbrukas per år vid alternativ 4 kommer 379 500 kg från ammoniakproduktionen och 658 800 kg från svavelsyreproduktionen.

Vad gäller förbrukningen av förnyelsebart bränsle minskar kolanvändningen endast med 1,9 %, oljeanvändningen med 13 %, naturgasanvändningen med 0,4 % och urananvändningen med 21 % vid en övergång från alternativ 1 till alternativ 4. Att inte kol- och naturgasförbrukningen ändras mer beror på att dessa till största del kommer från produktionen av ammoniak i Polen. Förbrukningen av olja och uran kommer till största del från produktionen av den svenska medel som VEAB köper in.

Eftersom ammoniaken inte används direkt för rening av rökgaskondensatet (syftet med dess användning är att reducera NO_x-halter i rökgasen) kan inräknandet av denna kemikalie diskuteras. Men eftersom behandlingen av rökgasen påverkar rökgaskondensatet med höga halter ammonium, samt att reningen av rökgaskondensat också är ett steg i reningen av rökgas, har den ändå tagits med. Om man skulle bortse från användningen av ammoniak, som produceras i Polen och därmed förbrukar större delar europeisk el med större del icke-förnyelsebart bränsle, skulle kolanvändningen försvinna helt, oljeanvändningen skulle minska med 46 %, naturgasanvändningen skulle minska med 99 % och urananvändningen minska med 1,1%. Av andra naturresurser skulle tungspat och svavel vara de enda som fortfarande förbrukades. Om man skulle räkna bort ammoniakanvändningen skulle även växthusgasutsläppet, i samtliga alternativ, minska ytterligare med 14 000 kg CO₂-ekvivalenter per år.

I resultaten ser man tydligt att de processer som förbrukar mest el, samt även icke-förnyelsebart bränsle, är användningen av ammoniak och uppvärmningen av vatten på kraftvärmeverket. Användandet av ammoniak har nyss diskuterats och man kan även då diskutera elanvändningen på VEAB:s kraftvärmeverk. Skulle de byta till miljömärkt el, som på vatten- och reningsverket, skulle förbrukningen av uran minska med 96 % till 1,3 kg per år vid övergång från alternativ 1 till alternativ 4. Kolförbrukningen skulle öka marginellt med 0,3 %, oljeförbrukningen skulle minska med 53 % och naturgasförbrukningen skulle minska med 1,1 %.

Då livscykelanalysen är en kvantitativ metod så är säkerheten på indata viktig och bör kritiskt granskas för att se till resultatens relevans.

En del kemikalier och produkter har i denna studie inte tagits med då det inte funnits data om deras produktion. Dessa kemikalier och produkter är melass, Quickflock och Foamaster ENA 389 som används på reningsverket och polymer som används på vattenverket. Detta är dock ej något som skulle kunna förändra resultatet nämnvärt då melass kommer från en naturlig råvara (sockerbeta eller sockerrör) och är en biprodukt i tillverkningen av socker. Även Quickflocken (järnsulfat) är en biprodukt som kommer från tillverkningen av titanoxid och bidrar alltså inte direkt till energi- och naturresursförbrukning. Foamaster och polymer används båda i relativt liten skala.

Ytterligare en osäkerhet i indata är de antaganden som gjorts vad gäller produktion och transport. Då det saknas information om var koldioxiden, kalkstenen och polyelektrolyten producerats används här data som erhållits från EcoInvent där produktionen antagits ske i Europa. Svavelsyran, som är en kemikalie som i dagsläget inte används, antogs för eventuellt inköp vara tillverkad i Sverige då det sker tillverkning av svavelsyra på bland annat Kemira i Helsingborg. För polyelektrolyten (en typ av polyakrylamid) fanns bara data för tillverkning från ”vaggan-till-grind”. Då övriga data baserats på ”grind-till-grind” har data om el, vatten och oljeförbrukning för denna kemikalie halverats.

Man bör också räkna in att förändringar kan ske oberoende av hur Växjö Energi AB förändrar sin verksamhet. De olika processstegen vad gäller kemikaliernas produktionssätt, elproduktionen både i Sverige och i Europa kan förändras o s v. På detta sätt kan denna studie snabbt bli inaktuell och känslighetsanalyser borde göras för att se vilka av de olika aspekterna som har störst inverkan på resultatet (detta har inte gjorts i denna studie på grund av tidsbrist). Man kan då speciellt se till säkerheten i data för just denna aspekt.

Vidare visar studien att livscykelanalys är ett lämpligt verktyg att använda vad gäller miljökonsekvensbeskrivningar för ändring av verksamhet. Lämpliga och standardiserade metoder borde utvecklas då man via denna metod får utförliga siffror angående förbrukning av olika parametrar att jämföra vid scenarier där det finns tydliga scenarier att jämföra. Dock bör man inte helt förlita sig på livscykelanalys då den inte är platspecifik och då i sig inte tar hänsyn till helhetsbilden och är känslig på indata.

7.2 UTSLÄPPETS PÅVERKAN PÅ VÄXJÖSJÖARNA

Beräkningar som gjorts visar att det bidrag som kadmium och kväve skulle ge från ett renat rökgaskondensat från Växjö Energi AB:s fjärrvärmeverk är väldigt litet. Totala belastningen på sjön skulle vara 0,109 och 1,26 % av respektive ämne. Man kan också jämföra belastningen med kvävetillförseln via diffusa utsläpp till Trummen från omgivande mark, 2025 kg per år. Då skulle bidragande del från renat rökgaskondensat vara 6,7 %. För övriga bidragande ämnen är det bara arsenik som överstiger 1 % av den totala belastningen på sjön. Arsenik beräknas bidra med 7,3 % av den totala belastningen. Dock är det mest eftersträvansvärda att inga bidrag når Trummen då varje tillskott är ett bidrag och i de flesta fall ackumuleras i sjön och kan nå halter över bakgrundsvärden.

Jämförelsen av rening mellan att vattnet renas i det kommunala avloppsreningsverket och den naturliga rening som sker i sjövattnet i Växjösjöarna visar att kväveretentioner hos

sjöarna skulle rena det utsläppta kvävet med ca 6,4 % mot reningsverkets kväverening på idag 64,5 %. Då det gäller kadmium förväntas kadmiumretentionen i sjöarna vara ca 80 % per sjö vilket skulle ge en total kadmiumretention på 99,2 %. Detta kan jämföras med avloppsreningsverkets kadmiumrening på 65 % och är alltså betydligt bättre.

Totalt sett kan man säga att det är arsenik och kväve som på något sätt skulle vara ett problem vid ett recipientutsläpp till sjön Trummen från kraftvärmeverket. Idag anses inte kväve vara det begränsande näringsämnet i insjöar och därför är det totalfosfor man tittar på för att se till effekter av näringspåverkan i sjöar (Naturvårdsverket, 2007). Dock kan kväve vara begränsande i kraftigt övergödda sjöar. Växjösjöarna anses generellt vara näringsrika, men idag efter restaureringar är det ingen av dem som är övergödd. Resultaten i denna studie visar att det sker en kväveökning i sjöarna, detta beror mest sannolikt på att bidrag via marken här inte tagits hänsyn till, men kan även bero på att då halterna av kväve blir för låga i förhållande till fosforhalten så gynnas kvävefixerande bakterier som fixerar kväve från luften. Vad gäller arsenik bedömdes halterna i sjön vara mycket låga enligt Naturvårdsverkets tidigare bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket, 1999), så 7 % av totala belastningen anses relativt riskfritt. Dock borde ytterligare analyser göras för arsenik då detta värde erhållits från endast ett dygnsprov.

Vid beräkningen av kväveretentionen hos Växjösjöarna så studerades mängder i inflöden, utflöden, atmosfäriskt nedfall samt diffus tillförsel. Vid beräkningen av den diffusa tillförseln användes data från StormTac som är en metod för att beräkna ytavrinning från olika marktyper. Då dessa var de enda data som kunde hittas för specifik avrinning för olika marktyper så fick den diffusa tillförseln vara bestå av ytavrinning. Idealt hade varit att ta med tillförsel som transporterats via marken också.

7.3 KOPPLING TILL DET HÅLLBARA SAMHÄLLET

Under kapitlet om det hållbara samhället utifrån miljömål i Växjö kommun och Kronobergs län, samt de specifika hållbarhetsaspekterna inom fjärrvärme, sammanfattades målen till att:

- Minska förbrukning av fossila bränslen
- Minska förbrukningen elenergi
- Minska utsläppet av växthusgaser
- Minska utsläppen av fosfor
- Minska utsläppen av kväve
- Minska utsläpp av naturfrämmande ämnen till miljön och låta halten naturligt förekommande ämnen ligga så nära bakgrundsvärden som möjligt, speciellt ska spridning av persistenta och bioackumulerande organiska ämnen (som bly och kadmium), ämnen som är cancerframkallande, arvsmassepåverkande och fortplantningsstörande minskas

Totalt sett skulle verksamhetsförändringen leda till att förbrukningen av el skulle minska vid den utökade reningen av rökgaskondensat. Även mindre icke-förnyelsebart bränsle

skulle förbrukas. Förbrukningen av icke-förnyelsebart bränsle skulle minska ytterligare om Växjö Energi AB valde att köpa in miljömärkt el. På samma sätt skulle utsläppen av växthusgaser minska. Då fosfor inte är en beståndsdel i det renade rökgaskondensatet är de utsläppen i detta fall oväsentliga.

På det stora hela skulle man minska tillförseln av naturfrämmande ämnen till miljön samt överstiga normala bakgrundsvärden för naturligt förekommande ämnen då mindre naturresurser skulle förbrukas. Det renade rökgaskondensatvattnet skulle återanvändas och mer ämnen skulle cirkulera istället för att släppas ut. Om man tittar på de direkta utsläppen till Växjösjöarna skulle tillförseln av ämnen i vissa fall minska väsentligt med en införd rening av rökgaskondensat. Till exempel då reningsverkets rening av den studerade tungmetallen kadmium skulle renas bättre av sjöarna än reningsverket. Totalt sett skulle också en mindre mängd kväve nå Norra Bergundasjön då den mängd som skulle släppas direkt i Trummen skulle vara betydligt mindre än den mängd som kvarstår idag efter reningen på reningsverket. För sjön Trummen som är den sjö som direkt skulle påverkas av utsläppet är dock mängderna från det renade rökgaskondensatet en ökning av naturfrämmande ämnen.

Egentligen borde även aspekten om utsläpp till luft tagits med då även detta är en viktig miljöaspekt. Detta gjordes dock inte på grund av tidsbrist. Men för det hållbara samhällets räkning kan man konstatera att rening av rökgaser, vilket rökgaskondensering bidrar till, främjar minskade utsläpp till luft (se kapitel 3.4).

Skulle man titta i ett vidare perspektiv på det hållbara samhället skulle även ekonomiska och sociala aspekter analyseras då dessa också är viktiga bitar för ett hållbart samhälle. Men då detta arbete ligger under ramen för en Miljökonsekvensbeskrivning blir det naturligt att hålla hållbar utveckling från ett miljöperspektiv i fokus.

I Sverige har vi inga problem med tillgången på vatten. Dock bör vi använda vattnet rätt och vara försiktiga så att vattnets kretslopp inte skadas. Till exempel bör vi se till att vi inte låter skadliga ämnen förorena grundvattnet. I Europa kan tillgången på vatten vara ett mer kritisk problem varför vatten som naturresurs tagits med som aspekt i studien.

Vidare anser jag att Livscykelanalys är en metod som på rätt sätt borde användas i arbetet för en hållbar utveckling i större utsträckning och att Miljökonsekvensbeskrivningar borde utvecklas så att de kunde innefatta större fokus på det hållbara samhället.

8. SLUTSATSER

I denna studie har olika alternativ jämförts för införandet av reningsprocess för rökgaskondensat utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Alternativ 1 representerar reningen som den ser ut idag och alternativ 4 hur reningen skulle se ut vid ett slutligt införande av de planerade reningsstegen. Sammanfattningsvis kan vi dra följande slutsatser från de framtagna resultaten.

- 2 350 000 MJ per år skulle sparas in om man ändrade från alternativ ett till alternativ fyra (d.v.s. installerade de nya reningsstegen för rening av rökgaskondensat, återanvände processvattnet och vid behov skickade ut överskottsvatten till recipient).
- Av den totala energiåtgången som återstår vid införandet (alternativ fyra) kommer de största bidragen från uppvärmningen av processvatten och tillverkningen av ammoniak (ca 30 respektive 50 % av den totala energianvändningen).
- Förbrukningen av järnmalm, kopparmalm, blymalm, aluminium, bauxit och kalk upphör helt. Svavelförbrukningen ökar med 2900 kg per år och förbrukningen av tungspat och nickel kvarstår med 74 respektive 120 kg.
- Förbrukningen av vatten minskar med 20 200 000 kg per år från 23 400 000 kg till 3 200 000 kg vid jämförelse mellan alternativ ett och alternativ fyra.
- Om man räknar bort ammoniak användningen minskar kolförbrukningen till noll vid alternativ fyra, naturgasförbrukningen minskar med 99 % och oljeförbrukningen minskar med 46 %. Uranförbrukningen skulle minska med 1,1 %.
- Om VEAB skulle köpa in miljömärkt el istället för svensk medel el som idag, skulle uranförlukningen minska med ytterligare 96 % vid alternativ fyra. Kolförbrukningen skulle öka marginellt med 0,3 %, oljeförbrukningen skulle minska med 53 % och naturgasförbrukningen skulle minska med ytterligare 1,1 %.
- Av de ämnen som belastar sjön Trummen från ett eventuellt utsläpp från Växjö Energi AB är det endast arsenik som har ett bidrag större än 1 % av det totala bidraget till sjön (belastning med 7,3 %)
- Kväves (N-tot) belastning på sjön, efter rening, skulle vara 135 kg per år. Detta är 1,26 % av den totala belastningen på sjön. 2005 släppte VEAB ca 2600 kg totalkväve på avloppsnetet. Efter rening på Sundets reningsverk skulle då ca 940 kg släppas ut i Norra Bergundasjön jämfört med de 126 kg som skulle nå samma sjö efter retention i Växjösjöarna vid den mängd som då skulle släppas till Trummen.
- Sundets reningsverk har idag en reningsgrad av kadmium på 65 %. År 2005 släpptes 0,0331 kg kadmium på det kommunala avloppsnetet. Detta ger att 0,0215 kg skulle släppas i Norra Bergundasjön. Detta kan jämföras med en retention på ca 80 % i sjöarna vilket skulle ge en total rening för Växjösjöarna på 99,2 % och alltså en mängd på 0,00035 kg som når Norra Bergundasjön av de 0,000438 kg som det reade rökgaskondensatet består av.

REFERENSER

Skriven litteratur

ALcontrol AB, (2006a). *Tillstånd och förändringar i Mörrumsån 1978-2005*, Mörrumsåns Vattenvårdsförbund

ALcontrol AB, (2006b). *Mörrumsån 2005*, Mörrumsåns Vattenvårdsförbund

Ayres, R.U., (1995). *Life-cycle analysis: A critic*, Resources, Conservation and Recycling 14, s. 199-223

Bengtsson, M., (1998). *Värderingsmetoder i LCA; Metoder för viktning av olika slags miljöpåverkan – en översikt*, Rapport 1998:1, Centrum för produktrelaterad miljöanalys

Bruntland, G., (1987). *Our common future: The World Commission on Environment and Development*, Oxford, Oxford University Press

Eriksson, O., (2004). *Fjärrvärme i ett ekologiskt hållbarhetsperspektiv*, Centrum för miljöstrategisk forskning – fms och Institutionen för Infrastruktur och Samhällsbyggnad, KTH, tillställd Svensk fjärrvärme

Forsell, P., (2007a). *Teknisk beskrivning; Vattenrening Växjö Energi AB, Steg 2*, Internt dokument utfärdat för Växjö Energi AB

Forsell, P., (2007b). *Återvinning av rökgaskondensat vid Sandviksverket*, Slutrapport, Internt dokument, Reviderad 2007-02-01

Hedlund, A. & Kjellander, C., (2007). *MKB – introduktion till miljökonsekvensbeskrivning*, Studentlitteratur, Lund

IPCC, (1994). *The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC; Summary for Policymakers*, WMO, UNEP, Intergovernmental Panel on Climate Change

Kemikalieinspektionen, (2008). *Underlag till den andra fördjupade utvärderingen av miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö*, underlag till Miljömålsrådet, Sundbyberg, version 2008-03-20

Lettevall, U., (2007). *Kylvattenutsläpp i Växjö*, Miljökonsekvensbeskrivning för Växjö Energi AB

Lindfors, L.-G., Christiansen K., Hoffman L., Virtanen Y., Juntilla V., Hanssen O.-J., Rönning A., Ekvall T. & Finnveden G., (1995). *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*, Nord 1995:20, Köpenhamn, Danmark.

Lindström, M. & Håkansson, L., (2000). *A model to calculate heavy metal load to lakes dominated by urban runoff and diffuse inflow*, Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala Universitet

Länsstyrelsen i Kronobergs län, (2007). *Regionala miljömål för Kronobergs län 2007 – 2010*, meddelande 2007:02

Miljödepartementet, (1998a). *Förordning (1998:905) om miljökonsekvensbeskrivningar*, SFS nr: 1998:905, Utfärdad: 1998-06-25

Miljödepartementet, (1998b). *Miljöbalk (1998:808)*, SFS nr: 1998:808, Utfärdad: 1998-06-11

Naturvårdsverket, (1999). *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag*, Rapport 4913, Naturvårdsverkets Förlag, Stockholm

Naturvårdsverket, (2005). *Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgaskondensering (utom avfallsförbränning)*, Branschfaktablad, Utgåva 2, Bromma

Naturvårdsverket, (2007). *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon; En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp*, Handbok 2007:4, Utgåva 1, Bromma

Pacca, S., Sivaraman, D. & Keoleian G. A., (2006), *Parameters affecting the life cycle performance of PV technologies and systems*, Elsevier, Energy Policy 35 (2007), s. 3316–3326

Persson, T., Martinsson, A. & Fejes, J., (2007). *Utredning av Trummens förmåga att ta emot renat rökgaskondensat*, IVL

Pettersson, K. & Wallsten, M., (1990). *Sjörestaurering I Sverige – Metoder och resultat*, Naturvårdsverket rapport 3817, Modin, Stockholm

Rydh, C.-J., Lindahl, M. & Tingström, J., (2002). *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, Studentlitteratur, Lund

Strömberg B., (2004), *Bränslehandboken*, Värmeforsk-rapport 911, Värmeforsk

Uppenberg, S., Almemark, M., Brandel, M., Lindfors, L-G., Marcus, H-O., Stripple, H., Wachtmeister, A. & Zetterberg, L., (2001). *Miljöfaktabok för bränslen; Del 2. Bakgrundsinformation och Teknisk bilaga*, IVL rapport, för Svenska Petroleum Institutet, Andra versionen

Växjö kommun, (2005). *Växjö kommuns översiktsplan*, Antagen av kommunfullmäktige 2005-10-20

Växjö kommun, (2008). *Sundets avloppsreningsverk Växjö; Miljörapport 2007*, VA-avdelningen, Tekniska Förvaltningen

Wilkins H., (2003). *The Need for Subjectivity in EIA - discourse as a tool for sustainable development*, Environmental Impact Assessment Review, Volume 23, Number 4, p. 401-414

Internet

EU:s hemsida, (2008:a). *Sustainable Development*, <http://ec.europa.eu/environment/eussd/>, 2008-02-25

Eustat, EU:s statistikbyrå, (2008). *Europe in figures 2006-2007*, <http://www.eurostat.gov.uk/publications/publicationlist/eurostat--year--book--2006-2007.asp>, 2008-04-17

FN:s hemsida, (2008). *Local authorities' initiatives in support of Agenda 21*, <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/agenda21chapter28.htm>, 2008-03-18

Infobanken i Nacka, (2008). *Ältasjön*, http://infobanken.nacka.se/www/miljo_halsa/sjoar/altasjon.htm, 2008-05-06

Länsstyrelsen i Kronobergs län, (2008:a). *Hemsidans första sida*, <http://www.g.lst.se/g/>, 2008-02-25

Länsstyrelsen i Kronobergs län, (2008:b). *Fakta om Kronobergs län*, http://www.g.lst.se/Om_Lanet/, 2008-02-25

Regeringens hemsida, (2008:a). *Hållbar utveckling*, <http://www.regeringen.se/sb/d/1591>, 2008-02-25

Regeringens hemsida, (2008:b). *Sveriges nationella strategi för hållbar utveckling*, <http://www.regeringen.se/sb/d/3142>, 2008-02-25

Regeringens hemsida, (2008:c). *Miljö kvalitetsmålen*, <http://www.regeringen.se/sb/d/2055/a/12537>, 2008-02-25

Regeringens hemsida, (2008:d). *Tre strategier för uppfyllandet av miljömålen*, <http://www.regeringen.se/sb/d/2055/a/31149>, 2008-02-25

StormTac, (2008). *version 2008-04*, www.stormtac.com, 2008-08-07

Vattenportalen, (2008). *Metallförorening av ytvatten och hav*, http://www.vattenportalen.se/fov_problem_metaller.htm, 2008-04-17

Växjö kommun, (2008a). *Hemsidans första sida*,
www.vaxjo.se, 2008-03-13

Växjö kommun, (2008b). *Miljöprogram för Växjö kommun*,
<http://www.vaxjo.se/upload/1376/MP,%20grön%20broschyr.pdf>, 2008-03-13

Växjö kommun, (2008c). *Hur renas dricksvatten?*,
http://www.vaxjo.se/vaxjo_templates/Page.aspx?id=2532, 2008-03-27

Växjö kommun, (2008d). *Hur renas avloppsvatten?*,
http://www.vaxjo.se/vaxjo_templates/Page.aspx?id=2637, 2008-03-28

Thermexcel, (2008), *Steam characteristics (from 0 to 30 bar)*,
http://www.thermexcel.com/english/tables/vap_eau.htm, 2008-05-03

Nätverket för Transporter och Miljön, (2008), *Gods och logistik*,
<http://www.ntm.a.se/index.asp>, 2008-04-17

Personliga kontakter

Personligt möte samt e-postkontakt

Björn Axberg, Växjö Energi AB, möte 2008-04-22

Anders Björnberg, Växjö Energi AB, möte 2008-04-22

Telefon- samt e-postkontakt med våren 2008

Anneli Andersson Chan, Processingenjör, Tekniska förvaltningen, VA-avdelningen, Växjö

Bernard Karlsson, Sundets reningsverk, Växjö

Christer Öhlin, upphandlare Växjö kommun

Erika Borginger, Tekniska förvaltningen, Växjö kommun

Jens Olsén, driftmästare, Sjöuddens vattenverk, Växjö

Jesper Holmqvist, Kemira

Kjell-Egon Strandh, Tekniska förvaltningen, Växjö kommun

Lars-Göran Bergsman, Tekniska förvaltningen, Växjö kommun

Milan Teppler, Radscan

Ulf Nilsson, försäljningsansvarig på SNF Nordic AB

BILAGA I SAMMANSTÄLLNING ENERGIFÖRBRUKNING

Sammanställning energiförbrukning

Energiförbrukning per 1 m³ rening av rökgaskondensat alt produktion processvatten

VEAB, med inköp dricksvatten

	<u>Totalt</u>
	m ³ /år
Förbrukning dricksvatten VEAB	37935
Hälften går till processvatten	18967,5
	(Anders Björnberg, personlig kontakt)

Uppvärmning dricksvatten

$$Q = c_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$$

Uppvärmning 1m³ dricksvatten VEAB 8,5 till 42,5 grader

$$Q = c_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$$

c _p (J/kg°C)	4190 (<100°C)
ρ (kg/m ³)	1000
V (m ³)	1
ΔT (°C)	34

värden för c _p	
<100°C	4190 J/kg°C
100°C	2270 J/kg°C
>100°C	2030 J/kg°C
(Thermexcel, 2008)	

→	Q =	142460000 J		MJ/år
		142,46 MJ/m ³	→	2702110,1

Uppvärmning 1m³ dricksvatten 42,5 till 154 grader

$$Q = c_p \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T$$

c _p (J/kg°C)	varierar
ρ (kg/m ³)	1000
V (m ³)	1
ΔT	111,5 °

→ Q (J) 42,5-100 =	240925000
Q(J) 100 =	2270000
Q(J) 100-154 =	109620000
	<hr style="width: 100%;"/>
	352815000 J/m ³
	352,815 MJ/m ³

→ **6692019**

Total energiförbrukning för uppvärmning vatten

→ **9394129**

Fas 1 (Milan Teppler, personlig kontakt)

Normaldrift

10 kW

→

198720

(baserat på drift*)

VEAB, med återanvändning processvatten

Uppvärmning 1m³ processvatten 42,5 till 154 grader

(se tidigare beräkning ovan) —▶ 6692018,51

Fas 2 (*Milan Teppler, personlig kontakt*)

Normaldrift 35 kW —▶ 695520

(baserat på drift*)

(*rökgasproduktionen över året ger 7 mån full drift, 2 mån 1/3 drift och 3 mån ingen drift,
räknat på 1 mån = 30 dagar ger det 5520 timmar full drift)

Reningsverket (*Bernard Karlsson, personlig kontakt*)

ger per m3 **MJ/år**

Inköpt el från Östkraft till Sundet 2206651 kWh 0,2401274 117082,28

Egenproducerad el (reservkraft, olja) 15943 kWh 0,00173491 845,92

Inköpt el från Östkraft till huvudpumpstation 589987 kWh 0,06420229 31304,01

Inköpt el från Östkraft till VEAB:s pump 8046 kWh 8046 28965,60

178197,80

Utpumpat avloppsvatten från VEAB 2007 135440 m3/år

Avloppsvatten inflöde Sundet 9189501 m3/år

Vattenverket (*Jens Olsén, personlig kontakt*)

ger per m3

Total el inköpt från Östkraft, vattenverket plus ledningsnät 2713483 kWh/år 0,50174581 **34260,709**

Inköpt vatten på VEAB till processvatten, 2007 18967,5 m3

(Utpumpat renvatten till nät 5408083 m3/år)

BILAGA II SAMMANSTÄLLNING KEMIKALIER

Sammanställning Kemikalier

VEAB (Anders Björnberg samt Björn Axberg, personlig kontakt)

		ger	<u>Totalt</u> (kg/år)	<u>Producent</u>
Rening dricksvatten				
Natronlut	11 m3/år	14014 kg/år	14014	(Akzo Nobel)
(25%-ig, ρ=1274 kg/m3)				
Saltsyra	1,7 m3/år	1989 kg/år	1989	(Akzo Nobel)
(34%-ig, ρ=1170 kg/m3)				

Rening rökgaskondensat (innan det släpps på avloppsnätet)

Natronlut	47 m3/år	59878 kg/år	59878	(Akzo Nobel)
Saltsyra	7,3 m3/år	8541 kg/år	8541	(Akzo Nobel)
Ammoniak	345 ton/år	345000 kg/år	345000	(Fred Holmberg & Co)

Fas 1 (Milan Teppler, personlig kontakt)

Ingen extra kemikalieförbrukning

Installering Fas 2 (Forsell, 2007b)

Natronlut			45864	(Akzo Nobel)
Svavelsyra			13500	

(Inga extra kemikalier för installering av Fas 1, dock tvätt 1-2 ggr/år med neutralt tvättmedel, tas ej med i denna studie, (Milan Teppler, personlig kontakt))

Sjöuddan (Jens Olsén, personlig kontakt)

		kg/år	kg/m3	(kg/år för VEAB)	
Produktion vatten	5408083 m3/år				
Klor (Natriumhypoklorit)		20857	0,003857	73,1507	(Akzo Nobel)
Krita slurry, Carbital LM (uppslammad våtsiktad krita)		234630	0,043385	822,906	
PAX XL 100 (polyaluminiumklorid)		146560	0,0271	514,023	(Kemira)
Kolsyra		194355	0,035938	681,652	
Natriumhydroxid 48%		252386	0,046668	885,181	(Akzo Nobel)
polymer		50	9,25E-06	0,17536	
Olja	33,6 m3/år	31248	0,005778	109,595	

baserat på

18967,5 m3 förbrukat kommunalt vatten på VEAB

Sundet (Bernard Karlsson, personlig kontakt)

		kg/år	kg/m3	(kg/år för rening rgk Sundet)	
Reningsverket	9189501 m3/år				
Järnsulfat	Quickflock, restprodukt	719200	0,07826	10600	
Järnklorid	PIX-118	14500	0,00158	213,709	(Kemira)

Aluminiumklorid	PAX-215	404400	0,04401	5960,27	(Kemira)
Slambehandling Centrifuger (polymer)		4200	0,00046	61,9019	
SNF Nordic Nordfloc c-51 (polyakrylamider)		21125	0,00230	311,352	
Melass		43950	0,00478	647,76	
Foamaster ENA 389 (baserad på fettsyrestrar, vegetabilisk olja, silikon och paraffin)		875	0,0000952	<u>12,8962</u>	
Olja	13,52 m3/år	12573,6			
	baserat på				<i>135440 m3 rökgaskondensat producerat på VEAB</i>

BILAGA III BERÄKNINGAR LIVSCYKELANALYS - TRANSPORTER

SAMMANSTÄLLNING ALTERNATIV

ALTERNATIV

- 1) VEAB med bara Fas 1, användning kommunalt dricksvatten, samt utsläpp till kommunala reningsverket
- 2) VEAB med Fas 1 och Fas 2, ändrad kemikalieförbrukning, fortfarande användning kommunalt dricksvatten, samt utsläpp till kommunala reningsverket
- 3) VEAB med Fas 1 och Fas 2, nu återanvändning processvatten, fortfarande utsläpp till kommunala reningsverket
- 4) VEAB med Fas 1 och Fas 2, nu återanvändning processvatten, samt utsläpp recipient

Förbrukning naturresurser samt bidrag
växthusgaser för svensk medelel (Rydh, 2002)

Svensk medelel	(g/MJ)
Biomassa	2,66
Råolja	10,4
Naturgas	0,23
Uran	0,0039
CO ₂	13
CO	0,0036
NO _x	0,021
CH ₄	0,019

Svensk medelel	
har beräknats bestå av	
49%	vattenkraft
46%	kärnkraft
5%	övrigt

(Rydh, 2002)

Förbrukning naturresurser samt bidrag
växthusgaser för europeisk medelel, UCTE
(Eustat, 2008)

Europeisk medelel (g/kgMJ)	
Lignit	0,091
Kol	0,204
Kärnkraft	0,31
Naturgas	0,189
Vattenkraft	0,106
Olja	0,045
Biomassa	0,021
Vindkraft	0,018
Övrigt	0,016

Europeisk medelel (UCPTE)	
har beräknats bestå av	
36%	kärnkraft
19%	kol
15%	vattenkraft
11%	lignit
9%	naturgas
9%	olja

(Pacca, 2006)

BERÄKNINGAR TRANSPORT

Transport:

om tillverkat i Europa, räknar jag med transport

inom Europa: 1000 km (1 ton-km)

samt 200 km i Sverige

**200 km lastbil
Sverige**

Medeltung lastbil		
Kan ta ca 14 ton, Fyllnadsgrad: 50%		
ger last på 7 ton		
1kg kemikalie/7ton*	0,000143	%
Energiförbrukning*	1,764	MJ/tonkm
Bränsle**	MK1*	(43,2 MJ/kg)
Kg MK1	0,040833	
Energiförbrukning		
		MJ/kgkem-
per kg kemikalie	5,04E-05	200km
Bränsleförbrukning		
per kg kem	5,83E-06	kg MK1

Förbrukar:

Diesel (MK1)	5,80E-06	kg/kg kem
CO2	1,94E-05	kg/kg kem
CO	1,86E-08	kg/kg kem
NOx	1,71E-07	kg/kg kem
HC	1,71E-08	kg/kg kem

(Rydh, 2002)

*Nätverket för Transporter och Miljön, 2008

**Strömberg, 2004

BILAGA IV SAMMANSTÄLLNING LIVSCYKELANALYS

SAMMANSTÄLLNING ALLA ALTERNATIV

1) VEAB med bara Fas 1, användning kommunalt dricksvatten, samt utsläpp till kommunala reningsverket

TOTALT	(CO2-ekv)	Energislag	MJ	Uppdelat på verken		
CO2	144494	kol	21524,5	VEAB		CO2-ekv
CO	248,918	olja	2868630	CO2	143430	143430
NOx	1783,35	kraftvärme	499533	CO	46,8121	140,436
CH4	4837,29	naturgas	8096960	NOx	248,233	1737,63
HC	0,793320	kärnkraft	4628410	CH4	228,988	4808,76
		vindkraft	10544,4	HC	0,07181	0,789911
TOTALT	(kg)	solkraft	0,111945			150118
Biomassa	26575,2	vattenkraft	5070830	<i>Vattenverk</i>		
Kol	4748,61	lignit (brunkol)	9612,31	CO2	803,020	803,0197377
Olja	172936	övrigt	1688,20	CO	1,00147	3,00441993
Naturgas	158515			NOx	6,17765	43,24355512
Uran	39,3125			CH4	1,14175	23,97674977
Järnmalm	64,9918			HC	0,000050	0,000555289
Kopparmalm	1,40461					873,245
Blymalm	0,936411			<i>Reningsverk</i>		
Vatten	23384100			CO2	260,603	260,603
(grundvatten)	48310,8			CO	0,270938	0,812814
Nickel	120,75			NOx	0,353160	2,47211
Tungspat	122,565			CH4	0,216725	4,55123
Kalk	1737,25			HC	0,0002595	0,00285446
Aluminium	212,157					268,442
Bauxit	1237,11					
Svavel	5,37872					

2) VEAB med Fas 1 och Fas 2, ändrad kemikalieförbrukning, fortfarande användning kommunalt dricksvatten, samt utsläpp till kommunala reningsverket

TOTALT	(CO2-ekv)	Energislag	MJ	Uppdelat på verken		
CO2	154207	kol	21528,9	VEAB		CO2-ekv
CO	334,948	olja	2868630	CO2	151531	151531
NOx	1954,09	kraftvärme	530693	CO	49,0554	147,166
CH4	5226,55	naturgas	8096960	NOx	261,320	1829,24
HC	0,767203	kärnkraft	4915080	CH4	240,829	5057,41
		vindkraft	10544,4	HC	0,069408	0,763484
TOTALT	(kg)	solkraft	0,111945			158566
Biomassa	28232,9	vattenkraft	5376190	<i>Vattenverk</i>		
Kol	4749,62	lignit (brunkol)	9612,31	CO2	804,085	804,085
Olja	179548	övrigt	1688,19	CO	1,00238	3,00714

Naturgas	158658	NOx	6,1808203	43,2657
Uran	41,7430	CH4	1,14496432	24,04423
Järnmalm	72,0052	HC	0,00005	0,000555
Kopparmalm	1,52562			874,403
Blymalm	1,01708	<i>Reningsverk</i>		
Vatten	23798600	CO2	262,140	262,140
(grundvatten)	48320,4	CO	0,272248	0,816743
Nickel	120,75	NOx	0,357731	2,50412
Tungspat	99,8642	CH4	0,216497	4,54643
Kalk	1747,14	HC	0,000260	0,002854
Aluminium	235,095			270,010
Bauxit	1370,86			
Svavel	2894,38			

3) VEAB med Fas 1 och Fas 2, nu återanvändning processvatten, fortfarande utsläpp till kommunala reningsverket

TOTALT	(CO2-ekv)	Energislag	MJ	Uppdelat på verken		
CO2	115710	kol	21123,6	Utsläpp (kg)		
CO	118,067	olja	2863680	VEAB	CO2-ekv	
NOx	1423,65	kraftvärme	391345	CO2	115421	115421
CH4	3954,16	naturgas	8092670	CO	39,0555	117,167
HC	0,739912	kärnkraft	3632470	NOx	202,989	1420,92
		vindkraft	8586,87	CH4	188,054	3949,13
TOTALT	(kg)	solkraft	0,111828	HC	0,067005	0,737058
Biomassa	20819,5	vattenkraft	3973850			120910
Kol	4659,87	lignit (brunkol)	9422,79	<i>Reningsverk</i>		
Olja	150452	övrigt	1656,76	CO2	262,140	262,140
Naturgas	157931			CO	0,272248	0,816743
Uran	30,8666			NOx	0,357731	2,50412
Järnmalm	64,9194			CH4	0,216497	4,54643
Kopparmalm	1,24011			HC	0,000260	0,002854
Blymalm	0,826740					270,010
Vatten	3599100					
(grundvatten)	48320,4					
Nickel	120,75					
Tungspat	74,2951					
Kalk	91,4383					
Aluminium	212,157					
Bauxit	1237,11					
Svavel	2894,38					

4) VEAB med Fas 1 och Fas 2, nu återanvändning processvatten, samt utsläpp recipient

TOTALT	(CO2-ekv)	Energislag	MJ	Uppdelat på verken		
--------	-----------	------------	----	--------------------	--	--

CO2	115488	kol	21123,62798	Utsläpp (kg)		
CO	117,167	olja	2859209,323	VEAB		CO2-ekv
NOx	1420,97	kraftvärme	391330,8303	CO2	115422	115422
CH4	3949,13	naturgas	8092570,42	CO	39,0555	117,167
HC	0,659220	kärnkraft	3632343,269	NOx	202,996	1420,97
		vindkraft	1863,849528	CH4	188,054	3949,13
TOTALT	(kg)	solkraft		HC	0,05993	<u>0,659220</u>
Biomassa	20818,8	vattenkraft	3846018,139			120910
Kol	4659,62	lignit (brunkol)	9422,794836			
Olja	150193	övrigt	1656,755136			
Naturgas	157929					
Uran	30,8655					
Järnmalm						
Kopparmalm						
Blymalm						
Vatten	3201360					
(grundvatten)						
Nickel	120,75					
Tungspat	74,2950					
Kalk						
Aluminium						
Bauxit						
Svavel	2889					

BILAGA V BERÄKNINGAR FÖR MARKANVÄNDNING FÖR VÄXJÖSJÖARNA

Nederbörd Växjö 662,7 mm/år 0,6627 m/år
(Strandh, 2008)

Specifik avrinning för olika marktper

Atmosfärisk deposition	1,2 mg/l	
Avrinningskoefficient	N-tot(mg/l)	
Vägar/asfalt	0,85	1,65-4,5
Lägenheter	0,45	1,6
Industri	0,5	1,8
Hus	0,25	1,4
Skog	0,05	0,75
Odlad mark	0,11	5,3
Öppen gräsmark	0,075	2
Våtmark	0,2	0,9

(StormTac, 2008)

Trummen

Delavrinningsarea 7769555,63 m²

		Dela av avromr	m ²	tot nederbörd (m ³)	liter	avr (l)	Ger N-tot (mg)
Sankmark	369864,87	0,047604	369864,87	245109,449	2,45E+08	49021889,76	44119700,79
Industri	238160,12	0,030653	238160,12	157828,709	1,58E+08	78914354,48	142045838,1
Höga hus	281712,27	0,036258	281712,27	186690,723	1,87E+08	84010825,51	134417320,8
Låga hus	1055386,01	0,135836	1055386,01	699404,309	6,99E+08	174851077,1	244791508
Hårda ytor	1575258,40	0,202748	1575258,40	1043923,74	1,04E+09		
Odlad mark	723384,14	0,093105	723384,14	479386,668	4,79E+08	52732533,48	279482427,4
Barrskog	2619075,02						
Lövskog	379336,99						

Totalskog	2998412,01	0,385918	2998412,01	1987047,64	1,99E+09	99352381,8	74514286,35	
Vatten	789912,22	0,101668	789912,22	523474,826	5,23E+08	523474826,3	628169791,5	
Öppen mark	1312724,00	0,168957	1312724,00	869942,194	8,7E+08	65245664,58	130491329,2	
	7769555,63	1					1678032202 mg	
							TOT	
							BIDRAG	1678,032202 KG

Växjösjön

Area delavrinningsområde 9748342,36 m2

	Del av avromr	Area	tot nederbörd (m3)	liter	avr (l)	Ger N-tot (mg)	
Sankmark	3546,532	0,000363809	3546,532	2350,287073	2350287,073	470057,4145	423051,6731
Industri	183481,218	0,018821786	183481,218	121593,0029	121593002,9	60796501,47	109433702,6
Höga hus	1141279,97	0,11707426	1141279,97	756326,2347	756326234,7	340346805,6	476485527,9
Låga hus	2924191,47	0,299968073	2924191,47	1937861,686	1937861686	484465421,4	678251589,9
Torg	39329,38	0,004034468	39329,3798	26063,58001	26063580,01	6515895,003	9122253,004
Bebyggelse	4555421,21						
Hårda ytor	4594750,59	0,471336605	4594750,59	3044941,219	3044941219		
Odlad mark	37468,83	0,00384361	37468,83	24830,59142	24830591,42	2731365,056	14476234,8
Barrskog	1304357,88						
Lövskog	627027,82						
Totalskog	1931385,70	0,198124525	1931385,7	1279929,302	1279929302	63996465,1	47997348,83
Vatten	829056,13	0,085045857	829056,131	549415,4979	549415497,9	549415497,9	659298597,5
Öppen mark	2352134,57	0,241285594	2352134,57	1558759,582	1558759582	116906968,7	233813937,3
	9748342,36	1,439898588					2229302244
						TOT	2229,302244 kg

Södra Bergundasjön

Area delavrinningsområde 19074453,18 m2

Del av avromr	Area	Tot nederbörd (m3)	liter	avr (l)	N-tot (mg)
---------------	------	--------------------	-------	---------	------------

Sankmark	449710,1391	0,023576568	449710,1	298022,9092	298022909,2	6E+07	53644123,65
Industri	96009,20	0,005033392	96009,2	63625,29368	63625293,68	3,2E+07	57262764,31
Höga hus	301307,36	0,015796382	301307,4	199676,3852	199676385,2	9E+07	143766997,3
Låga hus	1520145,43	0,079695361	1520145	1007400,377	1007400377	2,5E+08	352590132
Torg							
Hårda ytor	1917461,98						
Odlad mark	799505,68	0,041914999	799505,7	529832,4132	529832413,2	5,8E+07	308892296,9
Barrskog	7681378,32	0,402705034					
Lövskog	1592599,81	0,083493864					
Totalskog	9273978,13	0,486198899	9273978	6145865,305	6145865305	6,8E+08	507033887,7
Vatten	4674949,65	0,245089577	4674950	3098089,135	3098089135	3,1E+09	3717706962
Öppen mark	1958847,59	0,102694823	1958848	1298128,301	1298128301	9,7E+07	194719245,1
	19074453,17						5335616409
TOT							5335,616409 KG

Norra Bergundasjön

Area delavrinningsområde 12221158,25 m2

		Area per dettyp	Nederbörd (m3)	liter	avrinning (l)	N-tot (mg)
Sankmark	99285,46865	99285,46865	65796,48007	65796480	13159296	11843366,4
Industri	1720871,856	1720871,856	1140421,779	1,14E+09	570210889	1026379601
Höga hus	426543,5216	426543,5216	282670,3918	2,83E+08	127201676	203522682
Låga hus	1018018,133	1018018,133	674640,617	6,75E+08	168660154	236124216
Bebyggelse	3165433,511					
Odlad mark	292561,6552	292561,6552	193880,6089	1,94E+08	21326867	113032395
Barrskog	3454589,033					
Lövskog	1089765,082					
Totalskog	4544354,115	4544354,115	3011543,472	3,01E+09	150577174	112932880
Vatten	2241162,065	2241162,065	1485218,1	1,49E+09	1485218100	1782261720
Öppen mark	1789009,755	1789009,755	1185576,765	1,19E+09	88918257,4	177836515
	12131806,57					3663933376
TOT						3663,93338 KG