



Examensarbete
Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Energisystem med utnyttjande av
restprodukter för gödsling av
Salixodling för energiproduktion
Studier av kretsloppsprojektet i Enköping och
dess applicering på en kommun i Ryssland

*Energy system using waste products to fertilize
Salix plantations for energy production*

Olga Korneevets

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Olga Korneevets

Energisystem med utnyttjande av restprodukter för gödsling av Salixodling för energiproduktion.
Studier av kretsloppsprojektet i Enköping och dess applicering på en kommun i Ryskland
Energy system using waste products to fertilize Salix plantations for energy production

Handledare: Eddie Johansson, ENA Energi
Ämnesgranskare: Tatjana Stern, institutionen för energi och teknik, SLU
Examinator: Bengt Hillring, institutionen för energi och teknik, SLU
EX0269, Examensarbete 30 hp, Avancerad E, teknik
Civilingenjörsprogrammet i energisystem 270 hp

Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)
ISSN 1654-9392
2008:05

Uppsala 2008

Nyckelord: energiskog, Salix, slam, restprodukter, energisystem, gödsling, energiproduktion

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Abstract

ENERGISYSTEM MED UTNYTTJANDE AV RESTPRODUKTER FÖR GÖDSLING AV SALIXODLING FÖR ENERGIPRODUKTION

– Studier av kretsloppprojektet i Enköping och dess applicering på en kommun i Ryssland

ENERGY SYSTEM USING WASTE PRODUCTS TO FERTILIZE SALIX PLANTATIONS FOR ENERGY PRODUCTION

Olga Korneevets

The purpose of this work is to study a circulation project in Enköping municipality, where the society's rest products are used to make beneficial products. In Enköping the rest products from waste treatment plants and private sewers are used to fertilize and irrigate Salix plantations that later are harvested and burned at the local combined heating and power plant, ENA Energy AB, to produce electricity and heat. Possibilities to apply this kind of project on a municipality in Russia are also explored.

Guryevsk municipality in Kaliningrad region was chosen since there is a need to improve energy systems and reduce emissions to water and air. This municipality strives to become environmentally friendly. It is a little bit larger than Enköping municipality, but in the city of Guryevsk the population is half of Enköping's. The biggest difference between these municipalities is that the population in Guryevsk municipality is more spread out. Three quarters of the population lives in small villages and the rest lives in Guryevsk city.

Guryevsk municipality is a good example of where the circulation project would be a success. It would reduce emissions of nitrogen and phosphorous to the Baltic Sea and also reduce emissions of green house gases into the air. This project would not only fit Guryevsk municipality but also other municipalities of the same size and composure as Guryevsk and Enköping around the Baltic Sea.

Sammanfattning

Syftet med arbetet är att studera kretsloppprojektet i Enköpings kommun, där man utnyttjar samhällets restprodukter för att göra nyttoprodukter. I Enköping används restprodukter från reningsverk och enskilda avlopp för att gödsla och bevattna Salixodlingar, som senare skördas och förbränns på det lokala kraftvärmeverket ENA Energi AB för att producera elektricitet och värme. Vidare skulle möjligheten att applicera detta projekt på en kommun i Ryssland studeras.

Guryevsk kommun i Kaliningradregionen valdes, där finns behov av att förbättra energisystemet och minska utsläpp till luft och vatten. Det är en kommun som strävar efter att bli miljövänlig. Kommunen är befolkningsmässigt lite större än Enköpings kommun, men i staden Guryevsk bor två gånger färre invånare än i Enköping. Den största skillnaden mellan kommunerna är att befolkningen är mera spridd i Guryevsk kommun. Det är nämligen tre fjärdedelar av befolkningen som bor i små byar och bara en fjärdedel i staden Guryevsk.

I Guryevsk kommun finns det idag en biobränsle eldad panna, men huvudsakligen används fossilt bränsle för att producera värme. Det finns stora arealer mark som inte används, där Salix skulle kunna planteras, och mycket restprodukter både från samhället och djur och fågelfarmer som inte görs något åt idag. Avloppsvatten från reningsverken, som inte alltid fungerar, släpps bara rakt ut i vattendrag som rinner ut i Östersjön, rökgaserna från värmeverken, där fossila bränslen förbränns släpps orenade rakt ut i luften.

Eftersom det är planerat att bygga tre nya avloppsreningsverk och de flesta pannor i kommunen är i behov av utbyte och reparation är det en bra tidpunkt att vidtaga åtgärder för att kretsloppsprojektet skulle kunna genomföras och fungera. Det kan byggas dammsystem vid reningsverket för bevattning av Salixodlingar och nya biobränslepannor kan byggas istället för de gamla. Det kan även produceras biogas för att försörja en fjärdedel av kommunen med värme. Det finns gott om gödsel i form av dynga och slam för att gödsla alla Salixodlingar och även att sälja till andra kommuner.

Kostnader för att plantera Salix är stora och man får inget bidrag i Ryssland för odlingen som i EU. Men även om det inte finns bidrag kommer odlingen bli lönsam efter andra skörden och bränsle kommer kosta mindre än eldningsolja, men vara något dyrare än kol.

Kostnader för dammsystemen vid avloppsreningsverken kommer att tjänas in genom att man slipper betala stora straffavgifter för utsläpp till vatten och det minskar gödselkostnaderna. Genom att bevattna Salix med slamvatten kommer den att växa bättre och snabbare än andra odlingar.

Guryevsk kommun är ett exempel på en kommun där kretsloppprojektet skulle fungera bra. Det skulle minska utsläpp av kväve och fosfor till Östersjön och även minska utsläpp av växthusgaser till luft. Detta projekt skulle kunna passa inte bara i Guryevsk kommun utan även andra kommuner runt Östersjön av samma storlek som Guryevsk och Enköping.

Innehållsförteckning

Terminologi	6
1 Inledning	8
1.1 Bakgrund.....	8
1.2 Syfte.....	9
1.3 Metod.....	9
1.4 Avgränsningar.....	9
2 Enköpings kommun	10
2.1 Energiproduktion och energianvändning i Enköping.....	10
3 Olika delar i Enköpings kretslopps projekt	12
3.1 Enköpings kraftvärmeverk.....	12
3.1.1 Anläggning.....	12
3.1.2 Bränsle.....	12
3.1.3 Förbränning och energiproduktion.....	13
3.1.4 Aska.....	14
3.1.4.1 Bottenaska.....	14
3.1.4.2 Flygaskan.....	14
3.1.5 Beläggningar som bildas vid förbränningen.....	14
3.2 Reningsverket.....	15
3.2.1 Drift.....	16
3.2.1.1 Mekanisk- och kemisk rening.....	16
3.2.1.2 Biologisk rening.....	17
3.2.2 Slam.....	17
3.2.3 Historia bakom avloppsvattenspridning på Salixodling.....	18
3.2.4 Kväve och fosfor.....	18
3.2.5 Slamdammar i Nynäs.....	19
3.2.6 Andra slambassänger.....	20
3.2.7 Gränsvärden.....	21
3.3 Salix.....	22
3.3.1 Markförberedelser och plantering.....	22
3.3.2 Gödning.....	23
3.3.3 Avverkning.....	25
3.3.4 Tillväxt och energiinnehåll.....	25
3.3.5 Skador.....	26
3.3.5.1 Frost.....	26
3.3.5.2 Bladrost.....	26
3.3.5.3 Bladbaggar.....	26
3.3.5.4 Stamlöss.....	27
3.3.5.5 Viltskador.....	27
3.3.6 Salixodlingen i Nynäs.....	27
3.3.7 Miljöpåverkan hos Nynäs- och andra Salixodlingar.....	28
3.3.7.1 Kväveläckage till grundvatten.....	28
3.3.7.2 Lustgasemissioner vid Salixodlingen.....	28
3.3.7.3 Tillförsel och upptag av tungmetaller.....	29
4 Kaliningradregionen	30
4.1 Guryevsk kommun.....	31
4.2 Reningsverk.....	32
4.2.1 Moderna reningsverk.....	34
4.3 Fjärrvärme och värmeverken.....	35

4.3.1 Biobränslepanna på gatan Torohanskoj 1 i Guryevsk kommun ³⁷	36
4.4 Miljöbelastning.....	37
4.4.1 Utsläpp till luft och vatten.....	37
4.4.2 Gränsvärdena för tungmetaller i marken.....	38
4.5 Energibehov i Guryevsk.....	38
4.6 Odlingsmöjligheter.....	38
5 Åtgärder som bör vidtas för att få ett fungerande kretslopp i Guryevsk kommun	40
5.1 Energiproduktion.....	40
5.1.1 Panna	40
5.1.2 Bränsle.....	41
5.1.3 Värmeverket på Torohanskajagatan.....	42
5.2 Reningsverk.....	43
5.3 Salixodling	43
5.3.1 Gödsling	43
5.3.1.1 Gödsling med slamvatten.....	43
5.3.1.2 Gödsling med slam och aska.....	44
5.3.1.3 Gödsling med spillning från hönsfarmen.....	44
5.3.1.4 Gödsling med dynga från djurfarmer	45
5.3.2 Biogas.....	45
6 Kostnader för åtgärderna	47
6.1 Värmeverk.....	47
6.2 Reningsverk.....	48
6.2.1 Dammsystem.....	48
6.2.2 Biogasanläggning vid reningsverket.....	49
6.3 Salixodlingen.....	49
6.4 Biogasproduktion från restprodukter av djur och fågel	50
7 Resultat	51
8 Diskussion och slutsats	52
Referenser	53
Bilagor	56

Terminologi

Anjon	negativt laddade joner
Avloppsvatten	vätskeformat avfall som samlas in från hushåll, industrier och annan mänsklig verksamhet. Det är ett samlingsnamn för spillvatten, dagvatten och kylvatten
Biobränsle	energiresurs som erhålls av någon typ av biomassa och som, till skillnad från fossila bränslen, inte har varit utanför det naturliga kretsloppet under miljontals år
Bioolja	olja producerad från biomassa och ersätter tunga eldningsoljor
Dejonat	avjoniserat vatten genom filtrering genom jonbytare
Deaerator	en anordning som används för att tag bort luft och andra lösta gaser i vatten, för att göra den icke-korrosiv
Dekantat	kväve- och fosforrikt vatten från slambehandlingen (förtjockning av slammet)
Domen	kallas också ångdomen, en tank där vatten och ånga skiljs åt
Ekonomiser	anordning som med hjälp av rökgaserna förvärmer vatten som tillförs en ångpanna
Flis	sönderdelat material från vedartade växter
Fjärrvärme	storskalig metod för produktion och distribution av värme för uppvärmning och tappvarmvatten
Glyfosat	ogräsbekämpningsmedel
GROT	grenar och toppar från skogsavverkningen
Grovrens	grovt material i avloppsvatten som papper, plast, trasor m m som tas bort mekaniskt vid avloppsvatten inmatningen
Katjon	positivt laddade joner
LUFO	luftförvärmare av luften som förs in i pannan
Mazut	en typ av eldningsolja som används i Ryssland på kraftvärmeverk för att producera energi
Mesofil rötning	rötning i temperaturområde mellan 25 och 40 grader. Röttnings process som går långsamt och kräver stor rötchammare, men är stabilt mot störningar

<i>pe</i>	personekvivalenter
<i>Rejekt</i>	kväve- och fosforrikt vatten från slambehandlingen (slamavvattning i centrifug)
<i>Retention av kväve</i>	en process där kväve reduceras på väg till havet genom sedimentering, denitrifikation och upptag av växter
<i>Rötkammare</i>	en sluten tank för rötning av till exempel slam
<i>Salix</i>	trä- eller buskformigt släkte med bl. a. vide och pil som har över 400 arter av vilka några odlas på åkermark för utvinning av energi
<i>Slam</i>	partiklar som avskiljs med mekanisk, biologisk och kemisk metod i reningsverket
<i>Slamvatten</i>	dekantat- och rejektvatten
<i>TS</i>	torr substans
<i>Överhettare</i>	en anordning i ångpannan som höjer ångans temperatur över den som svarar mot pannans rådande tryck

1 Inledning

1.1 Bakgrund

På 90-talet beslutade EU om att kväveutsläpp från avloppsreningsverk till vatten som rinner ut till Mälaren och sedan till Östersjön skulle minskas.¹ Det skulle kosta mycket pengar att bygga den nya spärstekniken för att ta bort kväve från utgående avloppsvatten i reningsverken. Eftersom reningsverk och jordbruksmark ligger väldigt nära varandra i Enköping och markägarna var intresserade av att odla energiskog på sin mark föddes en idé om att bevattna energiskogen vid reningsverket med utgående avloppsvatten under bevattningssäsongen. Det avloppsvattnet skulle ersätta gödsling och Salix skulle ta upp det kväve som annars bara släpptes ut i Östersjön. Det skulle vara billigare än att bygga kväverening på reningsverket.²

Alla parter i projektet: avloppsreningsverket, kraftvärmeverket och jordbrukarna, började tänka på hur man kunde uppfylla projektets mål och producera nyttoprodukter istället för restprodukter i samhället. Länsstyrelsen var med och tyckte att det var en bra idé. Det föddes tankar om att lagra rejekt och dekantat från slamavvattningen, som är rik på kväve och fosfor, istället för att pumpa det tillbaka till ingående avloppsvatten på reningsverket och rena det en gång till. Slamvattnet skulle blandas med utgående avloppsvatten och användas för bevattning av Salixodlingen. Genom att bevattna med slamvatten skulle man få stor reduktion av kväveutsläpp till Enköpingsån. Från början släpptes det från reningsverket ut cirka 120 ton kväve per år och med den åtgärden skulle utsläppet minska med cirka 30 ton per år. Men det räckte inte till för att nå utsläppsgränsen som EU satt.

På den tiden när enskilda avlopp tömdes och transporterades med lastbil till avloppsreningsverket fick man punktbelastning, som störde reningsprocessen. Det föddes tanke om att bygga lagringsdammar för slam hos lantbrukare som är intresserade av att odla Salix och sprida slammet som gödsel, istället för att transportera slammet till avloppsreningsverket i Enköping. Det hittades fyra lantbrukare runt om Enköping, där slambassänger byggdes. Det byggdes två lika stora parallella slambassänger per gård. Först fylls den ena bassängen med slam från enskilda avlopp och när den är fylld vilar slammet i den i sju månader för hygienisering och under tiden fylls den andra bassängen. Jordbrukarna fick ansvaret att sprida slammet på odlingarna själva. På så sätt fick man bort allt slam från enskilda avlopp och små reningsverk i närheten. Då reducerades kväveutsläpp med ytterligare 20 ton per år till Östersjön. Genom att inte punktbelasta reningsverket fick man jämnare reningsprocess och reduktion av kväveutsläpp med 10 ton till per år.

Det avvattnade slammet från reningsverket skulle istället för att deponeras blandas med bottenaska från kraftvärmeverket och spridas på Salixodlingar. Blandningen är ett bra gödslingsmedel eftersom slammet är rikt på kväve och fosfor, och bottenaskan rik på kalium som växter behöver under tillväxten.

Det tänkta projektet fungerar idag utmärkt och man utnyttjar nästan alla restprodukter från samhället för att producera nyttoprodukter. Man slöt ett avtal med kommunen. Lantbrukare har upplåtit mark för bygget av slambassänger och bevattningsdammar till kommunen och

¹ Direktiv 91/271/EEG

² Enköpings avloppsreningsverk

kommunen har stått för investeringen. Kommunen har också stått för investeringen av droppbevattningen på Nynäsgården. Lantbrukaren sköter drift och underhåll av odlingar, alltså plantering, skörd och underhåll under säsongen. Kraftvärmeverket lovade lantbrukaren att ta emot bränslet.

Det är viktigt att inte bara Sverige satsar på att minska utsläppen till Östersjön, utan också andra länder som ligger runt omkring. Detta projekt minskar inte bara utsläppen till Östersjön utan förbättrar också miljön i kommunerna. Genom att studera på en kommun i Ryssland beträffande möjligheter att odla Salix och utnyttja samhällets rester för gödsling kan man göra en mall också för andra städer om hur man kan göra för att förbättra miljö inte bara lokalt utan också globalt.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att studera på möjligheter att genomföra liknande kretsloppprojekt i Guryevsk kommun, Ryssland som i Enköping och försöka komma fram till ett färdigt koncept som kan säljas till andra städer av samma storleksordning. Ett fungerande kretslopp i samhället skulle innebära minskad miljöpåverkan genom att övergå till förnyelsebart bränsle för värme- och elproduktion och minskade utsläpp till luft och vatten. Att använda slam som gödsel och bevattna Salixodlingar med avloppsvatten, minskar kväve- och fosforläckaget till Östersjön. Kommunens energibehov kan till stor del tillgodoses lokalt och därigenom vara mindre känslig för förändringar inom energibranschen.

1.3 Metod

För att kunna genomföra arbetet skall först detaljer om hur kretsloppprojektet fungerar i Enköping studeras. Det görs genom intervju med olika personer som har varit inblandade i projektet och som idag arbetar med olika steg i det, samt genom planerade studiebesök. Efter insamling och studering av informationen skulle en resa till Guryevsk genomföras. I Guryevsk ska information om hur det fungerar idag på reningsverket, värmeverket och kapaciteten att plantera Salix samlas in. Därefter studeras vilka åtgärder som krävs för att få ett fungerande kretslopp, samt vad det kan kosta att genomföra. Genom att skaffa sig den kunskapen, ska ett koncept skrivas, som kan säljas vidare till andra städer och kommuner.

1.4 Avgränsningar

I arbetet ingår kretsloppprojektet i Enköping i vilket ingår Salixodlingar som bevattnas med slamvatten och på vilka det sprids slam- och bottenaska-blandning. Andra odlingar som finns i Sverige ingår inte.

2 Enköpings kommun

Enköping är en stad i Uppland och är centralort i Enköpings kommun i Uppsala län. Befolkningsmängden i Enköpings kommun år 2007 är uppräknad till 38 619 personer av vilka i Enköping bor 20 319 personer år 2006.³ Landarealen i Enköpings kommun är 1 184 km². Genom staden rinner Enköpingsån, som har sitt utlopp till Mälaren.



Figur 2-1: Karta över Enköpings kommun⁴

2.1 Energiproduktion och energianvändning i Enköping

Kraftvärmeverket ENA Energi AB har under 2006 producerat 108 627 MWh elektricitet, sålt 97 708 MWh och använt för energiproduktionen och underhåll 10 919 MWh. Värmeproduktionen under samma år var 281 363 MWh. I värmeproduktionen ingår värme producerad på ENA Energis kraftvärmeverk och spillvärme som köps från Enköpings avloppsreningsverk. Av den producerade värmen bortkylades 44 947 MWh och 200 359 MWh levererades till kunden.⁵ Att det bortkyls så mycket beror på att när elpriserna är höga

³ Statistiska centralbyrån

⁴ ENA Energi AB

⁵ ENA Energi AB

produceras det mera elektricitet men värmebehovet är samma. Det extravärme som produceras då måste kylas bort.

Tabell 2-1: Energibalans [MWh] för Enköpings kommun efter energibärare, kategori och år⁶

	2000	2001	2002	2003	2004
Stenkol	5	0	0	-	-
Koks	31	0	0	-	-
Bensin	254 003	267 633	270 789	264 820	285 116
Diesel	125 107	128 207	158 169	164 508	181 133
Eldningsolja 1	54 606	63 477	62 268	51 819	47 236
Eldningsolja <1	387	0	0	-	-
Gasol	13 301	13 752	22 273	14 789	16 665
Trädbränsle	32 422	40 547	43 708	64 586	69 345
Avfall	8	0	0	-	-
Övrigt	21	0	0	-	-
Fjärrvärme	197 806	211 501	212 722	212 946	210 618
El-energi	346 539	328 122	362 450	343 247	320 973
Totalt	1 024 236	1 053 239	1 132 379	1 116 715	1 131 086

Energianvändningen för hushållet år 2004 låg på 7 954 kWh per invånare och den totala energianvändningen låg samma år på 28 031 kWh per invånare. (Tabell 2-2) Om den totala energi användningen multipliceras med antal invånare i Enköpings kommun som år 2004 var cirka 38 200, får man den totala energianvändningen i MWh. (Tabell 2-1)

Tabell 2-2: Energianvändningen per invånare [kWh/inv] i Enköpings kommun efter samhällssektor och år⁷

	2000	2001	2002	2003	2004
Industri [kWh/inv]	3 889	4 150	5 394	3 996	1 708
Transport [kWh/inv]	9 188	9 563	10 229	10 080	10 891
Servis [kWh/inv]	6 517	5 827	12 203	6 867	4 579
Hushåll [kWh/inv]	9 940	10 059	6 873	10 042	7 954
Totalt [kWh/inv]	29 535	29 599	34 698	30 985	28 031

⁶ Statistisk centralbyrå

⁷ Statistisk centralbyrå

3 Olika delar i Enköpings kretslopps projekt

Parter som är inblandade i Enköpings kretsloppprojekt är kraftvärmeverket ENA Energi AB, Enköpings avloppsreningsverk och lokala lantbrukare. Alla parter har olika ansvar i projektet och för att det ska fungera har de slutit avtal och olika överenskommelser med varandra.

3.1 Enköpings kraftvärmeverk⁸

3.1.1 Anläggning

Kraftvärmeverket vid hamnen i Enköping rymmer flera anläggningar. Förutom den stora trädbränsleeldade ångpannan, som är huvudproduktionsanläggning finns det också oljepannor, en träpolverpanna och en elpanna som används vid hög last på fjärrvärmenätet eller som reservenhet vid störning i huvudproduktionsanläggningen. Fjärrvärme levereras till centralorten och elen till stamnätet. Förutom den anläggningen finns det också oljeeldade hetvattenpannor, en i Stenvreten och två på Fabriksgatan. Idag används de som reservenheter vid störning i huvudanläggningen och vid reparationer på fjärrvärmenätet. (Tabell 3-1)⁹

Tabell 3-1: Effekten på olika pannor i Enköping i MW⁸

Anläggningen ENA Energi	Effekt, värme/el [MW]
Trädbränsleeldad ångpanna	55/24
Trädpulvereldad hetvattenpanna	22
Olje-/gaseldad hetvattenpanna	50
Oljeeldad hetvattenpanna	25
Elpanna	36
Akkumulatör	25
Anläggningen Stenvreten	Effekt, värme/el [MW]
Oljeeldad hetvattenpanna	10
Rötgas från soptippen	0,2
Anläggningen Tjädern	Effekt, värme/el [MW]
Oljeeldad hetvattenpanna	11,5
Oljeeldad hetvattenpanna	11,5

3.1.2 Bränsle

Kraftvärmeverket ENA Energi AB använder idag upp till 98-99 % biobränsle för produktion av elektricitet och värme. Biobränslet som används vid kraftvärmeverket är till största delen flis från olika industriprocesser, samt bark och GROT från skogavverkningen. Salix står idag för cirka 10-15 % av biobränslet. Två tredjedelar av bränslet kommer från närliggande områden inom en radie på 100 km från Enköping, men en tredjedel kommer från Hargshamn i Uppland dit bränsle kan komma från länder runt Östersjön och från längre bort i Sverige.

Att det är 98-99 % biobränsle beror på att i början på säsongen startas pannan med olja för att få upp temperaturen. När den önskade temperaturen nåtts, som brukar ligga på 500° C, så

⁸ ENA Energi AB

⁹ ENA Energi AB

tillsätts biobränsle med stigande mängd samtidigt som mängden olja minskar. Anledningen till att pannan startas med olja är att biobränsle har en hög fukthalt, 40-50 %, och då är det svårt att få bränslet att brinna självständigt. Det finns tankar på att använda bioolja för att starta pannan i framtiden, då kommer 100 % av bränslet vara biobränsle.

3.1.3 Förbränning och energiproduktion

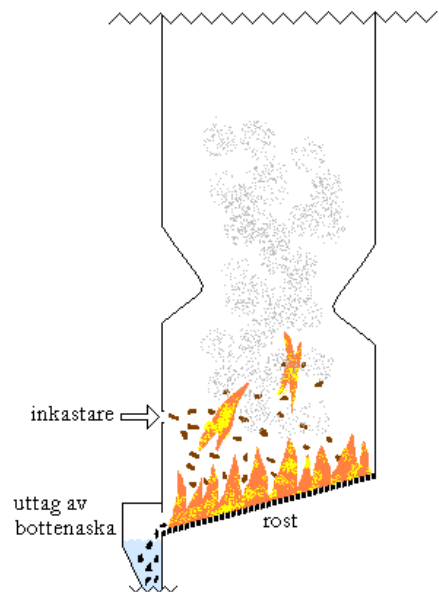
Pannan i kraftvärmeverkets huvudanläggning är en skakrostpanna. I skakrostpanna tillförs bränsle genom inblåsning så långt in i pannan som möjligt. Samtidigt som bränsle förbränns vibrerar rosten i pannan med ett visst intervall och bränslet rör sig neråt. Intervallet på vibrationerna ställs in beroende på bränslelasten och hur tjock bränslebädden ska vara. När bränslet är i slutet av snedrosten är det förbränt och askan hamnar i vattenbadet. Syftet med vattenbadet är att släcka glödande partiklar och förhindra läckage av luften i pannan som kan störa förbränningen. Förbränningen sker på flera nivåer i pannan eftersom bränsle som kastas in är av olika storlek och de minsta partiklarna förbränns i luften. Från pannans topp sprutas ammoniak in för att minska utsläpp av kväveoxid. Ammoniak reagerar då med kväveoxider och bildar vatten och syre. (Figur 3-1)¹⁰

För att elden inte ska släckas tillförs primär- och sekundärluft till pannan på flera ställen. Mängden primär- och sekundär luft styrs beroende på olika utsläpp som mäts i skorstenen. Luften innan den förs till panna förvärms i luftförvärmare, LUFO. Det finns flera LUFO mellan luftintaget och pannan. Först förvärms luften till 53° C och sedan till cirka 240° C i roterande LUFO.

Förvärmning sker med rökgaser och i det senare sker det genom att rökgaser värmer upp plåten och luften kyler den medan plåten roterar. Efter förvärmningen matas luften in i pannan.

Rökgaserna passerar tre stycken överhettare, där de kyls och värmen används för att värma upp ångan. Först innan rökgaserna lämnar pannan passerar de genom överhettare 2 och efter att de har lämnat pannan genom överhettare 3 och 1. Sedan körs rökgaser in i cyklonen, där grova flygaskpartiklar åtskils. Efter cyklonen kommer el-filter som fångar in flygaskan i rökgaserna, sedan kommer rökgasfläkten. Efter rökgasfläkten skickas rökgaser ut genom skorstenen eller in i rökgaskondens. Vart de skickas beror på elpriset. Om elpriset är högt produceras det mera el och det finns inget behov av extravärme, då stängs rökgaskondens av och det kan även kylas bort en del av värmen. För att producera mera värme när elpriset är lågt sätts rökgaskondensen på.

Runt hela pannan sitter rör som vatten rinner i och värms upp till ånga. Det vattnet är dricksvatten från Enköping som kommer in till kraftvärmeverket och först renas från kalk och salter och kallas därefter dejonat. Dejonatet som fås efter reningen pumpas in i en tank där den förvaras svalt. Sedan pumpas den in i matarvattentanken, där det förvärms med hjälp av



Figur 3-1: Panna med snedrost

¹⁰ ”Askans inverkan på beläggningstendensen i ett biobränsleeldat kraftvärmeverk”, Enköping 2004, S. Ericson

ånga till 150° C, så att det blir fritt från syre. För att få bättre korrosionsegenskaper tillsätts ammoniak till vatten. Sedan pumpas vatten till domen genom två seriekopplade ekonomisar för att värma upp vattnet ytterligare till 270° C. I domen kan lut (vattenlösning av urlakade salter) tillsättas för bättre ledningsförmåga. I domens nedre del finns vatten och övre delen ånga. Därifrån leds vatten ner till pannans botten och in i små rör runt pannan. Där värms vatten upp och blir ånga. Rör leder ånga tillbaka till domen och därifrån tas ånga ut och körs genom de tre överhettarna så att den får temperaturen 540° C, då är ångan torr, överhettad ånga. Den torra ångan leds till turbinen som driver generatoren eller till värmväxlare för uppvärmning av fjärrvärmens returvatten. I värmväxlare kondenserar ångan och leds tillbaka till matarvattentanken. På så sätt får man en sluten krets.

3.1.4 Aska

Det finns två sorters aska som produceras vid förbränning av biobränsle. Det ena är bottenaska och det andra är flygaska.

3.1.4.1 Bottenaska

Bottenaska, som framgår av namnet, fås i pannans botten. Den transporteras bort med rullband till ett särskilt rum, där den samlas in i container för vidare transport till deponi. Bottenaska består av grova partiklar, som från 10 till 30 % består av oförbränt material. På deponi samlas en uppvärmningssäsong (augusti-juni) produktion av aska, för att sedan blandas med slammet och spridas på Salixodlingar. För att kunna sprida bottenaskan på åkrar skall gränsvärdena för tungmetaller understiga gällande regler.

3.1.4.2 Flygaskan

Flygaskan består av fina partiklar som följer med rökgaserna ut ur pannan. För att separera flygaska från rökgaserna passerar de först genom cyklonen, där grövre flygaskpartiklar åtskiljs och förs antingen tillbaka till pannan för att förbrännas en gång till eller samlas in. Sedan passerar rökgasen genom el-filter där flygaskan samlas in och transporteras bort. Den typ av aska används idag som täckningsmaterial på deponi.

3.1.5 Beläggningar som bildas vid förbränningen¹¹

Det finns många typer av beläggningar som kan bildas i pannan. De två vanligaste är glasbeläggning och beläggning av saltsmältor. Det första bildas när askoxider som till exempel kalciumoxid (CaO) eller kaliumoxid (K₂O) reagerar med kiseldioxid (SiO₂). Föreningarna som bildas har låg smältpunkt och innan de stelnar kan de bilda beläggningar på ytan. Eftersom beläggningen som bildas är klibbig innan den stelnar kan till exempel sot och andra partiklar fastna i den och beläggningen växer i storlek.

Den andra typen av beläggningar som ofta förekommer är saltsmältor. Det är när kalium, kalcium eller natrium reagerar med anjoner som klor, svavel eller fosfor och bildar salter. Salterna är gasformiga och följer rökgaserna tills de träffar på kallare ytor och kondenserar. När de har kondenserat på en yta i pannan bildas en klibbig smälta. Partiklar som finns i

¹¹ ”Askans inverkan på beläggningstendensen i ett biobränsleddat kraftvärmeverk”, Enköping 2004, S. Ericson

pannan fastnar i smältan och bildar större beläggning. Det leder ofta till korrosion i pannan, antingen av själva beläggningen eller av ämnen som fastnar i den.

Kisel, kalium, kalcium, natrium, klor, svavel och fosfor finns bland annat i åkerbränsle, som till exempel Salix och kisel finns även i sand och grus som följer med bränslet. De ämnena utför en viss roll i växterna och är viktiga byggstenar. Det leder till att man inte kan använda bara Salix som bränsle i vissa pannor utan den blandas med annat trädbränsle till en viss procent för att minska riskerna för beläggningarna i pannan. På ENA Energi AB blandas det upp till 20 % Salix i bränslet utan större problem. Vid högre halterna får man en annan typ av beläggning. Men den finns exempel i Sverige där 100 % Salix förbränns utan några större problem. Det är framförallt mindre problem vid eldning i en rostpanna.

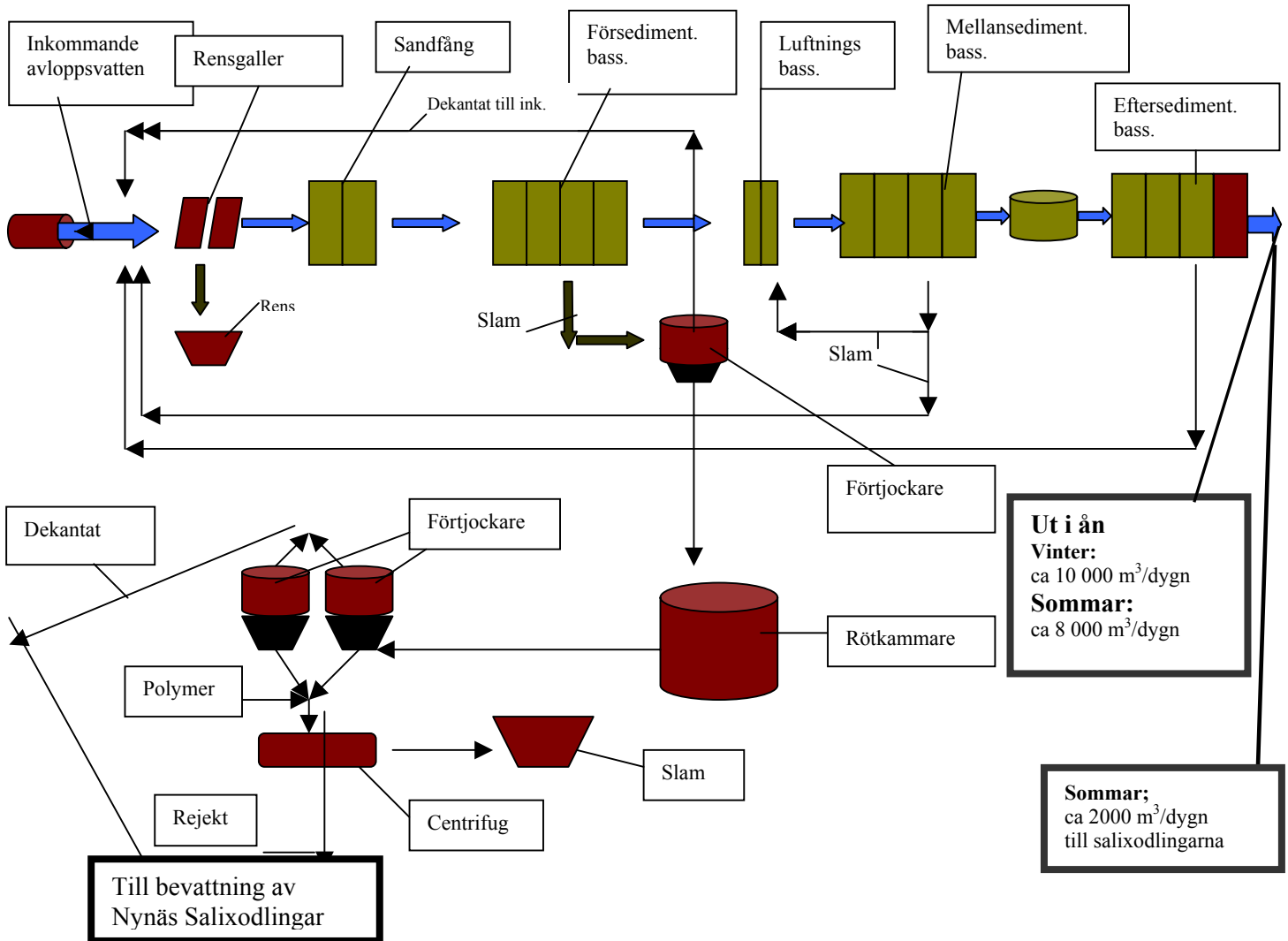
3.2 Reningsverket¹²

Enköpings reningsverk byggdes år 1968 och ligger alldeles intill Enköpingsåns östra strand. Varje dygn hanteras cirka 10 000 m³ vatten som släpps ut i ån. Sommartid släps det ut cirka 8 000 m³ och med resterande 2 000 m³ bevattnas närliggande Salixodling. Det är cirka 22 000 personer som är anslutna till reningsverket. Avloppsreningen på verket sker helt automatisk och övervakas från kontrollrum.

¹² Enköpings avloppsreningsverk

3.2.1 Drift

Processen på reningsverket består av tre steg. I de första stegen, som är mekanisk- och kemisk rening, avskiljs slammet. Nästa steg är biologisk rening, där bakterier äter upp resterande organiskt material. (Figur 3-2)¹³



Figur 3-2: Flödesschema över Enköpings reningsverk¹³

3.2.1.1 Mekanisk- och kemisk rening

Den mekaniska och kemiska reningen börjar med att det tillsätts järnklorid till inkommande vatten, så att fosfor fälls ut. Sedan rensas avloppsvatten från grova partiklar (grovrems) som trasor, papper mm. Det sker med hjälp av rensgaller. Vatten pumpas in med skruppumpar och grovrems fastnar i två parallella galler och pressas sedan ut till en container. Det produceras cirka 150 ton avskilt grovrems per år, som transporteras till deponi.

¹³ Enköpings avloppsreningsverk

I nästa steg passerar vatten genom två luftade sandfång, där sand och grus sedimenterar, men inte organiska ämnen. Det är cirka 100 ton sand och grus som produceras i sandfången per år. Om inte det steget fanns, skulle sanden som kom in i reningsverket slita hårt på maskiner.

Därefter kommer en försedimenteringsbassäng, som består av fyra fack, där hastigheten på vattnet sjunker och slammet sedimenteras. Slammet från försedimenteringsbassängens botten skrapas med mekaniska skrapor till slamfickor. Därifrån pumpas slammet ut till råslamförtjockare som är utformade som trattar.

3.2.1.2 Biologisk rening

Efter försedimenteringsbassängen kommer biologisk rening av avloppsvattnet, där första steget är två parallella luftningsbassänger. Syre tillsätts från botten och bildar biologiskt aktivt slam, som bryter ner organiskt material. Den aktiva delen består av bakterier och andra mikroorganismer som finns i slammet. Med hjälp av bakterier och mikroorganismer kan vattnet renas upp till 95-97 %. Bakterier kan sedan avskiljas i form av slam i mellansedimenteringsbassängen. Det sedimenterade slammet skrapas till slamfickor och matas tillbaka in i luftningsbassängen. Varje dag tas cirka 100 m³ slam ut från mellansedimenteringen och matas in vid avloppsvatteninmatningen. Det slammet tas om hand i försedimenteringsbassängen. Det görs för att kontrollera bakterietillväxten.

Det finns även ett till steg som kallas för eftersedimentering. Den bassängen användes förut för fosforrening, som idag sker vid vatteninmatningen på reningsverket. Man faller ut fosfor genom att tillsätta järnklorid. Fosfor som faller ut sjunker sedan till botten och blir en del av slammet. Anledningen att fosforrening sker i början är att det fungerar bättre. Eftersedimenteringsbassäng används idag som säkerhetssteg, om till exempel rening i luftningsbassängen inte skulle fungera. Det slam som sedimenterar där återförs till inmatningen av avloppsvatten.

3.2.2 Slam

Slammet som erhålls efter försedimenteringsbassängen leds till råslamförtjockaren som nämndes ovan. Där sedimenterar slammet ytterligare och dekantat leds tillbaka till inkommande avloppsvatten. För att förtjocka och klumpa ihop slammet tillsätts en polymer. Tillsättningen sker i ledningen mellan försedimenteringsbassängen och råslamförtjockaren och är cirka 750 kg per år.

I nästa steg hamnar slammet i en rötchammare, där sker under omrörning anaerob nedbrytning. Rötgasen (metan och koldioxid) utvinns vid 35° C under 30-40 dygn. Den förbränns och värmen används för att förvärma fjärvärmens returvatten. I rötchammaren sker delvis hygienisering av slammet då de flesta organismer, som virus och sjukdomsframkallande bakterier dör.

Efter rötchammaren transporteras slammet till röttslamförtjockaren, där vatten skiljs från slammet och det erhålls slam med TS-halt på 4-6 %. Det tillsätts mera polymer. Sedan avvattnas slammet i en centrifug till TS-halt på 30 %. Dekantat från röttslamförtjockare och rejekt från centrifugen används på sommaren för att bevattna Salixodlingen i närheten. Slammet läggs i form av limpor på området. Det produceras cirka 1500 ton slam per år. På våren blandas det med bottenaska från kraftvärmeverket och sprids på Salixodlingar som

gödsel. Blandningen består av 50 % slam och 50 % bottenaska och är rik på kväve och fosfor. Slammet kan spridas på åkrar med Salixodling och andra grödor, med inte på livsmedelsodlingar.

3.2.3 Historia bakom avloppsvattenspridning på Salixodling

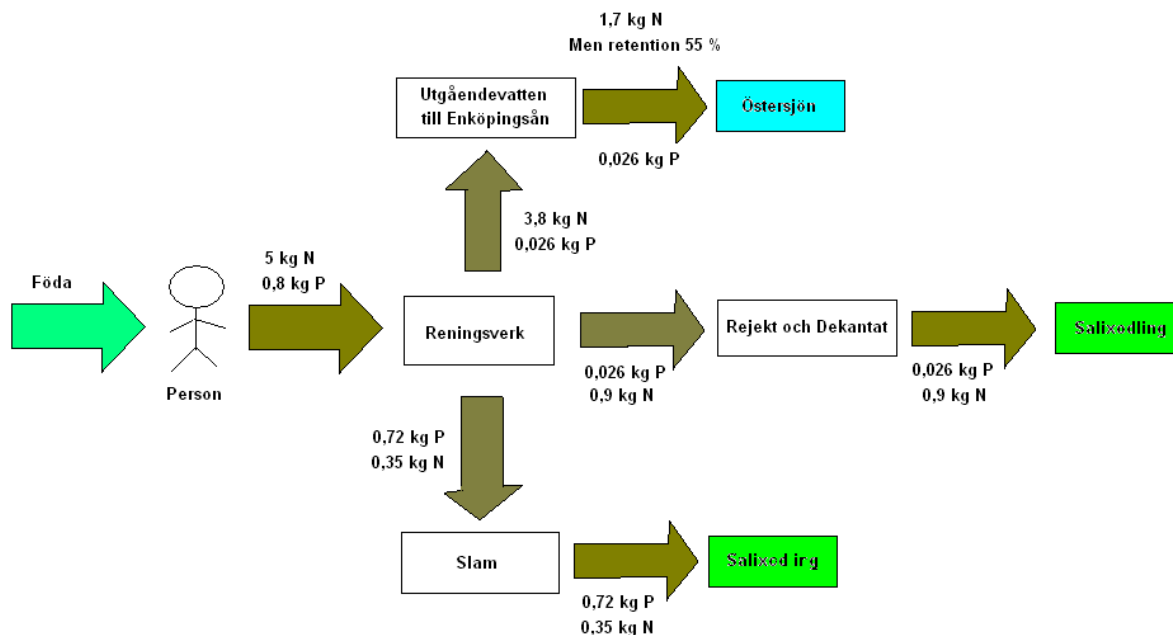
Enligt det nya EU-direktivet ska avloppsvatten renas från kväve innan det släpps ut till Östersjön. Reningen från kväve ska ske om belastningen på reningsverket är över 10 000 pe (personequivivalenter), där utsläpp av kväve från en person per dag är 13,5 g och är en personequivivalent. 10 000 pe motsvarar alltså 5 kg kväve per person och år. Det skulle motsvara 45-50 ton kväve som får släppas ut till Östersjön för Enköpings kommun.

För att klara det gränsvärdet har reningsverket i Enköping gjort beräkningar. Först gjordes beräkningar med retentionen på 55 % i Mälaren. Om reningsverket släpper ut 126 ton kväve per år med retentionen på 55 % blir utsläppet till Östersjön cirka 60 ton, vilket är för mycket enligt direktivet. Då gjordes beräkningar på hur mycket man kan reducera kväve om det kväverika delarna i vattnet tas bort. Med den kväverika delen av vattnet bevattnas en 75 ha Salixodling, som ligger i närheten av reningsverket. Då får man ner kvävemängden som släpps ut till Östersjön till 35-40 ton per år. Det värdet ligger under gränsvärdet som EU satt och Enköpings reningsverk behövde inte bygga kväverening än så länge, som skulle kosta cirka 30 miljoner kronor.

Kvävereningen bygger annars på biologisk rening, där visa delar i bassängen är anaeroba. När inget syre tillsätts omvandlar bakterier olika kväveoxider till kvävgas som sedan släpps ut. Den processen fungerar inte så bra idag och speciellt inte vintertid.

3.2.4 Kväve och fosfor

En svensk person släpper teoretisk ut cirka 5 kg kväve och 0,8 kg fosfor per år. Ungefär 30 % av det hamnar på Salixodlingen och resten i Enköpingsån. Till reningsverket i Enköping är cirka 22 000 invånare kopplade och det motsvarar cirka 110 ton kväve och 17,6 ton fosfor som måste tas om hand varje år. (Figur 3-3) Totalt bor det i Enköpings kommun 38 619 invånare, beräknat år 2007, och de som inte är kopplade till Enköpings reningsverk är kopplade till mindre reningsverk i kommunen eller har enskilda avlopp. (Tabell 3-2)



Figur 3-3: Kvävet och fosfors väg från en person till Östersjön eller Salixodlingen, beräknat utifrån värdena på kväve- och fosforbelastning på reningsverket under år 2006, i enheten kg/person och år

Det finns tre mindre reningsverk och 6 007 stycken enskilda avlopp i Enköpings kommun. Mindre reningsverk ligger i Örsundsbro, Grillby och Fjärdhundra. Slammet från de och enskilda avlopp går till slamdammar i Lundby, Djurby, Göksbo och Villberga. Det är totalt 17 000 m³ slam med 2 % TS som transporteras till slamdammarna. Av de 17 000 m³ slam kom cirka 4 000 m³ från mindre reningsverk och resten från enskilda avlopp. Totalt fås cirka 193 ton kväve och 30,9 ton fosfor per år, som tas hand på olika sätt. (Tabell 3-2)¹⁴

Tabell 3-2: Antal personer som är kopplade till reningsverken i Enköpings kommun och den teoretiska mängden kväve och fosfor per år som tas hand.¹³

Reningsverk i Enköpings kommun	Antal personer kopplade till reningsverken och har enskilda avlopp	N _{tot} [ton/år]	P _{tot} [ton/år]
Enköping	22 000	110	17,6
Örsundsbro	2 000	10	1,6
Grillby	1 000	5	0,8
Fjärdhundra	1 100	5,5	0,9
Enskilda avlopp	12 519	63	10,0
Totalt	38 619	193	30,9

3.2.5 Slamdammar i Nynäs¹⁵

Dekantat och rejekt (slamvatten) från Enköpings avloppsreningsverk samlas in i slamdammar i Nynäs under ett år och sprids på sommaren på salixodlingen tillsammans med utgående avloppsvatten. Dammar ska rymma årsproduktionen av slamvatten. Kvävemängden i slamvatten som kommer från avvattningen av slammet är 25 % av den totala kvävemängden i

¹⁴ Enköpings avloppsreningsverk

¹⁵ Per Aronsson SLU, lantbrukare Herman Arosenius Nynäs Salixodling, Enköpings avloppsreningsverk

avloppsvatten. Samtidigt som slamvatten är mindre än 1 % av det inkommande avloppsvatten på reningsverket.

Dammsystemet består av tre dammar, två stycken på 5 000 m³ och en på 20 000 m³. Det finns en anledning till varför det byggdes just tre dammar. De två små slamdammar har en mellanstegs funktion, alltså mellan reningsverket och den stora dammen, på grund av riskerna för smitta. Först fyller man de två dammarna och gör analyser av slamvattnet för innehåll av olika mikroorganismer och tungmetaller, samt ordinära kemianalyser. Eftersom slamvatten vilar i dammar under 8-9 månader sker delvis hygienisering, bakteriereduktion. Mikroorganismer som kan orsaka smitta räknas vara avdödade. Det finns även encelliga djur i avföringen hos människa och djur som kan orsaka sjukdomar och inte bör spridas i naturen, därför skickas prov till SMI (smittskyddsinstitutet) för analys. Resultatet hittills har varit att man kan bevattna Salix med slamvatten utan att den blir utsatt för smittan.

På sommaren sprids slamvatten tillsammans med utgående avloppsvatten på Salixodlingen. Det är cirka 150 000 - 200 000 m³ utgående avloppsvatten som blandas med 15 000-20 000 m³ slamvatten, vilket motsvarar cirka 30 ton kväve och 1 ton fosfor per år.

Spridningen sker med hjälp av droppslangar, som är placerade på cirka 75 ha Salixodling. För att täcka hela utan används 33 mil droppslang, som är placerad i varje dubbelrad med energiskog på avstånd 2,25 m mellan varje droppslang, med avståndet 80 cm mellan hål i slang. Salixodlingen är uppdelat i sex olika block på 10-15 ha och bevattnas en i taget under cirka 5 timmar per dygn och under tillväxtperioden, som sträcker sig från maj till och med augusti. Bevattning sker inte vid nederbörd.

Bevattningen skall vara så jämn som möjligt och på grund av det naturliga tryckfallet i slang finns det tryckreglering, som jämnar ut trycket över hel odlingen. Vid slamdammar finns det en automatisk primärfilterstation som filtrerar bort partiklar som kan sätta igen systemet. Det finns även sekundärfilterstationer på fyra olika ställen som filtrerar partiklar. Sekundärfilterstationerna är manuella. Filtreringen behövs för att annars sätter partiklarna igen hålen i slangens tryckreglering.

Mellan Salixodlingen och Enköpingsån finns det en invallningspump som pumpar ut vatten som dränerats från området runtomkring och även från skogen. Anledningen att man pumpar vatten är för att göra marken odlingsbar. Det tas prover även på det vattnet för tungmetallernas innehåll, samt för kväve och fosfor läckage till Enköpingsån.

3.2.6 Andra slambassänger¹⁶

Förutom slamdammar i Nynäs finns det också slamdammar i Djurby, Göksbo, Lundby och Villberga Gårdar. Kommunen har anlagt 2 dammar på 3 500 m³ per gård. Anledningen att slamdammar finns där är att husen i de områdena inte är kopplade till kommunala avlopp, utan det är en lastbil som kommer in och pumpar upp slammet från brunnar och mindre reningsverk och sedan transporterar det till slamdammar. Först fylls den ena dammen fram till månadskiftet juni-juli och sedan får den vila och hygieniseras under ett år. När slammet i den ena dammen vilar fylls den andra dammen. Dammarna fylls underifrån för att inte oroa slammet i dammen för mycket.

¹⁶ Enköpings kommun, Enköpings avloppsreningsverk

Slammet som man får är blötslam, som sprids på Salixodlingar på gården. Det slammet är lättare att hantera genom att det är lättare att sprida på åkermark. Spridningen sker med hjälp av en stor spridarslang som rullas ut i en rad i taget, sedan rullas den sakta upp under cirka 5 timmar och slammet sprids. Efter 5 timmar byter man rad och proceduren upprepas. Innehållet i slamdammen måste blandas före spridningen, eftersom slammet sedimenterar på botten. Det görs med hjälp av en propeller. Efter blandningen pumpas slammet ur dammen. I pumpen finns det en kniv som krossar stora delar som plast, blöjor, papper mm. Slammet pumpas in i en platt slang som är kopplad till spridarslangen vid Salixodlingen. Spridningen kan ske när Salixen inte är för hög.¹⁷

3.2.7 Gränsvärden

För att kunna sprida slam på åkermark ska gränsvärdena på tungmetaller klaras (Tabell 3-3). För att säkerställa detta tas prover för analys på flera ställen på reningsverket. Samlingsprover på utgående vatten tas flera gånger om dagen och samlas in till ett primärprov som skickas till labbet på reningsverket och till SMI. Prover tas även på slam, slamvatten och vid invallningspumpen vid Salixodlingen.

Tabell 3-3: Gränsvärden för tungmetaller [ml/kg TS] i slam¹⁸

Bly (Pb)	100
Kadmium (Cd)	2
Koppar (Cu)	600
Krom (Cr)	100
Kvicksilver (Hg)	2,5
Nickel (Ni)	50
Zink (Zn)	800

Om gränsvärdena inte klaras och eftersom det är förbjudet att deponera slam skall ansökan om dispens för deponering göras. Förutom en dispens skall det också göras en undersökning om vad det var som orsakade höga gränsvärdena. Eftersom slammet ligger i identifierbara partier för varje månad, så behövs inte deponering av årets slam produktion, utan bara för den månad som analysen representerar. Det minskar mängden slam som måste deponeras.

Gränsvärden existerar även för slamvatten och hittills har de klarats bra. Om det skulle förekomma att slamvatten har för höga tungmetallhalter eller några smittomikroorganismer, så ska det inte spridas på Salixodlingen. Därför pumpar man slamvatten först till små slamdammar, för att få mängden oanvändbart slamvatten så liten som möjligt. Sedan får man ner volymerna genom att låta det torka och sjunka. Därefter skall slamvattnet deponeras och eftersom det inte får läcka ut, så skall deponin täckas.

Det finns även gränsvärden för olika mikroorganismer, men de har klarats bra. Till exempel salmonella förekommer inte alls i slam och slamvatten.

¹⁷ Lantbrukare Lars Helgstrand, Salixodlingar Lundby

¹⁸ Enköpings avloppsreningsverk

3.3 Salix¹⁹

Salix är en art av pil och vide som är speciellt framtagen för odling på åkermark och energiproduktion. För att få fram en snabbväxande hybrid har olika Salixarter korsats med varandra för att passa den sortens odling. Framtagningen av olika Salixarter som är anpassade för olika klimat och tåliga mot skador och skadegörare började på 1970-talet. Förutom att Salix är en snabbväxande flerårig jordbruksgröda som också är relativt lätt och billigt att plantera med sticklingar. Den kan bidra till långsiktigt hållbar lokal energiförsörjning genom att planteras nära sin användare.

3.3.1 Markförberedelser och plantering

Innan Salix planteras är det bra att veta mera om marken som ska användas. Salix växer bra i marker med pH-värde mellan 5,5 och 7,5. Om planteringen är planerad på sandjordar är det viktigt att det finns god tillgång på vatten. Lämpliga jordar för odlingen av Salix är mojordar, lätta leror, mellan leror och även styva leror. Den växer bra på mulljordar, men sådana kan vara utsatta för frost och är svårskötta med avseende på ogräsbekämpningen. Om odlingen befinner sig nära skogsområde kan viltskador förekomma. Odlingen ska vara lätt åtkomlig från vägar eftersom transporten av flis sker med tunga lastbilar.

Vid markförberedelser är det viktigt med ogräsbekämpning, både kemisk och mekanisk, för att ogräset konkurrerar med Salix om ljus, näring och vatten. Salix kommer annars att försvagas och växa dåligt. Den kemiska ogräsbekämpningen ska ske ett år före planteringen för att utrota fleråriga ogräs som kvickrot och tistel. Marken besprutas med glyfosatpreparat under sommaren. Den mekaniska ogräsbekämpningen sker på hösten. Då skall marken plöjas och om ogräset finns kvar på våren kan sprutningen med glyfosat utföras en gång till, men så sent som möjligt före planteringen.

Innan planteringen ska marken harvas med bearbetningsdjup på 6-10 cm. Bearbetningsdjupet är speciellt viktigt om marken består av hårda leror. Större stenar skall plockas bort, eftersom de kan skada sågen vid kapningen av Salix.

Planteringen sker från slutet på april och fram till mitten på juni. För att få bättre etablering och tillväxt under första året skall planteringen ske så fort som väder och mark tillåter. Planteringsmaterial består av ettåriga Salixskott som har skördats på vintern och bevarats under -4°C och levereras några dagar innan planteringen. Under planteringen skall Salixskotten bevaras i sval skugga. Planteringen sker med hjälp av en maskin som samtidigt klipper Salixskott till stickningar av cirka 18 cm och trycker de ner i marken, så att bara 1-2 cm sticker upp. Då får stickningarna bättre jordkontakt och mindre risk för uttorkning.

Salix planteras i förband med dubbla rader. Avståndet mellan raderna är 75 cm och mellan dubbla rader cirka 150 cm. Plantorna i raderna planteras 60-65 cm ifrån varandra. Vid skörden skördas två rader åt gången. Det görs cirka 13000 stickningar per hektar. Man skall lämna vändstig på 8-10 m så att maskinerna skall kunna vända och kantzoner på 3 m i övriga delar av odlingen.

¹⁹ ”Manual för Salixodlare”, Lantmännen Agroenergi AB/Salix Örebro, J. Gustafsson, S. Larsson, N E. Nordh

Inom en vecka efter planteringen och innan stickningar börjar ge skott skall odlingsmarken sprutas med lämpligt jordherbicid, som hindrar fröogräs att utvecklas. Senare på säsongen när verkan från herbiciden sjunker skall odlingen behandlas mekanisk för att hålla ogräset under kontroll. Om ogräsbekämpningen varit effektiv under planteringsåret behövs inga ytterligare insatser, men på de ställen där ogräsbekämpningen har varit mindre bra, kan marken bearbetas mekaniskt några gånger till. Det ger Salix en chans att växa ifrån ogräset. För att få tätare bestånd kapas plantorna på vinter efter planteringen.

3.3.2 Gödsling²⁰

För att få bra tillväxt skall Salixodlingen efter etableringen gödslas främst med kväve. Det kan göras antingen med handelsgödsel eller med slam från lokal avloppsrening. Om slam används skall extra kvävegödsling användas. Vid äldre bestånd frigörs kväve från nedfallande blad och gödslingsbehovet minskar. Den mängd kväve som bortförs med skott vid skörden skall kompenseras. Odlingen gödslas inte under tredje tillväxtsåongen eftersom Salix då är så stor att det blir svårt att köra ut gödslingsmedel.

I Sverige finns tvärvillkor som gäller slamspridning oavsett om det sker från ett enda hushåll eller från ett stort reningsverk. Tvärvillkoren talar om på vilken mark och på vilka grödor man inte får sprida slam, om hur höga tungmetallhalter åkermark får ha där slammet ska spridas, om vilket kvalitet slammet skall ha, samt om hur mycket slam får spridas per hektar.

- Slam får inte spridas på betesmark, på åkermark som används till bete, på mark där det odlas bär, potatis, frukt som inte växer på träd eller rotfrukter och på mark som det inom 10 månader ska skördas vall på eller odlas grönsaker och frukt som har direktkontakt med marken.
- Tungmetallhalten i marken får inte överstiga gränsvärdena om slammet skall spridas på den. (Tabell 3-4) Anledningen att metallhalterna inte får vara för höga är för att de kan överföras till grödan som då kan bli skadlig som föda och foder.
- Innan slammet sprids på åkermark skall det först behandlas för att minska riskerna för lukt och smitta. Behandlingen kan vara biologisk, kemisk eller en värmebehandling. Slammet kan också behandlas genom långtidslagring, som sker i slambassänger.
- Förutom att det finns gränsvärden för hur mycket tungmetaller per hektar som får tillföras till åkermark med slam och begränsning för tillförsel av kväve och fosfor, får det maximalt ges sjuårsgiva vid en och samma tillfälle. (Tabell 3-4)

²⁰ Lantmännen Agroenergi AB

Tabell 3-4: Gränsvärdena för tungmetaller år 2007 i mark som slammet kan spridas på och i slam som kan spridas på åkermark. Årlig tillförsel av metaller med slam är räknat i genomsnitt för ett sjuårsgiva.²¹

Metall	Max metallhalt i mark [mg/kg TS]	Max metallhalt i slam [mg/kg]	Årlig max tillförsel av metaller med slam [g/ha]
Bly (Pb)	40	100	25
Kadmium (Cd)	0,4	2	0,75
Koppar (Cu)	40	600	300
Krom (Cr)	60	100	40
Kvicksilver (Hg)	0,3	2,5	1,5
Nickel (Ni)	30	50	25
Zink (Zn)	100	800	600

Slamspridningen kan ske året innan planteringen, året efter planteringen och efter skörden. Efter att slammet spridits på odlingen skall den nedmyllas för att minska förlusterna av kväve i form av ammoniak och för att uppfylla de hygieniska kraven. Om spridningen sker på växande gröda utan nedmyllning skall ogräskultivering göras för att få bättre kontakt mellan jorden och marken och få snabbare nedbrytning av organiskt material. Om det inte görs kan det leda till problem av smittskyddskaraktär. Vid slamspridningen tillgodoses behovet av fosfor, men inte av kalium och kväve som då behöver tillföras på ett annat sätt.

I Enköping får man kalium genom att blanda det torra slammet från avloppsrening med bottenaska från kraftvärmeverket. Blandningen består av 50 % slam och 50 % aska och det sprids 20 ton/ha, vilket motsvarar en sjuårsgiva. Innan varje spridning tas markanalyser för tungmetallsinnehåll och innehåll av fosfor. För att kunna sprida slam på den marken ska gränsvärdena inte överstigas (Tabell 3-5). Vid spridning av slam och aska-blandningen får inte heller gränsvärdena för tungmetaller överstigas (Tabell 3-4). Till exempel i jordprov 3 ligger mängden bly över gränsvärdet och på den marken som provet representerar skedde ingen spridning av slam och aska (Tabell 3-5).

Om mängden tungmetaller i marken ligger nära gränsvärdena, så kan givan modularas genom att variera storleken på den. Det kan spridas en treårs-, femårs- och sjuårsgiva på odlingen. På visa Salixodlingar i Enköping sprids extra kvävegödsling, dock mindre mängder än rekommendera. Om det skulle spridas mera kvävegödsel skulle tillväxten vara bättre på de odlingarna.

Tabell 3-5: Jordprov som gjordes under januari, 2007 på Salixodlingar i Lundby²²

Metall	Jordprov 1 [mg/kg TS]	Jordprov 2 [mg/kg TS]	Jordprov 3 [mg/kg TS]	Jordprov 4 [mg/kg TS]
Bly (HNO3)	16 (40)	18 (40)	85 (40)	16 (40)
Kadmium (HNO3)	0,35 (0,4)	0,16 (0,4)	0,2 (0,4)	0,26 (0,4)
Koppar (HNO3)	21 (40)	14 (40)	16 (40)	18 (40)
Krom (HNO3)	16 (60)	18 (60)	18 (60)	16 (60)
Nickel (HNO3)	13 (30)	11 (30)	12 (30)	12 (30)
Zink (HNO3)	58 (100)	76 (100)	68 (100)	59 (100)

²¹ Lantmännen Agroenergi AB

²² Lantmännen Agroenergi AB

När slammet från enskilda avlopp sprids från slambassänger blandas det inte med askan. Teoretisk kan spridningen ske flera år i rad på samma odling, dock inte år tre då Salix är för hög. Men eftersom mängden slam är begränsad sker spridningen varje år på olika delar av odlingen, dessa är cirka 10 hektar stora. Det sprids mellan 300 till 400 m³ slam per hektar. Hur mycket som sprids beror på analysvärdena på tungmetaller, som gäller för respektive damm och år. Under år 2007 spreds det cirka 366 m³ slam per hektar och det motsvarade 73 kg N (NH₄-N) och 4 kg fosfor per hektar. Teoretisk skulle det räcka, men kväve är bundet i proteiner och är svårtillgängligt för Salix. Det kan lösas på sikt genom att proteiner bryts ner över tiden.²³

3.3.3 Avverkning

Salix skördas var 3-4 år, då vedbiomassan överstiger 25 ton TS per hektar eller diametern vid basen på de grövsta skotten överstiger 6 cm. Skörden sker på vinter, då Salix har tappat blad och invintrat sig. Det vanligaste sättet att avverka Salix är skörda och flisa Salix på samma gång med en speciell maskin. Sedan samlas flis i en container och transporteras till värmeverket för förbränning. Flisad Salix skall inte lagras under längre tid på grund av den nedbrytning som sker vid höga fukthalter. En annan metod är att hela skotten skördas och lagras vid sidan. Sedan transporteras de till värmeverket och flisas innan förbränningen.

Om Salixodlingen skall avslutas för att plantera något annat eller för att plantera om Salix görs det på följande sätt: Först efter att Salix har skördats sista gången ska stubbarna vara kvar och bilda nya skott under våren. Under sommaren när Salix har växt upp ska odlingen bredsprutas med en blandning av bekämpningsmedlet glyfosat och MCPA (2-Methyl-4-ChloroPhenoxyacetic Acid, C₉H₉ClO₃) för att döda oönskade plantor och ogräs. Sedan används betesputsare för att slå sönder unga skott och stubbar. Till slut används tunga tallrikredskap som skär sönder stubbar och rotrester utan att riva upp dem till markytan. Efter det kan marken planteras om.

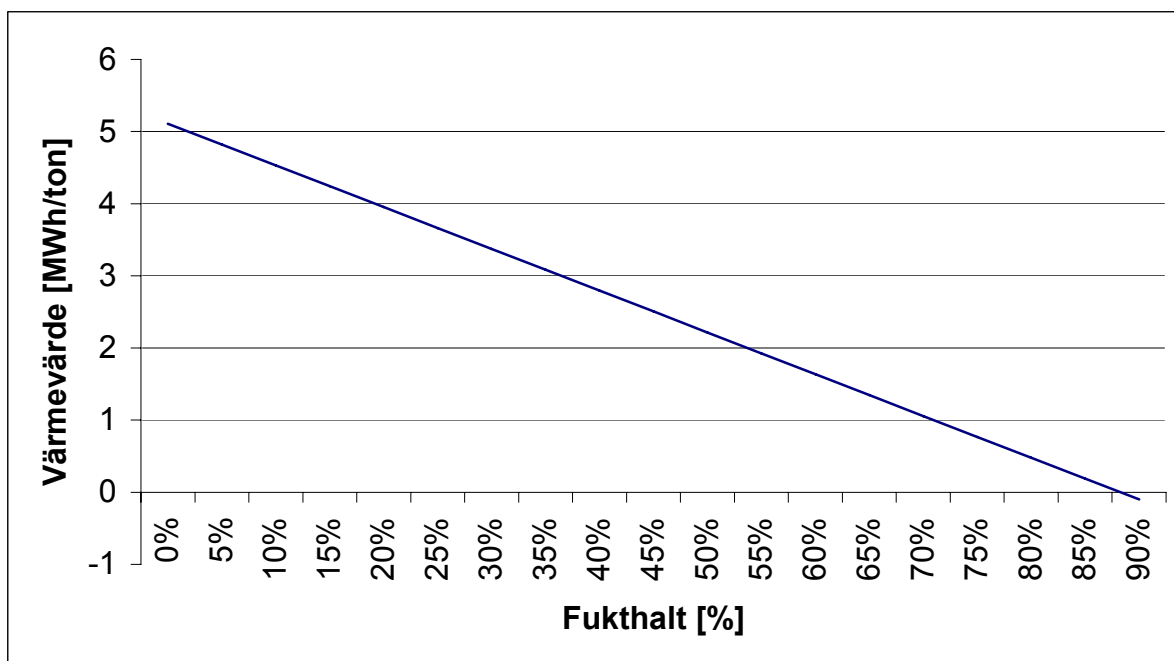
3.3.4 Tillväxt och energiinnehåll

Om Salixodlingen sköts bra kan man få en tillväxt på 8-10 ton TS flis per hektar och år. Salixodlingar har en livslängd på mer än 25 år och kan då skördas cirka 5-8 gånger.

Värmevärde är energiinnehåll i bränslet vid förbränningen. Det ofta talas om två olika värmevärden: det kalorimetriska och det effektiva värmevärdet. Kalorimetriska värmevärdet är den teoretiska värmemängd som kan utvinnas vid förbränning med förutsättningen att all fukt i rökgaserna kondenserar till vätska. Det effektiva värmevärdet är det kalorimetriska värmevärdet minus den energi som bildas i vattenånga i rökgaserna. Om det inte finns någon rökgaskondensering på kraftvärmeverket försvinner den energin tillsammans med rökgasen. Effektivt värmevärde i Salix varierar beroende på fukthalten. I torr biomassa ligger effektivt värmevärdet på över 5 MWh/ton (Figur 3-3). Normalt ligger fukthalten i Salixflis mellan 50 till 55 % och det motsvarar ett effektivt värmevärde på 2,0 MWh/ton. Men om man lagrar hela skott kan fukthalten sjunka till 30 % motsvarande ett värmevärde på 3,2 MWh/ton.

Effektivt värmevärdet kan också variera beroende på askhalten i bränslet, eftersom askan är det oförbrända materialet. Salixflis har askhalter mellan 1-2 % av torrsubstansen.

²³ Lantbrukare Lars Helgstrand, Salixodlingar Lundby



Figur 3-3: Effektivt värmevärde som funktion av fukthalten i Salix²⁴

3.3.5 Skador

Det finns olika skador och skadegörare som kan påverka Salixodlingar negativt. De är frost, bladrost, bladbaggar, stamlöss och vilt.

3.3.5.1 Frost

Förut var det många Salixodlingar i Sverige som skadades av frost. Problemet löstes genom växtförädlingen, genom att ta fram Salixarter som är mera frosttåliga. De Salixarterna kan även planteras längre norrut Sverige.

3.3.5.2 Bladrost

Bladrost är en svampinfektion på bladen. När svampen angriper bladen försämras deras funktion som leder till produktionsförluster. Vid svårare angrepp kan bladen vissna och falla ner, då förlorar växten sin nattklocka. Nattklockan hjälper växten att anpassa sig för vinter, genom att känna efter när natten blir längre. Utan den förmågan får växter frostsador när hösten kommer. Även det problemet kan lösas genom växtförädling. Idag finns det Salixarter som bara får liten skada eller ingen alls.

3.3.5.3 Bladbaggar

Bladbaggar förekommer i alla Salixodlingar och de äter av bladen, men orsakar normalt ingen skada. Eftersom bladbaggepopulationen varierar med åren, kan den vissa år bli så stor att den orsakar skada på odlingen. Även här har nya Salixarter tagits fram, som är resistenta mot bladbaggar.

²⁴ ENA Energi AB

3.3.5.4 Stamlöss

Stamlöss sitter på Salixstammarna och suger kolhydrater direkt ur den. Själva lössen är inte farliga, men de skapar en inkörsport för en viss sorts bakterier. Det är samma sorts bakterier som används för tillverkning av konstgjord snö genom att höja fryspunkten hos vatten. De bakterierna leder till frostsador hos Salix. Alla odlingar har dock hittills klarat sig, även om de såg riktigt skadade ut.

3.3.5.5 Viltskador

Sork, mullvad och bävrar kan skada odlingen genom att gräva luftkanaler i marken och äta upp rötter. Det leder till att delar av eller hela odlingen måste planteras om. Även älgar och rådjur kan leda till skada vid etableringen av odlingen.

3.3.6 Salixodlingen i Nynäs

Kretsloppprojektet med bevattning av Salixodlingar med slamvatten startades år 2000. Anledningen till det var att reningsverket har fått krav på kväverening via ett EU-direktiv. Enligt kontraktet med markägaren skall kraftvärmeverket ta emot bränsle i form av Salixflis från odlingen.

Salix skördas var tredje år och idealiskt vill man skörda en tredjedel av odlingen varje år, men i verkligheten varierar siffran. Förutom bevattningen med kväve- och fosfor-rikt vatten tillsätts inget mer gödsel. Vattnet som odlingen bevattnas med är cirka 10-20 % slamvatten och 80-90 % utgående avloppsvatten från reningsverket. Varje år tillförs odlingen cirka 100 till 150 kg kväve per hektar. Salixflis innehåller 0,5 % kväve i torr substans. Upptaget av kväve i flerårig vävnad är mellan 50-75 kg per hektar och år. Resten av kvävet tas upp i bladen och rötterna eller utgår från odlingen i form av kvävgas och lustgas.

Tabell 3-6: Bevattning av Salixodlingen med slamvatten och tillförda kvävemängden under år 2002-2006²⁵

År	Totalt bevattning [m3]	Andel rejekt och dekantat [%]	Medel bevattning [mm]	Medel halt N-tot [ml/l]	Mängden N-tot [kg/ha]
2002	192 400	10,7	256	64	160
2003	191 000	9,8	255	62	157
2004	184 300	7,2	246	64	144
2005	126 000	8,1	168	58	97
2006	147 500	18,8	197	129	254

Salixkloner som används är till största del ”Tora”. När Salix planteras görs det cirka 11 000-12 000 stickningar/ha. Salixpinnarna som sticks in ska inte vara för grova eller för tunna. I Nynäs odling ligger droppslangen för bevattning på markytan vilket gör den mekaniska ogräsbekämpningen svår. Det går att bearbeta breda gatorna mellan dubbla Salixrader, men inte de smala gatorna, där droppslangen är placerad. Därför är det bäst att rulla ut droppslangen andra året, så att ogräsbekämpningen blir effektiv.

Förutom ogräs kan man ha problem med bladbaggar, frost, svampar och olika djur, som sork, bäver och mullvad, som kan förstöra plantan. Salixodlingar i Nynäs visar sig klara bladbaggar

²⁵ Lantbrukare Herman Arosenius, Nynäs Salixodling

bra. Salixklonen ”Tora” klarar svampangrepp bra, medan andra sorter är mera känsliga. Ett år var det problem med stamlöss, vilket ledde till att bakterier tog sig in i Salixstammen. De bakterierna ledde till frostsador på vintern. Det var nära att Salixplantorna dog, men de klarade sig till slut. Stora problem med sork i Nynäs ledde till att några hektar måste planteras om eftersom sorken bygger luftkanaler under marken och äter plantans rötter.

Tillväxten i Nynäs är mycket bättre än på andra Salixodlingar. Det är tack vara god närings- (kväve och fosfor) och vattentillgång (Tabell 3-7).

Tabell 3-7: Tillväxt på Salixodlingar i Nynäs och energiinnehåll, omräkningsfaktor 4,1 MWh/ton TS²⁶

Period	Area [ha]	Total skörd [ton TS]	Total skörd [ton/ha TS]	Total skörd [ton/ha,år TS]	Total energi [MWh]
2003/2004	19	535,4	28,2	9,4	2 195,1
2004/2005	11,5	192,2	16,7	5,6	788,0
2005/2006	19	432	22,7	7,6	1 771,2
2006/2007	40	991,8	24,8	8,3	4 066,4

3.3.7 Miljöpåverkan hos Nynäs- och andra Salixodlingar

3.3.7.1 Kväveläckage till grundvatten²⁷

Med hjälp av SLU har kväveläckaget till grundvatten studerats. Det gjordes genom att installera grundvattenrör i odlingen. Rören installerades på 80 och 100 cm djup. Grundvattenprov togs under år 2003-2006 för kemisk analys. Kvävehalterna i grundvatten varierade avsevärt under tiden. Under vintern år 2003-2004 steg kvävehalterna i grundvattnet snabbt. Senare på våren 2004 sjönk kvävehalterna till mycket låga nivåer på 1-2 mg kväve per liter. Sedan steg de igen under sommaren 2006 till 10-12 mg kväve per liter. Det spekuleras i att beståndsdynamiken kan ha inverkan på variationer i kvävehalterna. Under år 2003 var skotten 3-åriga och skördades på våren 2004. År 2006 steg kvävehalterna i grundvattnet igen, som till viss del kan förklaras med att det detta år var en kraftigare tillförsel av kväve än andra år och att skotten var i tredje årets tillväxt. Det kan tillföras 200 kg kväve per hektar och år utan betydande kväveläckage.

3.3.7.2 Lustgasemissioner vid Salixodlingen²⁸

Förutom kväveläckaget till grundvatten finns det lustgasemissioner i samband med odlingen. Lustgasen är en kraftig växthusgas och 1 kg motsvarar 296 kg CO₂-ekvivalenter. Lustgasemissionerna beror på temperatur, regn, kvävehalt i marken, mm och kan relateras till den årliga kvävetillförseln till odlingen. De uppmätta lustgasemissionerna under år 2003-2004 var cirka 8,9 kg per hektar och år. Hänsyn kan i beräkningen också tas till att Salixodlingar är en sänka för koldioxid och binder in kolet i biomassan, att gödningen ger ökad tillväxt och emissioner som skulle uppstå från reningsverket och handelsgödsel om ingen bevattning med slamvatten skedde. Om allt detta omräknas till CO₂-ekvivalenter får man att lustgasemissionerna är mindre än det kolupptaget i växterna plus de alternativa

²⁶ Herman Arosenius, Nynäs Salixodling

²⁷ ”Reningsseffekt – miljöpåverkan hos Salix för avloppsrening”, Uppsala 2007, SLU

²⁸ ”Fluxes of N₂O, and nitrate leaching from a wastewater irrigated willow plantation”, Uppsala 2007, SLU

lustgasemissionerna från reningsverket och handelsgödsel som på grund av bevattning med slamvatten inte använts. Alltså blir det en positiv effekt.

3.3.7.3 Tillförsel och upptag av tungmetaller

Vid slam och slam/aska spridning tillförs det tungmetaller till Salixodlingen. Mängden tungmetaller som får spridas är begränsad och från de värdena kalkyleras mängden slam och slam/aska blandningen som får spridas varje gång. Men Salix har en förmåga att ta upp tungmetaller, speciellt kadmium. Det gjordes undersökning av Ioannis Dimitriou på hur lång tid det skulle ta att fördubbla mängden tungmetaller i marken vid spridningen av slam/aska blandningen (Tabell 3-8).

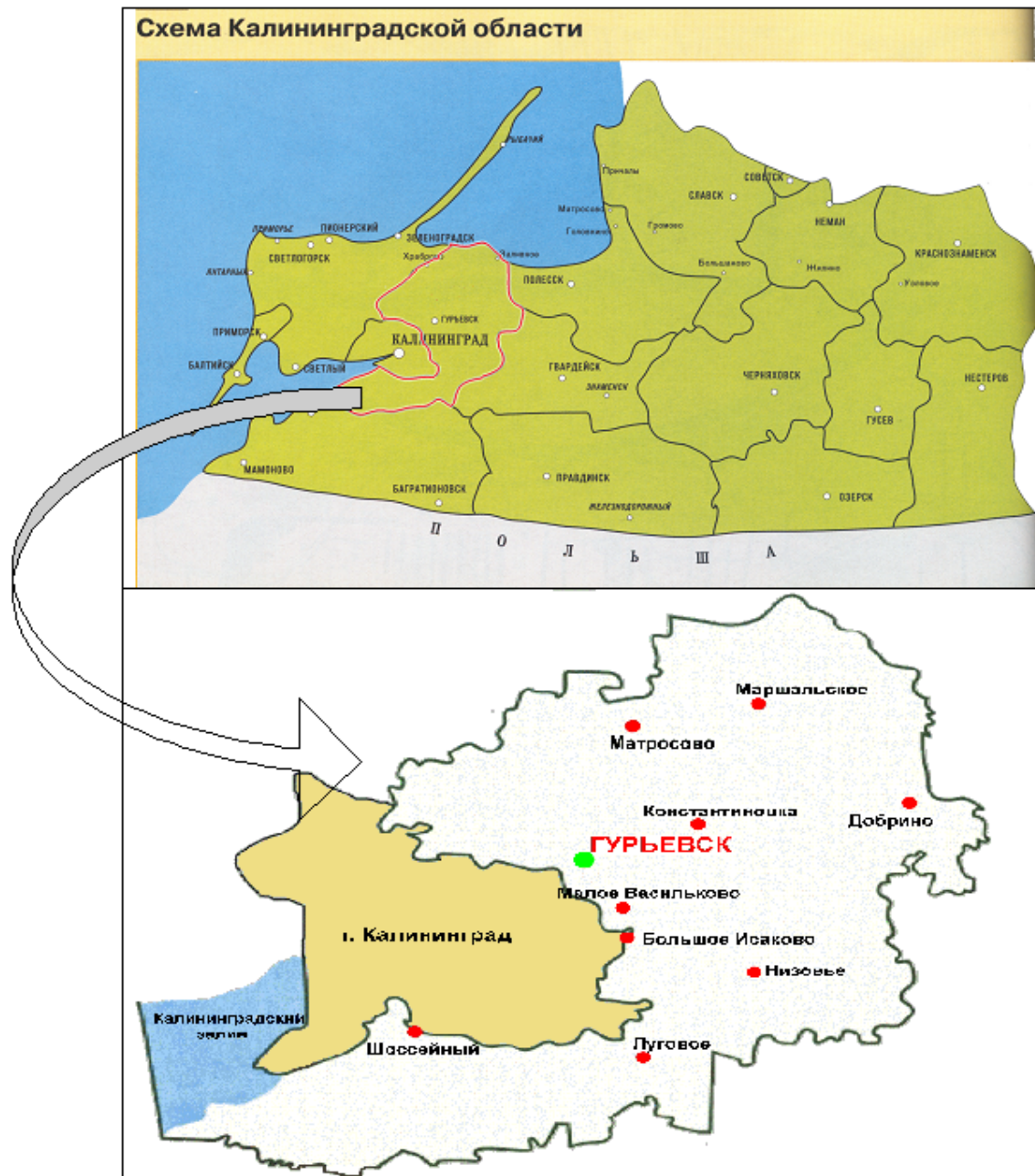
Tabell 3-8: Total tungmetall mängd i marken (0-15 cm djupt) i Lundby, förändringen i % efter 25 års spridning av slam/aska blandningen på Salixodlingen, samt antal år som krävs för att fördubbla mängden tungmetaller i marken vid slam/aska spridningen på Salixodlingen.²⁹

Tungmetall	I jorden [kg/ha]	Förändringen i % i marken efter 25 år av slam/aska spridning på Salixodlingen	Antal år för att fördubbla mängden i jorden vid slam/aska spridningen
Kadmium (Cd)	0,36	-26	-95
Krom (Cr)	92,6	<0,81	>3 068
Koppar (Cu)	59,1	12,2	204
Nickel (Ni)	53,4	0,51	4 854
Bly (Pb)	43,3	0,92	>2 706
Zink (Zn)	225	5	833

Eftersom Salix är bra på att ta upp kadmium kommer metallens mängd i marken att halveras efter 95 år, även om kadmium tillförs med slam/aska blandningen. För krom, nickel och bly kommer det ta flera tusen år att få dubbelt så stora mängder i marken. Inte ens zink innebär något större problem, det kommer att ta över 800 år att fördubbla halten i marken. Den enda metallen som kan leda till praktiska problem är koppar, eftersom det tar bara drygt 200 år för att fördubbla halterna. Hållbarheten i systemet verkar inte vara hotad, kanske med undantag för koppar. Kadmium som är mest farligt för människor av alla de metaller kommer att tas upp av Salix, även om odlingen gödslas med slam/aska blandningen.

²⁹ Performance and Sustainability of Short-Rotation Corps Treated with Municipal and Industrial Residues, Ioannis Dimitriou, 2005

4 Kaliningradregionen



Figur 4-1: Karta över Kaliningradregionen och Guryevsk kommun³³

Kaliningradregionen är en enklav och en del av Ryssland som ligger mellan Polen och Litauen. Genom enklaven rinner floden Prigol, som har avrinning till Östersjön. År 2004 bodde det 968 200 invånare i regionen av vilka cirka 430 000 bodde i staden Kaliningrad (Figur 4-1). I regionen finns inte så stora bränsleresurser jämfört med resten av Ryssland, så att regionen kan täcka sitt energibehov och vara självförsörjande. Det finns tillgången på olja och torv. Produktionen av olja har toppat under år 1986 och var då 1,5 miljoner ton per år. Under 2000-talet har det producerats bara 700 tusen ton olja per år. Torven utgör cirka 7 % av fastlandet i regionen. Torvresurserna beräknas vara cirka 2,5-5,0 miljarder m³. Det finns även

tillgångar på brunkol, men det utvinns inte på grund av dess ringa storlekar och att de befinner sig på badorten.³⁰

Bioenergipotentialen är stor i området och den utnyttjas inte idag. I fastlands del av Kaliningradregionen finns 18,5 % skog och i olika områden kan den variera mellan 5,5 till 40,5 %. Den totala skogsarealen är 242 tusen hektar. Det avverkas cirka 450 tusen m³ skog per år och efter skogsavverkningen finns det cirka 100-140 tusen m³ skogsrester i form av GROT kvar. De resterna förbränns oftast i närheten av skogen eller ruttnar på plats.³¹

Efter att Sovjetunionen upphört har energiförsörjningen av Kaliningradregionen försvårats, eftersom den sker på elnätet genom Vitryssland och Litauen. Stor del av elektriskenergi som används kommer från kärnkraftverket i St.Petersburg och det litauiska kärnkraftverket Ignalina, som är planerat att tas ur drift den närmaste tiden. Kaliningradregionen är beroende av bränsleimporten genom Litauen, som har kommit med i EU, och det leder till ett energisystem som är mera känsligt för störningar. Dessutom förväntas att Litauen byter elnätets tekniska parametrar till europeisk standard, som skiljer sig från de ryska, och elektricitetimporten genom och från Litauen blir då omöjligt. Problemet kan lösas genom att öppna kraftvärmeverket ”ТЭЦ-2” (kraftvärmeverk-2) som kommer att ha 900 MW effekt och gå på naturgas. Det planeras också att rekonstruera andra kraftvärmeverk och även där övergå till energiproduktion med naturgas istället för mazut. Vattenkraftverket kan byggas ut till 30 MW och även biobränsle i regionen kan användas.³²

I regionens energianvändning står elektriciteten för 16,8 %, diesel och bensin för 24,2 %, naturgas för 34,9 %, mazut (tjock eldningsolja) för 13,4 %, kol för 8,7 % och biobränsle står bara för 0,4 %. Biobränslet består till största del av flis och torv, men också av restprodukter från pappersindustri och möbelindustri. Den elektricitet som används i Kaliningradregionen kommer till 92 % från kärnkraftverken ”Ленинградская АЭС” (Leningradskaja kärnkraftverk) i St.Petersburg och Ignalina i Litauen.³³ Produktionen av elenergi inom regionen sker till 82 % på kraftvärmeverket, 17 % på små vattenkraftverk och cirka 1 % från vindkraftverk och de står för cirka 7-8 % av energibehovet i regionen. Totala energiförbrukningen i regionen för år 2005 var cirka 4 TWh elenergi och cirka 4,9 TWh värmeenergi. Kraftvärmeverk större än 130 MW, små kraftvärmeverk och vindkraftverk på cirka 5 MW är kopplade till ett elenergisystem som kallas ”Янтарьэнерго” (Jantarenergo).³²

4.1 Guryevsk kommun

Guryevsk kommun ligger runt staden Kaliningrad och är befolkningsmässigt tredje största kommun i regionen (Figur 4-1). Kommunen är 136 300 hektar stor, av vilket odlingsmark är 54 700 hektar, vatten är 48 500 hektar, skog 9 900 hektar och annat mark är 23 200 hektar. Markägare delas upp på följande sätt: 43 300 hektar tillhör invånare, 3 200 hektar ägs av privatpersoner och 89 800 hektar tillhör kommunen. Genom Guryevsk

³⁰ ”География янтарного края России”, Калининград 2004, В.В. Орлёнок

(”Geografi av bärnstenslandskapet i Ryssland”, Kaliningrad 2004, V. V. Orlenok)

³¹ ”Биоэнергетический потенциал Калининградской области”, Калининград 2007, И.Р. Рагулина

(”Bioenergipotential i Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

³² ”Региональная география России, Калининградская область”, Калининград 2005, В.В. Орлёнок, Г.М. Федоров

(”Rysslands regionala geografi, Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2005, V. V. Orlenok, G. M. Fedorov)

³³ Guryevsk kommun

kommun rinner största floden i Kaliningradregionen, Prigolja. Den rinner till Kaliningradgulfen och sedan till Östersjön.³³

I början på 2007 fanns det 49 700 invånare, av vilka 11 300 bodde i staden Guryevsk och 38 400 bodde utanför. Totalt finns det 148 stycken byar i kommunen, förutom staden, med invånare från 20-2 000 i varje by.³⁴

I kommunen finns 246 km vattenledningar och vattenförbrukningen är 4 200 m³ per dygn. Det finns en anläggning där järnet i vatten tas bort och där kan det bearbetas cirka 2 000 m³ vatten per dygn. Idag är belastningen cirka 1 080 m³ per dygn. Ledningar för att föra bort avloppsvatten är 150 km långa. Det finns flera små reningsverk, men inte alla fungerar. Det är planerat att bygga 3 moderna reningsverk till år 2010.³⁵

Det finns även en hönsfarm, gris- och kofarmer och andra klövdjur i Guryevsk kommun. Dynga från kor och gris sprids som gödslingsmedel på marken som är ägd av samma företag som äger farmen. En ko ger cirka 8-9 ton dynga per år, en gris cirka 1,5-2 ton dynga per år och ett höns ger cirka 0,1 ton kyckling spillning per år. Totalt i Guryevsk kommun år 2006 fanns 3 008 grisar som gav 2 797,4 ton dynga, 3 592 kor som gav 26 724,5 ton dynga och 213 stycken andra klövdjur som gav 92,4 ton dynga. Samma år fanns det 473 723 stycken höns, vilka gav 34 581,8 ton kyckling spillning per år. Kyckling spillning används inte i dagsläget. Det är också planerat att bygga två nya grisfarmer som kommer att kunna rymma totalt 125 000 grisar och en kofarm som ska kunna rymma 10 000 kor.³⁵

4.2 Reningsverk

Det finns många små avloppsreningsverk i Guryevsk kommun. De flesta är mekaniska, gamla och inte alltid fungerande. Vid de reningsverken sker ingen slamproduktion utan allt släpps ut tillsammans med utgående vatten. Endast cirka 30 % av vattnet renas. Belastningen ökar på grund av ökat antal invånare och industrier. Det pågår ett projekt att bygga tre moderna reningsverk och byta ut de gamla. Det finns olika steg i reningsprocessen och som biologisk rening dominerar rening med dy (Tabell 4-1).

³⁴ Guryevsk kommun

³⁵ "Биоэнергетический потенциал Калининградской области", Калининград 2007, И.Р. Рагулина ("Bioenergi-potential i Kaliningradregionen", Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

Tabell 4-1: Översikt över några avloppsreningsverk i Guryevsk kommun³⁵

Reningsverk	Kapacitet [m ³ /dygn]	Fakta [m ³ /dygn]	Olika reningssteg
1	700	141	1. Pumpstation 2. Sandfång 3. Aerotank 4. Sedimenteringsbassäng 5. Dy-rening 6. Renings bassäng 7. Klor
2	700	86,5	1. Pumpstation 2. Mottagnings bassäng 3. Sandfång 4. Biokompakt anläggning 5. Dy-rening 6. Kontakt reservoar
3	200	50,1	1. Pumpstation 2. Aerotank 3. Sedimenteringsbassäng 4. Dy-rening 5. Kontakt reservoar
4	400	88,8	1. Mottagningsbassäng 2. Aerotank 3. Sedimenteringsbassäng 4. Dy-rening 5. Sandfång 6. Kontakt reservoar
5	200	20,9	1. Mottagningsbassäng 2. Sandfång 3. Försurningskanal 4. Sekundär sedimenteringsbassäng 5. Aerotank 6. Kontaktreservoar
6	200	-	1. Pumpstation 2. Mottagningsstation 3. Aerotank 4. Sedimenteringsbassäng 5. Kontakt reservoar

Efter att vatten pumpas in på reningsverket går det genom rens-galler som töms manuellt och lagras i en grop. Om belastningen är för stor kan man stänga av inmatningen av avloppsvatten för att det inte ska svämma över. Det görs också manuellt. Efter att vattnet har passerat genom rens-galler kommer det in i sandfånget, där sanden tas bort, och pumpas därefter till en bassäng med biologisk rening. Sedan släpps det ut.

På reningsverket gör man olika analyser på det utgående vatten (Bilaga 1-2). Hur mycket avloppsvatten som går genom de olika anläggningarna varierar från 3 000 m³ per år till 170 000 m³ per år (Tabell 4-2). Totalt i Guryevsk användes från och med januari till och med september 1,3 miljoner m³ vatten av vilket det till reningsverket inkom 1,0 miljoner m³.³⁶

³⁶ Guryevsk kommun

Tabell 4-2: Utgåendevatten från några av reningsverk³⁷

Reningsverk nr	Utgåendevatten [tusen m3/kvartal]	Utgåendevatten [tusen m3/år]
1	42,3	169,2
2	21,09	84,36
3	10,98	43,92
4	19,41	77,64
5	5,12	20,48
6	5,38	21,52
9 Järnreningsstation	0,728	2,912
10	0,918	3,672
11	24,54	98,16
Totalt	130,5	521,9

Om ett bostadsområde inte är kopplad till avloppet måste en lokal reningsanläggning installeras. Den består av fettinfångning, septik som har mekanisk och anaerob vattenrening samt biofilter. En sådan anläggning har hög reningseffektivitet och kan rena vatten upp till 95-99 % (Tabell 4-3).

Tabell 4-3: Effektiviteten hos lokala reningsverkanläggningar³⁷

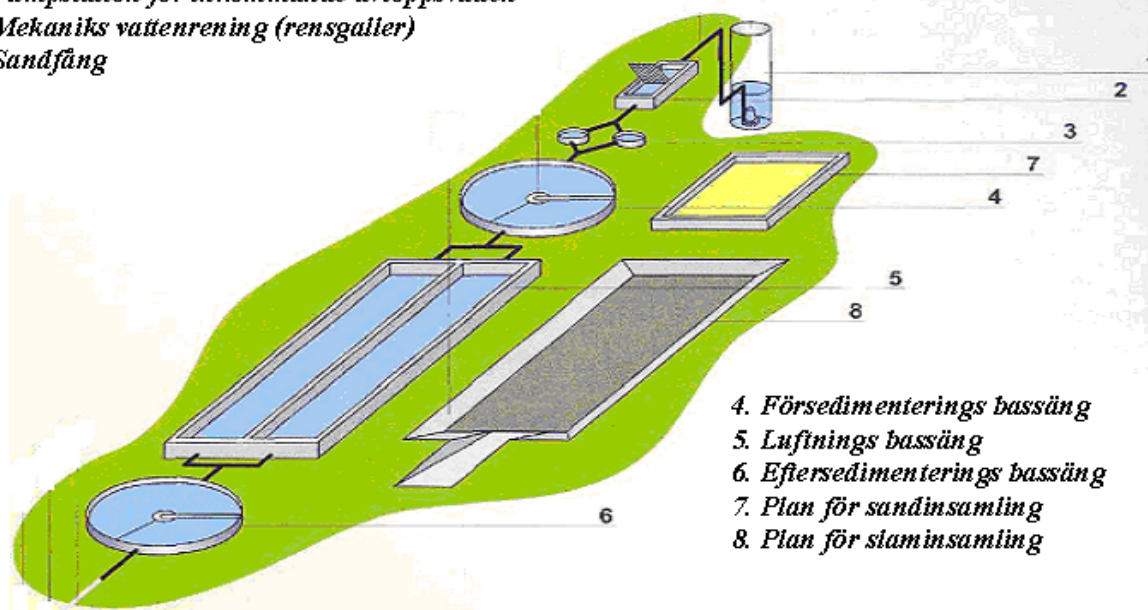
	Effektivitet [%]	Inkommandevatten [ml/l]	Utgåendevatten [ml/l]
Uppvägt ämne	95-99	300	8-9
HPK	90-95	800	40
BPK	95-98	400	5-8
N-tot	75-90	65	2-0,4

4.2.1 Moderna reningsverk

De nya reningsverk som planeras byggas i Guryevsk ska placeras i п. Орловка (Orlovka by), i п. Василевского (Vasilevskogo by) och i п. Большое Исакова (Stor Isakova by). (Figur 4-2)

³⁷ ЖКХ, Guryevsk kommun

1. Pumpstation för inkommande avloppsvatten
2. Mekanisk vattenrening (rensgaller)
3. Sandfång



Figur 4-2: Moderna reningsverk³⁸

De reningsverken påminner om reningsverk i Enköping, men det planeras inte någon biogasproduktion från slammet. Det planeras att koppla större delen av kommunen till de reningsverken. Först skall det renas 3 000 m³ avloppsvatten per dag, men med ökad befolkning och utbyggnad av kommunen kan reningskapaciteten öka till 6 000 m³ avloppsvatten per dag.

4.3 Fjärrvärme och värmeverken

År 2004 i kommunen fanns 57 stycken fungerande värmeverk och 238 km fjärrvärmenät, varav de flesta är byggda på 70-talet. Nästan hela värmeenergin produceras från dyra energibärare som mazut M-100 och F-50, och stenkol. Men det finns även några pannor där naturgas används och några pannor kommer att byggas om för naturgasanvändning.¹⁶

Värmeverken och fjärrvärmenätet är gamla och slitna och håller inte dagens standard och krav. Det finns behov av reparationer och utbyte, men det är problematiskt på grund av att det saknas delar. Delar av fjärrvärmenätet är i så dålig kondition att förlusterna av värme är upp till 20 %. De faktorerna leder till att fjärrvärmekostnaden är större än den borde vara. I Kaliningradregionen kostar fjärrvärme i medel 774,3 rubel utan skatt för en MWh (22 EUR/MWh, juni 2008) och i Guryevsk kommun kostar en MWh 1 419,7 rubel utan skatt (40,3 EUR/MWh, juni 2008). Med 18 % skatt blir kostnaden för en MWh värme 1 675,3 rubel (47,6 EUR/MWh, juni 2008).³⁸

Under 2004-2005 har fyra koleldade värmeverk stängts och de regioner som de värmdes har kopplats till fjärrvärmenät från naturgaseldade värmeverk vid fågelfabriken i Guryevsk. Det förbereddes en plan på att bygga två naturgaseldade värmeverk, för att kunna stänga 10 koleldade värmeverk och koppla om de drabbade invånarna. Under år 2005 har två nya biobrännleldade pannor på gatan Torohanskoj 1 i Guryevsk kommun byggts, men de är

³⁸ Guryevsk kommun

fortfarande under test för optimering. Flera bostäder kopplades om till andra pannor. Planen är att fram till 2008 minska fjärrvärmekostnaden. Det ska göras genom att minska självkostnaden och energibehovet vid värmeproduktion och fjärrvärmetransport, minska utsläpp av kolföreningar och andra partiklar, minska arbetskraften och att ha produktion utan avbrott.

Tack vare de åtgärderna kan kostnaden för en MWh fjärrvärme minska till 421 rubel (12 EUR/MWh, juni 2008) för naturgaseldat värmeverk, till 688 rubel (19,5 EUR/MWh, juni 2008) för biobränsleeldat och automatiserat värmeverk, samt till 602 rubel (17 EUR/MWh, juni 2008) för koleldat värmeverk.³⁹

4.3.1 Biobränslepanna på gatan Torohanskoj 1 i Guryevsk kommun³⁹

Rekonstruktion och reparation av värmeverket på gatan Torohanskoj 1 avslutades i december 2006. Värmeverket med ångpanna som eldades med mazut rekonstruerades och två nya biobränsleångpannor byggdes. Det var ett Litauiskt företag som levererade pannor till kommunen. Det finns ingen rökgasrening i de två mazuteldade pannorna. Rökgaserna släpps alltså rakt ut i skorstenen.

De två biobränslepannorna på värmeverket är tänkta att delvis ersätta mazuteldade pannor och de ska eldas med rester från skogsindustrier: GROT, flis och bark, men även torv kan användas. Effekten hos en panna som är en trapprost är 4 MW, där bränsle torkas i första steget, förbränns i andra och slutförbränns i tredje.

Värmeverket försörjer industrier, administrationen och bostäder i п. Васелькова (Vaselkova by) med värme, samt är konstruerat så att ångan kan användas i industriprocesser. Fjärrvärmevatten värms upp i ett slutet system med hjälp av ånga. Ångan som är värmebärare i pannorna har temperaturen 194° och trycket 14 kgs/cm² (1,4 MPa).

Biobränslet som transporteras till panna lagras i ett helt automatiskt lager med automatisk inmatning av bränsle till pannan. Lagret har en volym på 972 m³. Det finns två ekonomisar, en till varje panna, som förvärmer vattnet med hjälp av rökgaserna.

För att rena rökgaserna från förbränningsprodukter har två multicykloner med 5x5 cyclonelement installerats. Dessa renar gaserna upp till 85-90 %. Varje cyclonelement kan vid optimalt arbete rena 669 m³ rökgaser per timme. Sedan passerar rökgaserna genom skorstenen som är 3 m i diameter och 60 m lång.

Vatten som matas in i pannans rör och förångas renas först i en deaerator, där även kemikalier tillsätts för att ta bort syre från vatten. Vattnet som används är dricksvatten.

Bränsleförbrukningen förväntas vara 3,637 ton/h och den årliga förbrukningen 15 030 ton. Det minsta värmevärdet i träbränsle är 2,35 kWh/kg med fukthalten 50 %. Vid stor belastning används mazut M-100 som lagras i närheten. Årligen är det tänkt att använda 4 438 ton mazut.

Bottenaskaborttagning sker automatiskt och individuellt från varje panna. Askan transporteras med individuella skrubband bort från respektive panna och in i en gemensam kanal

³⁹ Guryevsk kommun

med genomskärning 500x500 mm. Sedan transporteras den till ett lutat transportband och med den transporteras askan till en container för bottenaska. Bottenaskan används som byggmaterial.

Det finns ett larmsystem som mäter halten CO-gas i rökgaserna. Om CO-koncentrationen överstiger 20 ml/m³ och ökar ytterligare till 100 ml/m³, stoppas bränsleinmatningen.

Fjärrvärmenäten är reparerade och förlusten i de är nu cirka 3 %. Nackdelen är att nätet sträcker sig långt innan det når slutanvändaren.

Kostnader för bränsle år 2007, då 1 rubel = 0,266 kronor = 0,028 Euro i juni 2008 (Tabell 4-4):

Tabell 4-4: *Kostnaden för bränsle som köps in för energianvändning. Värmevärde för mazut M-100 är 9650 kcal/kg, för mazut F-5 är 9900 kcal/kg, för kol mellan 4800-5600 kcal/kg och för diesel 10300 kcal/kg⁴⁰*

Bränsle	Kostnad [rub/ton]	Skatt (18%) [rub/ton]	Kostnad [kr/ton]	Skatt (18%) [kr/ton]	Kostnad [kr/MWh]
Mazut M-100	8100	1235	2 154,6	328,5	192
Mazut F-5	10200	1 555,9	2 713,2	413,9	235,6
Kol	2025	308,9	538,65	82,2	96,5-82,7
Diesel	22110	3 372,7	5 881,26	897,1	491

Ett kWh elektricitet kostar cirka 1,95 rub (18 % skatt – 0,3 rub), det är cirka 0,52 kr/kWh (0,06 EUR/kWh, juni 2008)

4.4 Miljöbelastning

Eftersom inte alla reningsverk fungerar och rökgaserna inte renas betalar Guryevsk kommun straffavgifter. Det betalas för varje kvartal som utsläpp till luften och vatten skett. Det finns även gränsvärden för tungmetaller i marken som inte får överstigas.

4.4.1 Utsläpp till luft och vatten⁴¹

Vid utsläpp till luften tas hänsyn till till exempel kväveoxider, svaveloxider, koloxider, sot och tungmetaller. Beroende på hur mycket utöver gränsvärden som släpptes ut bestäms straffavgiften som ska betalas. För utsläpp av till exempel kväveoxid till luft över gränsvärde betalas 1300 rubel per ton (37 EUR/ton, juni 2008) och för utsläpp av sot över gränsvärde betalas 2000 rubel per ton (57 EUR/ton, juni 2008). Som exempel: för utsläpp till luften betalade kommunen 9 783,73 rubel (278 EUR) för ett kvartal. (Bilaga 12, Figur B12)

För utsläpp till vatten från reningsverken betalas också straffavgift för utsläpp av olika ämnen. Den varierar beroende på kapaciteten hos reningsverket. Ett litet reningsverk betalar självklart mindre straffavgift eftersom utsläppen är mindre. Straffavgiften för 9 stycken reningsverk i Guryevsk kommun låg på 119 541,97 rubel (3 396 EUR, juni 2008) för andra kvartalet år 2007. (Bilaga 1 och 13)

⁴⁰ Guryevsk kommun

⁴¹ ЖКХ, Guryevsk kommun

4.4.2 Gränsvärdena för tungmetaller i marken

Det finns maximala metallhalter i marken för olika metaller som får inte överstigas (Tabell 4-5). För att bestämma halterna används syra, exempelvis HCL. Maximala metallhalter som inte får överstigas i Ryssland skiljer sig något från de maximala metallhalterna som är bestämda i Sverige (Tabell 3-4). För vissa tungmetaller får det vara högre halter i marken i Ryssland, medan för andra lägre.

Tabell 4-5: Gränsvärdena för innehåll av tungmetaller i marken⁴²

Ämne	Maximal metallhalt i marken [mg/kg]	Ämne	Maximal metallhalt i marken [mg/kg]
Kvicksilver (Hg)	0,1	Nikel (Ni)	36
Kadmium (Cd)	1	Koppar (Cu)	50
Kobolt (Co)	12	Bly (Pb)	60
Krom (Cr)	15	Zink (Zn)	60
Antimon (Sb)	15	Vanadin (V)	80
Arsenik (As)	15	Mangan (Mn)	600

4.5 Energibehov i Guryevsk

I Guryevsk kommun förbrukades 35 788,3 MWh (30 793 Gcal) värmeenergi för uppvärmning av hushåll och 7 623 MWh (6 559 Gcal) värmeenergi till tappvarmvatten under perioden januari-september år 2007. Det motsvarar 43411 MWh (37352 Gcal) värmeenergi som producerades under den perioden.⁴³

Värmeverket ”Torohanskaja” försörjer 3 194 personer i Vasilekoboby med värme och varmvatten. Förutom detta försörjer värmeverket också några företag, skolor, närliggande reningsverket, mm (Tabell 4-6).

Tabell 4-6: Belastning på Torohanskaja värmeverk från olika sektorer⁴³

	Värme [MW]	Varmvatten [MW]	Totalt [MW]
Hushåll	5,8	2,7	8,5
Företag, skolor, mm	2,1	0,1	2,1
Totalt	7,9	2,7	10,6

Det byggdes ett nytt bostadsområde som kopplades till värmeverket. Det teoretiska energibehovet i det nya bostadsområdet är 12 MW av vilket uppvärmning är 8 MW och varmvatten 4 MW. Det totala energibehovet kan uppskattas till cirka 23 MW. År 2006 producerades 23 276 MWh (20 014 Gcal) värmeenergi på Torohanskaja värmeverket.

4.6 Odlingsmöjligheter

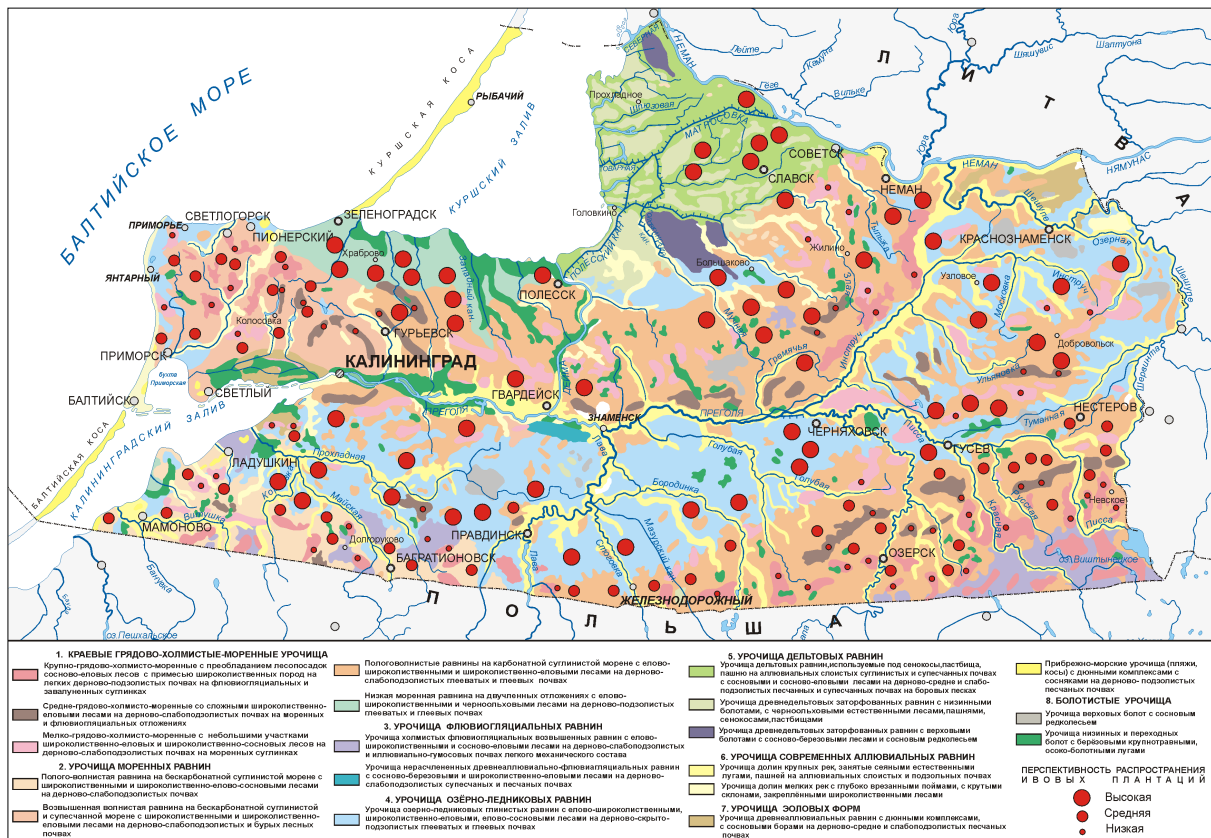
Det växer många olika Salixarter i Kaliningradregionen. Vissa är spridda över hela regionen, medan andra bara växer i vissa områden. Idag finns det totalt cirka 300 tusen hektar oanvänd odlings- och betesmark (154 tusen hektar betesmark och 146 tusen hektar odlingsmark).

⁴² www.greenhouse.ru

⁴³ Guryevsk kommun

Salixodlings energipotential i regionen om det används oanvänd odlingsmark och eroderad mark är 810 TJ (225 GWh) för regionens tillstånd för år 2006. Hänsyn tas till att det växer 10 ton torr substans per hektar, odlingen skördas var tredje år och värmevärdet hos bränslet är 16 MJ/kg (4,4 kWh/kg). Det är 3,39 % av totala energianvändningen i Kaliningradregionen och motsvarar 32,3 tusen ton kol eller 19,3 tusen ton mazut.

Det gjordes en karta över odlingspotentialen för Salix i Kaliningradregionen. När kartan gjordes togs hänsyn till olika marktyper och skyddsområden i regionen (Figur 4-3).



Figur 4-3: Odlingspotential av Salix i Kaliningradregionen med olika marktyper och marktillgänglighet (röd cirkel (från liten till stor) – Salixodlingspotential, 1 - upphöjda moräner, 2 – plan moränmark, 3 – fluvioglacial, 4 – glacial sjö, 5 – floddelta, 6 – nutidens alluvial slätt, 7 – eoliska avlagringar, 8 – våtmark och träsk)⁴⁴

Stor potential för Salixodling finns i Guryevsk kommun. I kommunen dominerar åkermark och det finns en del våtmark. Våtmarker förekommer längs floden Prigol. Jordtyper är till största delen lätta leror, mellan leror och styva leror, men det finns även sandjordar. Det är bättre att odla Salix på mark som inte används nära värmeverket. I Guryevsk kommun är odlingsmöjligheten en av de största i regionen och energipotentialen är cirka 90 TJ (25 GWh).

⁴⁴ "Биоэнергетический потенциал Калининградской области", Калининград 2007, И.Р. Рагулина ("Bioenergipotential i Kaliningradregionen", Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

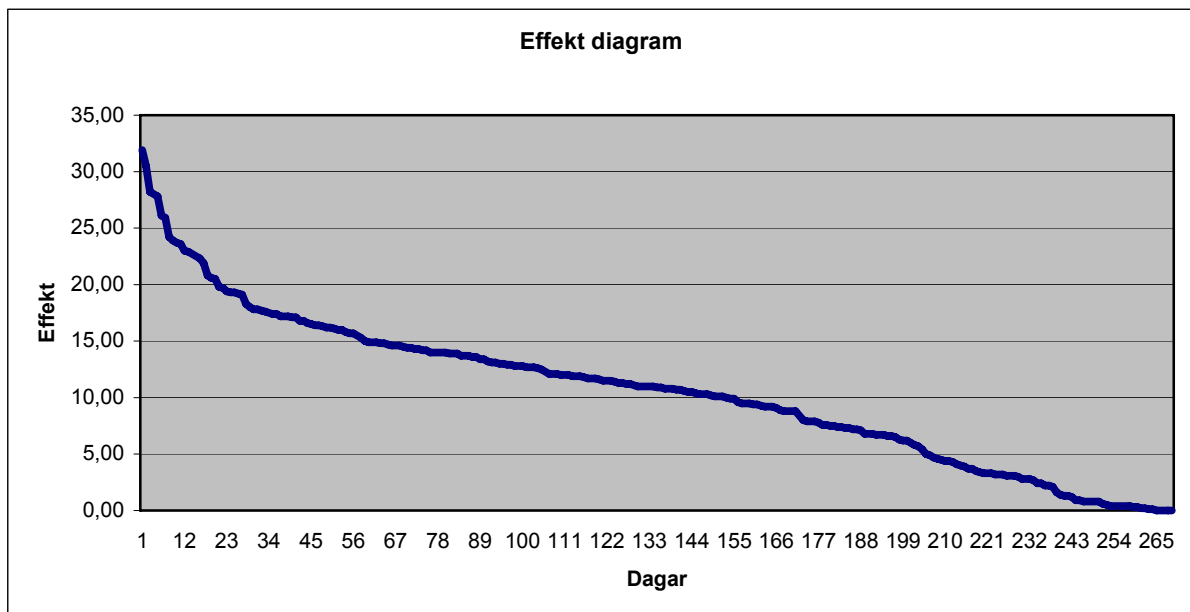
5 Åtgärder som bör vidtas för att få ett fungerande kretslopp i Guryevsk kommun

5.1 Energiproduktion

Idag finns det många små pannor i Guryevsk kommun, som kommer att rekonstrueras eller rivas. En lösning skulle kunna vara att bygga ett eller flera värmeverk som kommer att försörja hela kommunen med värme. De nuvarande pannorna kan användas som reservpannor vid stor last eller vid störningar på huvudanläggningen. Bränsle som kan användas i huvudanläggningen är bibränslen som flis, GROT, torv och Salixflis. Salix kan användas också som mixbränsle, där andelen Salixflis kan variera beroende på vilken panna och vilket bränsle som används. I reservpannorna kan samma bränsle som idag, mazut, kol och naturgas, användas.

5.1.1 Panna

I Guryevsk kommun har inte alla fjärrvärme utan många använder naturgas eller kol för uppvärmning och tappvarmvatten. De som är kopplade till fjärrvärmenätet förbrukade cirka 43 000 MWh (37 000 Gcal) värmeenergi under januari-september år 2007. Genom att räkna från medeltemperaturen i Kaliningrad regionen år 1996 kommer förbrukningen i kommunen vara cirka 68 600 MWh (59 000 Gcal) per år. (Bilaga 3-4)

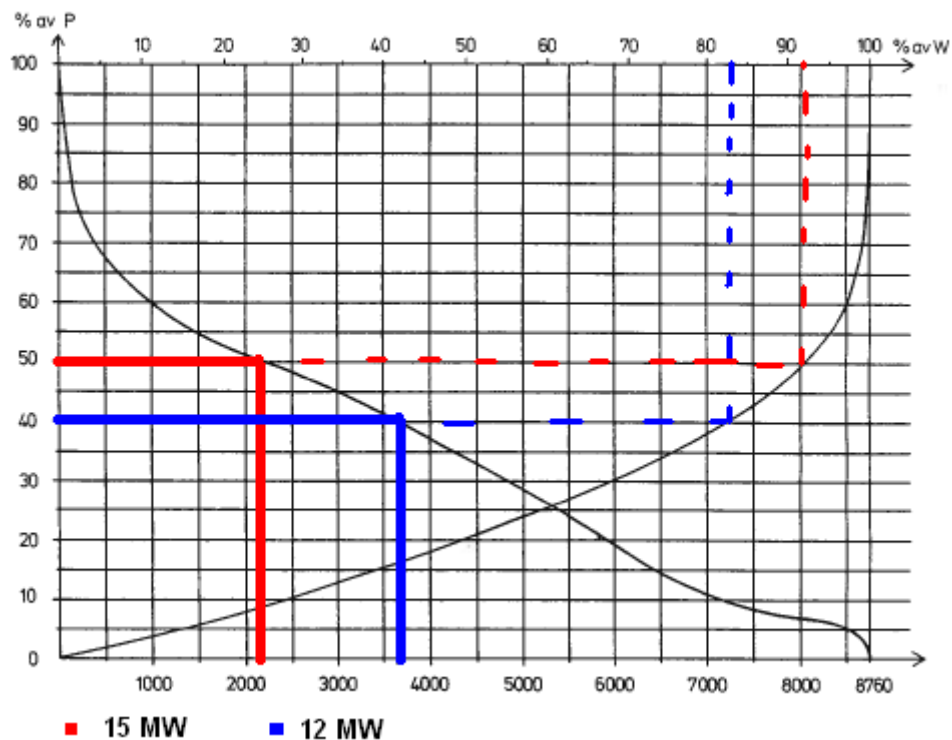


Figur 5-1: Beräknad belastning i MW i Guryevsk kommun utgående från medeltemperaturen för år 1996

När belastningen i MW är känd kan effekten hos pannan anpassas för att kunna köra pannan med full effekt under större delen av året. (Figur 5-1) (Bilaga 3-4)

För att kunna försörja invånare med värmeenergi skall effekten på pannan vara 12 MW. Då klarar man cirka 80 % av lasten och pannan kommer att köras på fulleffekt under 3600 timmar per år. Reservpannorna ska tillsammans kunna klara en last på 18 MW. (Figur 5-2)

Pannans typ ska vara trapprost, där olika typer av bränsle kan förbrännas. För att bränsle skall falla ner av sin egen tyngd kan lutningen hos rosten anpassas. Bränsle med fukthalt 50-60 % kan användas.



Figur 5-2: Optimering av en panna med olika effekt med hänsyn på hur många timmar den kommer att köras på fulleffekt och hur stor andel av den totala effekten den klarar⁴⁵

I mindre byar kan nuvarande pannor användas eller så kan de kopplas till huvudanläggningen. Det är svårt att koppla alla byar till huvudanläggningen eftersom de är spridda över hela kommunen på stora avstånd. Istället kan flera mindre pannor med olika effekt byggas.

5.1.2 Bränsle

Bränslet som ska användas för energiproduktion vid huvudanläggningen är bibränsle. Bibränsle består av flis, GROT, torv, som kan transporteras från andra kommuner i Kaliningrad regionen, och Salix som kan odlas i Guryevsk. Salix kan också användas som mixbränsle och blandas med andra bränslen från 10 % andel och uppåt. I trapprost kan även kol användas som bränsle vid behov. Bibränslen har olika värmevärden (Tabell 5-1). Trädbränslen har ungefär samma värmevärde, medan torv har något högre. Om Salix inte flisas vid skörden utan lagras som hela skott kommer fukthalten att sjunka och värmevärde öka till 3,2 MWh/ton.

⁴⁵ ENA Energi AB

Tabell 5-1: Effektiv värmevärde vid en viss fukthalt och askhalten hos olika bränsletyper⁴⁶

Bränsle	Fukthalt, %	Effektiv värmevärde, [MWh/ton]	Askhalt, %
Stycketorv	40	3,3	1-10
Grot	45	2,6	2-5
Sågspån	50	2,3	1
Salixflis	50	2,2	0,8-1,5
Salixflis	30	3,2	2-3

Eftersom en trapprost används kan andelen Salix i bränslet vara hög. Det är beläggingsbildningen som bestämmer hur stor andel som kan användas, vilket kan vara 10-100 %.

För att producera 68 600 MWh värmeenergi per år krävs från 3 118 ton vid 10 % inblandning i biobränslet till 31 182 ton vid 100 % användning av Salixflis med 50 % fukthalt. Det krävs 95 hektar mark för produktion av 3 118 ton Salixflis och 953 hektar för produktion av 31 182 ton vid tillväxten 16 ton TS per hektar. Vid tillväxten 25 ton TS per hektar krävs mindre mark; 61 respektive 610 hektar. Eftersom Salix skördas var fjärde år skall det planteras 61 till 95 hektar varje år under fyra år, vilket totalt blir 244 till 381 hektar mark som skall användas för Salixodling vid 10 % inblandning i biobränsle. Vid användning av 100 % Salixflis för värmeproduktion krävs 2 439 till 3 810 hektar mark, då skall 610 till 953 hektar Salix planteras per år under fyra år. (Bilaga 5-6)

I Sverige flisas Salix direkt när den skördas och transporteras sedan till värmeverket för förbränning. Ett annat alternativ är att lagra Salix som hela pinnar (skott) och flisa de vid värmeverket när det behövs. Då behöver Salix inte förbrännas direkt, utan endast vid behov.

Askhalten i Salix varierar mellan 0,8 till 1,5 %. (Tabell 5-1) Vid användning av 100 % Salixflis för produktion av 68 600 MWh värme kommer det produceras från 250 till 450 ton aska.

5.1.3 Värmeverket på Torohanskajagatan

För att kunna producera 20 000 MWh per år på värmeverket på Torohanskajagatan krävs cirka 9 000 ton Salixflis (50 % fukthalt) om det används 100 % Salixflis med värmevärde 2,2 MWh/ton. För att få den mängden Salixflis skall mellan 711 och 1 111 ha mark användas. Vid 10 till 90 % Salixflis i bränslet skall 71 till 1 000 ha mark användas, beräknat på att Salixodlingen skördas vart fjärde år och ger 25 respektive 16 ton TS/ha. Mängd aska som fås vid produktion av 20 000 MWh värmeenergi är mellan 72 och 135 ton vid 100 % andelen Salixflis som används för värmeproduktion. (Bilaga 7-8)

⁴⁶ www.svo.se

www.bioenergiportalen.se

”Trädbränslesortiment – definitioner och egenskaper”, Fakta skog nr 5 1995, M.Ringman, www2.slu.se/forskning/fakta/faktaskog/pdf95/4S95-05.pdf

5.2 Reningsverk

Vid de nya reningsverken kommer det produceras slam. Från slammet kan det produceras biogas vid anläggningen och sedan kan slammet användas som gödsel.

För att lagra slamvatten används slamdammar som skall rymma en årsproduktion av slamvatten. I perioden januari-september år 2007 renades det 1,0 miljoner m³ avloppsvatten. Avloppsvatten som renas per år blir cirka 1,3 miljoner m³ i hela kommunen. Andelen slamvatten är 0,5 % av inkommande avloppsvatten och per år motsvarar det cirka 7 000 m³.

Slamdammarna skall rymma cirka 7 000 m³ slamvatten från 3 reningsverk. Det kan, vid varje reningsverk, byggas ett dammsystem med tre stycken dammar, där en damm är 2 500 m³ stor och de två andra 500 m³ stora för förvaring av slamvatten. Där de mindre dammarna först fylls för kontroll av smitta och sedan pumpas över till den stora dammen. Slamvatten skall spridas på närliggande Salixodlingar tillsammans med utgående vatten varje sommar.

Slamproduktionen kommer att ligga på cirka 500 ton per år. Det slammet kan användas som gödsel för Salixodlingar och för biogasproduktion. Det kommer att produceras cirka 170 ton slam vid varje reningsverksanläggning. Av 170 ton slam kan det produceras 3-4 tusen m³ biogas per år. Totalt kan det produceras 10-15 tusen m³ biogas per år på de tre reningsverken.

5.3 Salixodling

Genom att räkna på olika andelar Salixflis i bränslet kan det bestämmas hur mycket Salix som skall planteras. För att producera 68 600 MWh värmeenergi med användning av 10 % Salixflis i biobränsle skall det planteras Salix på cirka 381 ha. Om 100 % Salixflis används skall det finnas 3 810 ha Salixodling i kommunen (om odlingen ger 16 ton TS Salixflis per hektar). (Bilaga 5)

Salix kan odlas i närheten av nya reningsverk och andra området där tillgången på vatten och näring är bra. I Guryevsk är det möjligt att plantera längs floden Prigol, där marktypen är lera och tillgången på vatten är bra. Men för att få bra tillväxt skall odlingen skötas bra och det inkluderar gödsling av odlingen.

5.3.1 Gödsling

Det är rekommenderat att gödsla Salixodlingen med 80 kg kväve per hektar, när skotten inte är för stora. Det går att gödsla med konstgödsel, slam och aska blandningen, slamvatten och utgående avloppsvatten samt med fekalier från hönsfarmen och dynga från gris- och ko-farmer.

5.3.1.1 Gödsling med slamvatten

Det kommer att produceras cirka 2 500 m³ slamvatten vid varje reningsverk. För att bevattna Salixodlingen blandas slamvatten med utgående vatten från reningsverket. Blandningen är cirka 10 % slamvatten och 90 % utgående vatten. Totalt kommer varje Salixodling vid de tre reningsverken bevattnas med 25 000 m³ av blandningen. Årligen släpps det tillsammans med

utgående vatten ut 10 ton kväve. (Bilaga 1) Om cirka 25 % av det kvävet finns i slamvatten blir det cirka 0,9 ton kväve i 2 500 m³ slamvatten. Det räcker för att bevattna cirka 15 ha Salixodling. (Tabell 5-2) (Bilaga 1-2)

Tabell 5-2: *Bevattning av 15 ha Salixodling med blandning av slamvatten och utgående vatten från reningsverk*

Total bevattning, [m ³]	Andel rejekt och dekantat, %	Medel bevattning, [mm]	Medel halt N _{ton} , [mg/l]	Mängd N _{tot} , [kg/ha]
25000	10	170	100	167

Vid varje reningsverk går det att plantera cirka 15 ha Salix som kan bevattnas med slamvatten. Totalt blir det 45 ha Salixodling som inte behöver gödslas med något annat.

5.3.1.2 Gödsling med slam och aska

Det kommer att produceras cirka 500 ton slam per år och ungefär lika mycket aska. En blandning av 50 % aska och 50 % slam kan spridas på Salixodlingen. Det finns cirka 10 % av totala kvävemängden i slammet. Om den totala mängden kväve är 10 ton kommer i slammet innehålla cirka 1 ton kväve. Det kan spridas på 12,5 ha årligen. Hur ofta och hur mycket som får spridas på en och samma odling beror på innehållet av tunga metaller i slammet och askan och de gränsvärden för spridning av tunga metaller som gäller. I Enköping sprids cirka 20 ton blandning per hektar och det är en 7 års giva. Om det får spridas 20 ton per hektar i Guryevsk kommun var sjunde år räcker ett års slam och aska produktion till 50 hektar per år. Då behövs det cirka 400 hektar Salixodlingar. Eftersom det kommer att tillföras mindre kväve än som behövs kan det, till de odlingar som blandningen sprids på, tillföras extra kvävegödsel.

5.3.1.3 Gödsling med spillning från hönsfarmen

År 2006 gav hönsen 34 581 ton spillning som inte användes. Eftersom fekalier har höga kväve-, fosfor- och kaliumkoncentrationen är det ett bra gödslingsmedel. Men det kan vara problem med salmonella, så fekalier skall behandlas innan de sprids på odlingen. Från fekalier kan det produceras biogas och samtidigt som de hygieniseras i en röt-kammare. Från 34 581,8 ton höns spillning kan det produceras cirka 1 700 tusen m³ biogas. Det motsvarar 10 467 MWh (9 000 Gcal). Efter biogasproduktionen kan fekalierna användas som gödsel. Kvävekoncentrationen skall också bestämmas i hönsgödslet för att bestämma hur mycket hönsgödsel som bör spridas per hektar. Det skall tillföras cirka 80 kg kväve per hektar och år på Salixodlingen. Från ett höns fås cirka 0,68 kg kväve per år i Sverige (Tabell 5-3). Så 470 000 höns ger cirka 320 000 kg kväve per år, vilket räcker till 4 000 hektar.

Tabell 5-3: *Ungefärliga mängder ämne som går att få per år från ett höns⁴⁷*

Ämne	kg/höns och år
Kväve	0,68
Fosfor	0,17
Kalium	0,28

De restprodukter som inte används för gödsling kan säljas till andra gårdar som behöver det.⁴⁸

⁴⁷ ”Vårphöns - påverkar de ekonomin på växtodlingen”, Alnarp 2004, J. Bergström, M. Johansson

⁴⁸ ”Биоэнергетический потенциал Калининградской области”, Калининград 2007, И.Р. Рагулина (“Bioenergi-potential i Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

5.3.1.4 Gödsling med dynga från djurfarmer

I Guryevsk kommun finns cirka 3 600 tusen kor och 1 200 grisar som ger cirka 26 700 respektive 1 070 ton dynga per år som kan användas som gödsel. Det finns även får och hästar som ger tillsammans 200 ton dynga per år. Från den dyngan, innan den sprids som gödsel, går det att producera biogas som kan användas som energikälla. Det går att producera cirka 800 tusen m³ biogas per år. Även här kan överskottet av gödslingsmedel säljas till andra gårdar i regionen, men även till andra länder.⁴⁸

5.3.2 Biogas

Det vanligaste typen av biogasanläggningar i Sverige är med en rötkammare och mesofil rötning. Mesofil rötning sker vid 25-40°C och den är långsammare än rötningen vid högre temperaturer som sker dubbelt så snabbt och kräver mindre kammare. Rötning vid låga temperaturer är dock mindre känslig för temperaturväxlingar och ämnen som kan störa processen. Rötkammaren är full hela tiden och idealiskt är att det pumpas in en m³ och samtidigt det pumpas ut en m³ slam. Det sker flera inpumpningar per dag och det pumpas in 10-15 m³ slam per inpumpning. Från 45 m³ (36 ton) slam kan det produceras 800 m³ biogas, vilket motsvarar produktionen av 18 m³ biogas från en m³ slam (22 m³ biogas per ton slam, 1 m³ slam = 0,8 ton slam). Hur mycket biogas som produceras beror på hur tjockt slammet är, ju tjockare slam desto mera biogas fås. Slammet på reningsverket i Enköping har 15 % TS.⁴⁹

Rötkammarens storlek är 1 800 m³ och det produceras cirka 30 tusen m³ biogas per år från 1 500 ton slam. Rötkammarens dimensioner beror på hur mycket slam som produceras på reningsverket och hur många personer som är kopplade till anläggningen. Vid låg belastning behövs det 0,1 m³ rötkammare per person och om belastningen blir dubbelt så stor räcker den volymen.⁴⁹

Det kan produceras 170 ton slam per reningsverk i Guryevsk kommun och totalt blir det cirka 500 ton slam per år. Från 500 ton slam går det att producera 10-15 tusen m³ biogas.

Biogaspotentialen från restprodukter från djur och fåglar är cirka 55 TJ (15 277 MWh) per år. Den biogasen kan användas för energiproduktion och kan ersätta 2 200 ton kol eller 1 300 ton mazut.⁵⁰

⁴⁹ Avloppsreningsverk Enköping

⁵⁰ "Биоэнергетический потенциал Калининградской области", Калининград 2007, И.Р. Рагулина ("Bioenergipotential i Kaliningradregionen", Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

Tabell 5-4: Rötgassammansättning⁵¹

Ämne	Andel, %
Metan (CH ₄)	60-70
Koldioxid (CO ₂)	30-40
Kväve (N ₂)	0,2
Väte (H ₂)	spår
Koloxid (CO)	spår
Syre (O ₂)	spår

Biogassammansättningen är lik naturgas. (Tabell 5-4) Skillnaden är att naturgas har högre andel metan, cirka 90 %, än biogas som har bara 60-70 %. För att kunna använda biogas istället för naturgas skall den först uppgraderas för att få högre koncentration av metangas.⁵²

⁵¹ www.gasforeningen.se

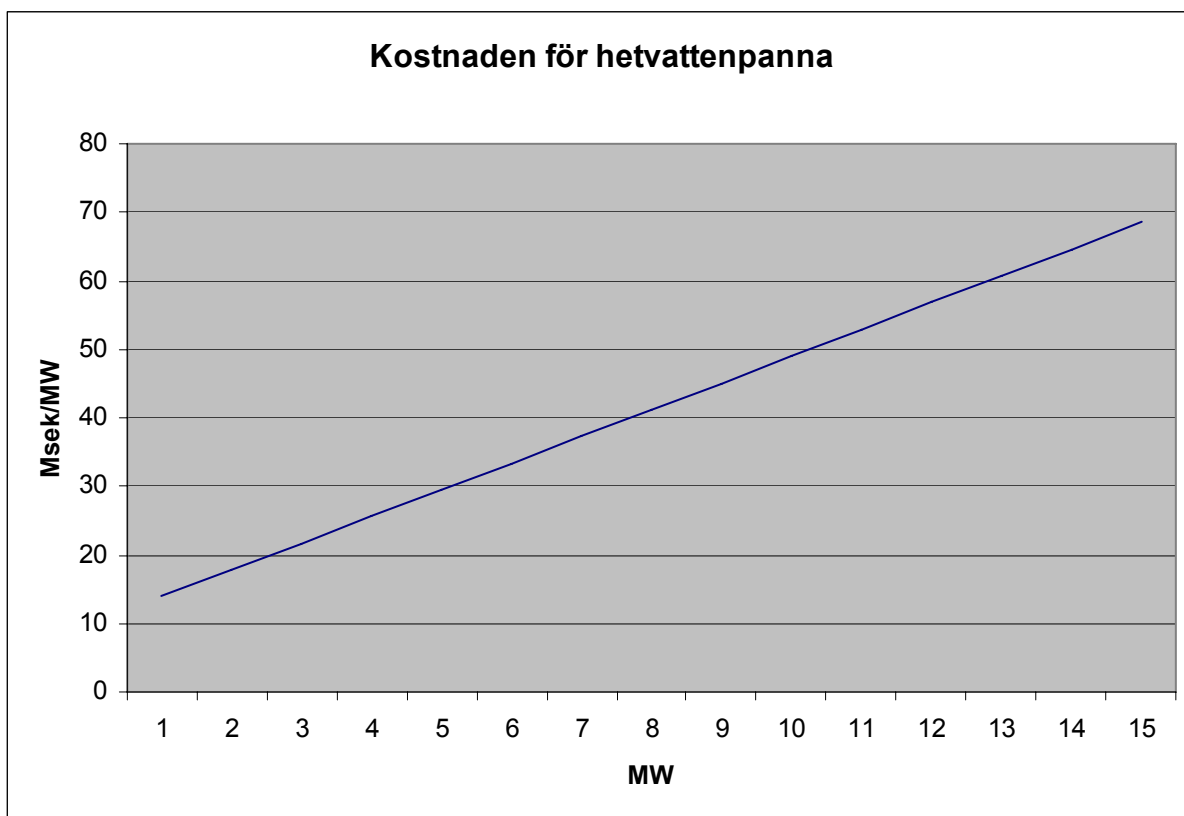
⁵² Sweco

6 Kostnader för åtgärderna

6.1 Värmeverk

Det är svårt att veta var pannan skall byggas eftersom den största delen av befolkningen är spridd över hela kommunen och bor i mindre byar. Därför skall kostnaden för pannan mellan 1 till 15 MW beräknas, så att man kan bygga flera mindre pannor istället för en om spridningen på abonnenterna är för stor.

Kostnaden för att bygga en hetvattenpanna är 3,8-3,9 miljoner kronor (0,41–0,42 miljoner EUR, juni 2008) per MW exklusive kostnaden för pannhuset. Priset för pannhuset med hela utrustningen ligger mellan 10-20 miljoner kronor (1,1-2,1 miljoner EUR, juni 2008) för en panna på 1 till 15 MW. Om man antar att det kostar 10 miljoner kronor (1,1 miljon EUR, juni 2008) att bygga pannhuset kommer kostnaden för en hetvattenpanna på 1 till 15 MW ligga på 14 till 70 miljoner kronor (1,5-7,6 miljoner EUR, juni 2008). (Figur 6-1)⁵⁰ (Bilaga 9)



Figur 6-1: Kostnad för att bygga värmeverk från 1 till 15 MW⁵³

De priserna gäller för Sverige och kan vara annorlunda i Kaliningrad, då inköpet sker från Polen eller Litauen.

⁵³ KMW Energi AB

6.2 Reningsverk

Det skall byggas till ett dammsystem och en anläggning för biogasproduktion vid varje ny reningsverkanläggning.

6.2.1 Dammsystem

Dammsystemet skall bestå av två dammar på 500 m³ och en damm på 2 500 m³. Dammarna skall tätas för att undvika läckage av slamvatten till omgivningen. För att sprida slamvatten på Salixodlingen används droppbevattningsslang, som läggs längs varje dubbelrad på 3x15 ha. Det skall också finnas pumpar med filter för att pumpa slamvatten till slangarna.

Att bygga dammsystemen i Enköping med tillbehör som droppslang, pumpstationer och arbetskraft, har kostat cirka 14 miljoner kronor (1,5 miljoner EUR, juni 2008). (Tabell 6-1)

Tabell 6-1: Kostnader för att bygga dammsystem med bevattning i Nynäs⁵⁴

Nynäsdammarna	Kostnad [kr]
Projektering och Utredning	900 000
Bygge av 3 dammar inkl. duk	5 650 000
Pumpstation inkl. ledning från AR-verk	1 500 000
Fördelningsstation till 3 dammar samt automatik	3 800 000
Bevattningsstation inkl. droppbevattningsslang	2 000 000
Summa	13 850 000

Gummiduken som lades i botten på dammarna är en geomembransduk, VFPE (Very Flexible PolyEster) på 1,5 mm som förhindrar slamvatten att läcka till marken. Den duken inklusive läggning kostar 70-80 kr/m².⁵⁵ För att bygga 3 dammsystem vid tre nya reningsverk krävs 10 500 m² duk och det kommer att kosta 2,6 till 3,0 miljoner rubel (73 863 – 85 227 EUR, juni 2008). Dukkostnaderna står för cirka 30 % av hela dammbyggets kostnad. (Tabell 6-1)

Droppbevattningsslang köptes från Israel och kostnaden låg på 2 700 kr (293 EUR, juni 2008) per rulle på 300 m. Vid köp av större kvantiteter kostar 20 mm:s droppslang 6 kronor (0,65 EUR, juni 2008) per meter. Det lades 33 mil slang på cirka 75 ha, alltså 0,44 mil per hektar. I Guryevsk kommun behövs 19,8 mil slang för att täcka 45 ha Salixodling. Det kostar 1,2 miljoner kronor eller 4,3 miljoner rubel (122 159 EUR, juni 2008).⁵⁶ Totalt kommer bygget av de tre dammsystemen kosta cirka 20 miljoner kronor eller 72 miljoner rubel (2,1 miljoner EUR, juni 2008) exklusive kostnader för projektering och utredning.

⁵⁴ Enköpings kommun

⁵⁵ BAT Cofra AB

⁵⁶ Aqua-Drip, Växjö

Tabell 6-2: Preliminära kostnader för att bygga tre stycken dammsystem i Guryevsk kommun⁵⁷

Nynäsdammarna	Kostnad [rub]
Bygge av 3 dammsystem inkl duk	10 080 000
Pumpstation inkl. ledning från AR-verk	16 200 000
Fördelningsstation till 3 dammar samt automatik	41 040 000
Bevattningsstation inkl. droppbevattningslang	4 276 800
Summa	71 596 800

För att utlasta en damm på 3 500 m³ kostar det i Enköpings kommun cirka 150 tusen kronor (16 304 EUR, juni 2008) per år (damm för samling av slam från enskilda avlopp). Det motsvarar cirka 540 tusen rubel per år för ett dammsystem och totalt blir kostnaden för tre dammsystem 1 620 tusen rubel (46 022 EUR, juni 2008) per år.

6.2.2 Biogasanläggning vid reningsverket

Biogasanläggningarna vid reningsverken skall klara biogasproduktion från 170 ton slam per reningsverk. Slammet skall rötas i 30-40 dygn vid 35°C och det skall produceras mellan 3-5 tusen m³ biogas per reningsverk.

Biogasanläggningar kan kosta allt från 15 till 100 miljoner beroende på storlek och vilka tillbehör som behövs. En anläggning i storleksordning 1 000 m³ kostar mellan 15-20 miljoner kronor (1,6 – 2,1 miljoner EUR, juni 2008) och anläggningar på 3 000 m³ kostar mellan 45-50 miljoner kronor (4,9 – 5,4 miljoner EUR, juni 2008).⁵⁸

6.3 Salixodlingen

Det finns olika alternativ på vad det kan kosta att etablera Salixodlingen, men i alla kalkyler är kostnaderna större än intäkterna det de första 5 åren och sedan börjar odlingen gå plus. Det tar cirka 10-12 år tills odlingen blir lönsam. Salixodlingen är inte heller lika lönsam i Kaliningradregionen som i Europa, eftersom det inte finns något ekonomiskt stöd för odlingen. (Bilaga 10-11)

Från en kalkyl som gjordes för Polen, utgående från vad det kostar att ha Salixodlingen här i Sverige fås att självkostnaden för Salixflis blir cirka 390 rubel/MWh (11 EUR/MWh, juni 2008) efter 5 år. Det beror på att de första 5 åren ingår kostnader för etablering, plantering, kontraktskrivning mm. Självkostnaden för Salixflis blir mycket mindre i fortsättningen. För fortsatta skördar fram till slutavverkningen av Salixodlingen kommer självkostnaden för Salixflis att ligga på 150 rubel/MWh (4,3 EUR/MWh, juni 2008). Detta om det planteras 1 000 hektar första år. (Bilaga 11) Det ingår inga kostnader för gödsel eftersom det går att använda slam och dynga som producerats i kommunen.⁵⁹

Genom att använda en kalkyl från Lantmännen Agroenergi AB går det att räkna ut ungefär vad det kan kosta att etablera och sköta Salixodlingen. Kostnaderna är exempel på vad det kostar här i Sverige och i de ingår även kostnader för arbetskraft och inhyrning av maskiner.

⁵⁷ Enköping kommun

⁵⁸ Sweco

⁵⁹ Ena Energi AB

Även i den kalkylen är kostnaderna första 5 åren större än intäkterna, men efteråt blir intäkterna större och efter 2 skördar blir odlingen lönsam. I den kalkylen har det antagits att Salixflis säljs (intäkt) för 450 rubel/MWh (13 EUR/MWh, juni 2008) eller 2 250 rubel/ton TS (64 EUR/ton TS, juni 2008).⁶⁰ (Bilaga 10)

6.4 Biogasproduktion från restprodukter av djur och fågel

Det finns stora möjligheter av att producera biogas från djur och fågelrester. Det kan byggas en eller flera rötkammare i Guryevsk kommun dit råprodukter för biogasproduktion kan transporteras från olika håll i kommunen. Kostnader för att bygga en rötkammare med tillbehör ligger på 45-100 miljoner kronor (4,9 – 10,9 miljoner EUR, juni 2008) för en anläggning i storleksordningen 3 000 m³ och uppåt.⁶¹

⁶⁰ Lantmännen Agroenergi AB

⁶¹ Sweco

7 Resultat

Guryevsk kommun har stor potential att övergå till lokala energiresurser. Det finns mycket mark som idag inte utnyttjas. Där kan energigrödor som till exempel Salix odlas. Det finns också mycket restprodukter som kan användas för att producera biogas. Guryevsk kommun kan bli oberoende av bränsleimport för värmeproduktion och ha liten påverkan på miljön.

Det finns goda förutsättningar för att kunna genomföra liknande kretsloppsprojekt som i Enköping. Det kommer den närmaste tiden att byggas moderna avloppsreningsverk och där går det att bygga liknande dammsystem som i Enköpings kommun för att bevattna totalt 45 hektar Salixodlingar. Genom att rena vatten på moderna avloppsreningsverket och bevattna Salixodlingarna med slamvatten för att minska kväveutsläpp kommer Guryevsk kommun inte behöva betala de straffavgifter för utsläpp till vatten som de i dagsläget gör. Från slammet går det att producera 10-15 tusen m³ biogas varje år och därefter använda slammet som gödsel. Eftersom det redan finns 8 MW biobränslepannor kommer Salix, som odlas i närheten, att användas som blandbränsle.

Dammar för att lagra slammet från enskilda avlopp är inte aktuellt idag, eftersom det inte finns information hur mycket enskilda avlopp som finns och vart, samt att det inte finns så många utbyggda villor som i Sverige.

Pannorna som idag används för värmeproduktion är gamla och är i behov av reparation och delvis utbyte. Detta ger ett bra tillfälle att byta till ett mera miljövänligt bränsle.

Det finns också stora djur- och hönsfarmer vars dynga inte används idag. Från dessa går det att producera cirka 15 000 MWh biogas som kan användas för värmeproduktion. Eftersom naturgasnätet är utbyggt går det efter uppgraderingar att använda biogasen i hushållet, för uppvärmning av hus och matlagning eller blanda den med naturgas. Efter biogasproduktionen kan dyngan användas som gödsel för Salixodlingar och andra odlingar i kommunen. Eftersom det kommer att finnas mera gödsel än det behövs går det att sälja den till andra kommuner och länder.

Efter 9 år (två skördar) blir Salixodlingarna lönsamma och kommer att börja ge vinst (Bilaga 10), samt att Salixflisen inte kommer att kosta mer än mazut som används idag. (Tabell 4-4) Däremot kommer den vara lite dyrare än kol var år 2007.⁶²

⁶² Guryevsk kommun

8 Diskussion och slutsats

Efter att noggrant studerat kretsloppsprojektet i Enköpings kommun och studerat möjligheterna att applicera liknande projekt i Guryevsk kommun i Ryssland har jag insett att det är ett bra projekt för att minska utsläppen av kväve till Östersjön. Genom att genomföra detta projekt i Guryevsk kommun kommer inte bara utsläppen till vatten och luft minska, genom att ha bättre vattenrening och användning av biobränsle, utan de lokala resurserna och marken kommer även utnyttjas bättre.

Denna lösning passar mycket bra inte bara till Guryevsk kommun, men också till andra liknande kommuner och städer som vill gå ifrån fossilt bränsleberoende och minska sina utsläpp. Därefter blir man mindre känslig för störningar i leveranser utifrån och inom energibranschen, som till exempel ständigt ökade priser på bränsle och dess leverans genom flera länder.

Det är svårt att bedöma kostnader för att genomföra projektet. Både arbetskraft och teknik kostar annorlunda i Kaliningradregionen än i Sverige. Men Salixodlingar enligt beräkningen (Bilaga 10-11) blir lönsamma även om det inte finns något bidrag för odlingar som i Europa.

Det är också svårt att säga hur många biogasanläggningar som skall byggas. Om det är bättre att bygga bara några större biogasanläggningar i kommunen och transportera restprodukterna ditt eller om det är bättre att bygga mindre anläggningar vid varje källa. Kostnaderna för biogasanläggningar och värmeverk är väldigt osäkra. För att veta mera exakt vad det kan kosta måste en bedömning göras på plats. Det är också svårt att bedöma hur stort värmeverk som krävs för att försörja hela kommunen med värme, eftersom data på hur många som är kopplade och var de är kopplade till fjärrvärmenätet, samt vart de olika värmeverken finns är okänt.

Data från avloppsreningsverken är inte given för alla reningsverk i kommunen utan bara för cirka en tredjedel, men det gick att göra en ungefärlig bedömning på hur det ser ut i Guryevsk kommun. Reningsverken är i riktigt dålig kondition och fungerar ofta inte, så straffavgifterna för utsläpp är väldigt stora. På grund av det och annat finns det stora ekologiska problem i kommunen. Det finns stor potential och vilja för att åtgärda dessa problem, men lönsamheten är mycket viktigt för att kunna göra det.

Referenser

Muntliga källor

Enköpings kommun:

Pilö, Ulf, 2007-2008: samtal 2007/10 och 2008/03

Reningsverket, Enköping:

Walgeborg, Viking, 2007-2008: samtal 2007/10 och 2008/03
Carlsson, Marie Lewén, 2007: samtal 2007/10

Ena Energi AB, Enköping:

Johansson, Eddie, 2007-2008: samtal 2007/10-2008/04
Eklung, Urban, 2008: samtal 2008/02

Sveriges Lantbruks Universitet (SLU):

Aronsson, Per, 2007: samtal 2007/10

Lantbrukare, Enköping:

Helgstrand, Lars, 2007: samtal 2007/10
Arosenius, Herman, 2007: samtal 2007/10

Lantmännen Agroenergi AB:

Slagbrant, Rolf, 2007: telefonsamtal 2007/10
Gustafsson, Jonas, 2008: telefonsamtal 2008/03

KMW Energi AB:

Hjertö, Vidar, 2008: telefonsamtal 2008/03

Guryevsk kommun:

Djatlova, Elena Ivanovna, 2007: samtal 2007/11

Värmeverk och reningsverk, Guryevsk kommun

Roman Ivanovich, 2007: samtal 2007/11
Tatyana Vasilyevna, 2007: samtal 2007/11

Sweco :

Karlsson , Bert, 2008: telefonsamtal 2008/03

Böcker och rapporter

”Manual för Salixodlare”, Lantmännen Agroenergi AB/Salix Örebro, J. Gustafsson, S. Larsson, N E. Nordh

”Performance and sustainability of short-rotation energy crops treated with municipal and industrial residues”, SLU Uppsala 2005, I. Dimitriou

“Energiteknik”, Henrik Alvarez och Studentlitteratur 2003, H. Alvarez

Årsredovisning, 2007, Ena Energi AB

”Miljörapport”, Enköping 2006, Enköpings avloppsreningsverk

”Askans inverkan på beläggningstendensen i ett biobränsleeldat kraftvärmeverk”, Enköping 2004, S. Ericson

”Reningseffekt – miljöpåverkan hos Salix för avloppsrening”, Uppsala 2007, SLU

”Fluxes of N₂O, and nitrate leaching from a waste water irrigated willow plantation”, Uppsala 2007, SLU

”Региональная география России, Калининградская область”, Калининград 2005, В.В. Орлёнок, Г.М. Федоров
(”Rysslands regionala geografi, Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2005, V. V. Orlenok, G. M. Fedorov)

”Географический атлас Калининградской области”, Калининград 2002, Калининградский государственный университет
(”Geografisk Atlas av Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2002, Kaliningrads statliga universitet)

”Вестник. Естественные науки”, Калининград 2006 выпуск №1, Росийский государственный университет имени И. Канта
(”Nyheter. Naturvetenskap”, Kaliningrad 2006 nr 1, Rysslands statliga universitet I. Kant)

”География янтарного края России”, Калининград 2004, В.В. Орлёнок
(”Geografi av bärnstenslandskapet i Ryssland”, Kaliningrad 2004, V. V. Orlenok)

”Биоэнергетический потенциал Калининградской области”, Калининград 2007, И.Р. Рагулина
(”Bioenergipotential i Kaliningradregionen”, Kaliningrad 2007, I. R. Ragulina)

Internetkällor

Ena Energi AB, www.ena.se, 2007/10-2008/03

Statistiska centralbyrån, www.scb.se, besökt 2007/10

Lantmännen Agroenergi AB, www.agroenergi.se, besökt 2007/10 -2008/03

Enköpings kommun, www.enkoping.se, besökt 2007/10

Bioenergi portalen, www.bioenergiportalen.se, besökt 2007/10

KMW Energi AB, www.kmwenergi.se, besökt 2007/03

”Trädbränslesortiment – definitioner och egenskaper”, Fakta skog nr 5 1995, M.Ringman, www2.slu.se/forskning/fakta/faktaskog/pdf95/4S95-05.pdf

”Värphöns - påverkar de ekonomin på växtodlingen”, Alnarp 2004, J. Bergström, M. Johansson
<http://ex-epsilon.slu.se/archive/00000285/01/2004nr7.pdf>

Miljöbelastning:

Кадастра, www.kadastr.ru, besökt 2008/01

Green house, www.greenhouse.ru, besökt 2008/01

Värmevärde:

Practical science, www.sci.aha.ru/ALL/b11.htm, besökt 2008/02

Oljeprodukter, <http://gsm2sale.narod.ru/mazut.htm>, besökt 2008/02

Skogsstyrelsen, www.svo.se, besökt 2008/02

Medeltemperatur i Kaliningrad:

Thermo karelia, http://thermo.karelia.ru/weather/w_history.php, besökt 2008/02

Nynäs dammsystem:

BAT Cafra Ab, www.batab.se, besökt 2008/04

Biogas:

Gasföreningen, www.gasforeningen.se, besökt 2008/03

Bilagor

Bilaga 1: Utsläpp till vatten per kvartal och år från några reningsverk och en jämningsstation i Guryevsk kommun

Ämne [kg]	BOS 1	BOS 2	BOS 3	BOS 4	BOS 5	Jämningsstation	BOS 6	BOS 10	BOS 11	Totalt per kvartal	Totalt per år
N-NH4	43,99	54,2	86,3	147,52	55,65	0,32	50,73	8,35	217,42	664,48	2 657,92
Klorider	1919,57	944,2	43986	840,84	176,64	21,94	164,68	35,04	962,7	49 051,61	19 6206,44
Sulfater	1854,86	868,06	375,41	750,97	195,28	24,21	197,23	30,53	1135,5	5 432,05	21 728,2
Nitrit	2,37	2,26	1,14	2,43	0,72	0,02	0,36	0,12	2,38	11,8	47,2
Nitrat	350,67	125,28	63,79	80,55	17,2	0	12,91	1,23	26,99	6 78,62	2 714,48
Fosfater	99,41	55,89	32,61	46,2	15,72	0,03	13,24	2,69	85,89	351,68	1 406,72
Oljeprodukter	1,52	1,1	0,41	4,85	0,28	0,03	0,27	0,32	14,23	23,01	92,04
Uppvägda partiklar	355,32	261,52	250,34	613,36	157,18	18,42	125,35	22,68	949,7	2753,87	11 015,48
Tort rest	26509,41	13567,2	7737,61	13748,1	4014,08	498,68	2879,91	588,16	17578	87121,15	348 484,6
Fe-tot	10,58	5,06	1,87	4,66	0,77	3,27	0,75	0,14	4,91	32,01	128,04
Borr	2,12	1,06	0,55	0,97	0,27	0,04	0,27	0,08	4,17	9,53	38,12
Al			0,44		0,13	0,03		0,02	0,54	1,16	4,64
Ca			1141,92	1125,78	343,04	56,06	311,23		1865,04	4843,07	19 372,28
Margnits			0,15		1,43	0,26	1,29	0,007	2,16	5,297	21,188

Bilaga 2: Utsläpp från några reningsverk i Guryevsk kommun, angivet i medelvärde per kvartal och i mg/l

	Enheter	Reningsv 1		Reningsv 2		Reningsv 3		Reningsv 4		Reningsv 5		Reningsv 6		Reningsv 7		Reningsv 8		Reningsv 9		Reningsv 10		Reningsv 11		
		Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel	Medel
Temperatur	C	13,80	13,4	13,42	13,28	13,28	13,28	13,28	13,28	12,6	12,6	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44	10,44
pH	pH	6,70	6,8	6,6	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	5,9	5,9	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36	6,36
Uppvägda ämne	mg/l	11,08	12,29	24,9	27	27	27	27	27	37,16	37,16	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Tort rest	mg/l	586,30	608	706	704	704	704	704	704	698,2	698,2	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
HPK	mgO/l	29,71	31,145	52,18	78,06	78,06	78,06	78,06	78,06	76,37	76,37	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75
BPK 5	mlO2/l	8,60	8,58	21,98	55,12	55,12	55,12	55,12	55,12	41,7	41,7	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
BPK tot	mg O2 /l	11,45	11,47	29,18	73,87	73,87	73,87	73,87	73,87	55,46	55,46	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Nitrit	mg NO /l	0,11	0,054	0,135	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105	0,104	0,104	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
Nitrat	mg NO /l	4,34	3,255	2,362	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,65	1,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-NH4	mg N /l	2,53	2,688	9,08	11,44	11,44	11,44	11,44	11,44	13,26	13,26	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
N-tot	mg/l	3,42	3,285	9,54	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	13,66	13,66	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Fosfater	mg/l	2,60	2,429	3,009	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,7	2,7	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058	0,058
F-tot	mg/l	1,04	0,907	1,067	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	1,02	1,02	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Klorider	mg/l	43,44	41,81	42,7	42,71	42,71	42,71	42,71	42,71	35,51	35,51	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82	571,82
Sulfater	mg/l	39,41	40,37	43,15	40,67	40,67	40,67	40,67	40,67	39,89	39,89	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68	66,68
Fett	mg/l	<0,5	<0,5	0,515	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,53	0,53	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fe-tot	mg/l	0,190	0,136	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,11	0,11	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08
APAV	mg/l	0,036	0,0335	0,036	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,125	0,125	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Oljeprodukter	mg/l	0,044	0,036	0,092	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Bor	mg/l			0,09	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Formaldehyd	mg/l			0,063	0,089	0,089	0,089	0,089	0,089	0,066	0,066	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
Kalium	mg/l			12	7	7	7	7	7	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Natrium	mg/l			30	24	24	24	24	24	19	19	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
Magnesium	mg/l			17,87	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	22,62	22,62	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32	8,32
Koppar	mg/l			1	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1,2	1,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Zink	mg/l			29	<4	<4	<4	<4	<4	6,1	6,1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Bly	mg/l			2,4	1	1	1	1	1	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Aluminium	mg/l			26	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	21	21	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Kalcium	mg/l			69	53	53	53	53	53	59	59	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Mangan	mg/l			13	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	27	27	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Bilaga 3: Daglig medeltemperatur i Kaliningrad år 1996

Feb	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
-0.3	8.5	2.2	4.2	21.2	15.4	19.3	14.5	7.5	5.4	0.6
4.6	7.7	4.9	4.2	23.2	13.7	19.2	14.2	7.8	2.7	0.3
1.1	4.9	4.2	8.8	14.1	16.2	19.2	15	11.3	0.7	0
1.8	4	4	11.8	14.6	16.8	17.9	14.7	12.6	0.6	-4.8
4	2.3	3.5	11.6	15.5	14.6	17.2	14.9	14.6	1.9	-7.3
3.8	2.4	3.3	11.9	15.8	14.9	18.2	15.2	14.2	3.6	-8.6
4.9	2	4.7	8.2	16.2	19.5	19.7	17	15.2	2.9	-9.2
1.4	0.1	3.3	6.2	18	22.5	16.1	14.6	15	-2.1	-5.5
-1.6	3.4	2.9	7.7	16.7	22.3	15	15.1	16.2	-2.5	-5.6
-0.5	1.1	1.6	7.2	14.8	18.7	15.4	15.8	16.2	1	-1.3
-1.5	1	2	7	16.2	19.3	16.2	15.7	15	4.5	2.2
2.1	4.5	2.9	9.6	15.5	18.5	17.4	16.6	11.9	1	-1.1
6.2	1.1	5.1	11.3	18.4	21.7	21.5	15.7	13.4	5.5	-2.6
5.5	-4.1	8.4	9.2	15.2	23.1	18.7	15.8	13.7	3.5	-4.3
7.1	-1.8	8.7	7.8	15.3	21	19	16.3	12.2	3.1	-2.2
7.6	0.1	7.4	8.2	16.2	20.7	17.7	11	11.5	7.1	0.8
4.8	3.7	5	12.3	15	19.1	19.2	10.3	11.7	6.6	-2.8
4.7	5.5	6.2	15.3	14.2	17.7	18.8	8.8	11.7	1.3	-1.8
4.4	3.7	7.6	10.5	14.2	16.5	20.3	7.9	11.9	0.4	-1.2
4.7	3.3	10.7	9	15.6	18	20.4	9.3	10.9	0.1	-1.2
4.3	2.5	5.1	10	16	21	18.2	11.7	8.2	-1.4	-2.4
5.6	3.1	14.4	8.3	14.6	22.1	17.8	10.4	5.7	-3	-7.7
4.3	3	18.4	10.6	12	16.7	19.1	11.8	5.8	-4.3	-4.4
4	7.5	17.7	13.8	12.8	16.6	21.3	12.2	5.9	2.1	-2.4
1	5.8	17.5	11.8	16.9	16.7	20.3	14.7	6.2	4.1	-8
1.3	4	16.1	12.9	19.7	16.1	19.1	13.6	8.3	0.2	-8.7
0.8	2.2	14.6	16.5	16.8	16.9	16.2	12.2	10.6	1	-13
3	-0.7	7.4	19.6	14.1	18.4	14.8	10.1	11.1	1.3	-15.5
	0.4	5.8	19.3	16.1	19.9	12.8	8.3	8.4	-2.7	-13.2
	1.6	5.6	22.5	16.3	19.5	12.6	6.1	3.8	-2.2	-10.9
	2.3		22.1		20.7	14.2		7.1		-16.9

Bilaga 4: Beräkning av toppeffekt utgående från medeltemperaturen per dag.

Temperaturskillnaden beräknas som $\Delta T = 15 - \text{medeltemperatur}$, där 15 är den temperatur då man påbörjar uppvärmningen

Medeltemperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW	Medeltemperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW
-16,90	31,90	765,60	31,90	-1,20	16,20	388,80	16,20
-15,50	30,50	732,00	30,50	-1,10	16,10	386,40	16,10
-13,20	28,20	676,80	28,20	-1,00	16,00	384,00	16,00
-13,00	28,00	672,00	28,00	-1,00	16,00	384,00	16,00
-12,80	27,80	667,20	27,80	-0,80	15,80	379,20	15,80
-11,10	26,10	626,40	26,10	-0,70	15,70	376,80	15,70
-10,90	25,90	621,60	25,90	-0,70	15,70	376,80	15,70
-9,20	24,20	580,80	24,20	-0,50	15,50	372,00	15,50
-8,90	23,90	573,60	23,90	-0,30	15,30	367,20	15,30
-8,70	23,70	568,80	23,70	0,00	15,00	360,00	15,00
-8,60	23,60	566,40	23,60	0,10	14,90	357,60	14,90
-8,00	23,00	552,00	23,00	0,10	14,90	357,60	14,90
-7,90	22,90	549,60	22,90	0,10	14,90	357,60	14,90
-7,70	22,70	544,80	22,70	0,20	14,80	355,20	14,80
-7,50	22,50	540,00	22,50	0,20	14,80	355,20	14,80
-7,30	22,30	535,20	22,30	0,30	14,70	352,80	14,70
-6,90	21,90	525,60	21,90	0,40	14,60	350,40	14,60
-5,80	20,80	499,20	20,80	0,40	14,60	350,40	14,60
-5,60	20,60	494,40	20,60	0,40	14,60	350,40	14,60
-5,50	20,50	492,00	20,50	0,50	14,50	348,00	14,50
-4,80	19,80	475,20	19,80	0,60	14,40	345,60	14,40
-4,70	19,70	472,80	19,70	0,60	14,40	345,60	14,40
-4,40	19,40	465,60	19,40	0,70	14,30	343,20	14,30
-4,30	19,30	463,20	19,30	0,70	14,30	343,20	14,30
-4,30	19,30	463,20	19,30	0,80	14,20	340,80	14,20
-4,20	19,20	460,80	19,20	0,80	14,20	340,80	14,20
-4,10	19,10	458,40	19,10	1,00	14,00	336,00	14,00
-3,30	18,30	439,20	18,30	1,00	14,00	336,00	14,00
-3,00	18,00	432,00	18,00	1,00	14,00	336,00	14,00
-2,80	17,80	427,20	17,80	1,00	14,00	336,00	14,00
-2,80	17,80	427,20	17,80	1,00	14,00	336,00	14,00
-2,70	17,70	424,80	17,70	1,10	13,90	333,60	13,90
-2,60	17,60	422,40	17,60	1,10	13,90	333,60	13,90
-2,50	17,50	420,00	17,50	1,10	13,90	333,60	13,90
-2,40	17,40	417,60	17,40	1,30	13,70	328,80	13,70
-2,40	17,40	417,60	17,40	1,30	13,70	328,80	13,70
-2,20	17,20	412,80	17,20	1,30	13,70	328,80	13,70
-2,20	17,20	412,80	17,20	1,40	13,60	326,40	13,60
-2,20	17,20	412,80	17,20	1,40	13,60	326,40	13,60
-2,10	17,10	410,40	17,10	1,60	13,40	321,60	13,40
-2,10	17,10	410,40	17,10	1,60	13,40	321,60	13,40
-1,80	16,80	403,20	16,80	1,80	13,20	316,80	13,20
-1,80	16,80	403,20	16,80	1,90	13,10	314,40	13,10
-1,60	16,60	398,40	16,60	1,90	13,10	314,40	13,10

-1,50	16,50	396,00	16,50	2,00	13,00	312,00	13,00
-1,40	16,40	393,60	16,40	2,00	13,00	312,00	13,00
-1,40	16,40	393,60	16,40	2,10	12,90	309,60	12,90
-1,30	16,30	391,20	16,30	2,10	12,90	309,60	12,90
-1,20	16,20	388,80	16,20	2,20	12,80	307,20	12,80

Medel temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW	Medel temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW
2,20	12,80	307,20	12,80	4,70	10,30	247,20	10,30
2,20	12,80	307,20	12,80	4,80	10,20	244,80	10,20
2,30	12,70	304,80	12,70	4,90	10,10	242,40	10,10
2,30	12,70	304,80	12,70	4,90	10,10	242,40	10,10
2,30	12,70	304,80	12,70	4,90	10,10	242,40	10,10
2,40	12,60	302,40	12,60	5,00	10,00	240,00	10,00
2,50	12,50	300,00	12,50	5,10	9,90	237,60	9,90
2,70	12,30	295,20	12,30	5,10	9,90	237,60	9,90
2,90	12,10	290,40	12,10	5,40	9,60	230,40	9,60
2,90	12,10	290,40	12,10	5,50	9,50	228,00	9,50
2,90	12,10	290,40	12,10	5,50	9,50	228,00	9,50
3,00	12,00	288,00	12,00	5,50	9,50	228,00	9,50
3,00	12,00	288,00	12,00	5,60	9,40	225,60	9,40
3,00	12,00	288,00	12,00	5,60	9,40	225,60	9,40
3,10	11,90	285,60	11,90	5,70	9,30	223,20	9,30
3,10	11,90	285,60	11,90	5,80	9,20	220,80	9,20
3,10	11,90	285,60	11,90	5,80	9,20	220,80	9,20
3,20	11,80	283,20	11,80	5,80	9,20	220,80	9,20
3,30	11,70	280,80	11,70	5,90	9,10	218,40	9,10
3,30	11,70	280,80	11,70	6,10	8,90	213,60	8,90
3,30	11,70	280,80	11,70	6,20	8,80	211,20	8,80
3,40	11,60	278,40	11,60	6,20	8,80	211,20	8,80
3,50	11,50	276,00	11,50	6,20	8,80	211,20	8,80
3,50	11,50	276,00	11,50	6,20	8,80	211,20	8,80
3,50	11,50	276,00	11,50	6,60	8,40	201,60	8,40
3,60	11,40	273,60	11,40	7,00	8,00	192,00	8,00
3,70	11,30	271,20	11,30	7,10	7,90	189,60	7,90
3,70	11,30	271,20	11,30	7,10	7,90	189,60	7,90
3,80	11,20	268,80	11,20	7,10	7,90	189,60	7,90
3,80	11,20	268,80	11,20	7,20	7,80	187,20	7,80
3,90	11,10	266,40	11,10	7,40	7,60	182,40	7,60
4,00	11,00	264,00	11,00	7,40	7,60	182,40	7,60
4,00	11,00	264,00	11,00	7,50	7,50	180,00	7,50
4,00	11,00	264,00	11,00	7,50	7,50	180,00	7,50
4,00	11,00	264,00	11,00	7,60	7,40	177,60	7,40
4,00	11,00	264,00	11,00	7,60	7,40	177,60	7,40
4,10	10,90	261,60	10,90	7,70	7,30	175,20	7,30
4,10	10,90	261,60	10,90	7,70	7,30	175,20	7,30
4,20	10,80	259,20	10,80	7,80	7,20	172,80	7,20
4,20	10,80	259,20	10,80	7,80	7,20	172,80	7,20
4,20	10,80	259,20	10,80	7,90	7,10	170,40	7,10
4,30	10,70	256,80	10,70	8,20	6,80	163,20	6,80
4,30	10,70	256,80	10,70	8,20	6,80	163,20	6,80

4,40	10,60	254,40	10,60	8,20	6,80	163,20	6,80
4,50	10,50	252,00	10,50	8,30	6,70	160,80	6,70
4,50	10,50	252,00	10,50	8,30	6,70	160,80	6,70
4,60	10,40	249,60	10,40	8,30	6,70	160,80	6,70
4,70	10,30	247,20	10,30	8,40	6,60	158,40	6,60
4,70	10,30	247,20	10,30	8,40	6,60	158,40	6,60

Medel Temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW	Medel Temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW
8,50	6,50	156,00	6,50	14,20	0,80	19,20	0,80
8,70	6,30	151,20	6,30	14,20	0,80	19,20	0,80
8,80	6,20	148,80	6,20	14,20	0,80	19,20	0,80
8,80	6,20	148,80	6,20	14,20	0,80	19,20	0,80
9,00	6,00	144,00	6,00	14,20	0,80	19,20	0,80
9,20	5,80	139,20	5,80	14,40	0,60	14,40	0,60
9,30	5,70	136,80	5,70	14,50	0,50	12,00	0,50
9,60	5,40	129,60	5,40	14,60	0,40	9,60	0,40
10,00	5,00	120,00	5,00	14,60	0,40	9,60	0,40
10,10	4,90	117,60	4,90	14,60	0,40	9,60	0,40
10,30	4,70	112,80	4,70	14,60	0,40	9,60	0,40
10,40	4,60	110,40	4,60	14,60	0,40	9,60	0,40
10,50	4,50	108,00	4,50	14,60	0,40	9,60	0,40
10,60	4,40	105,60	4,40	14,70	0,30	7,20	0,30
10,60	4,40	105,60	4,40	14,70	0,30	7,20	0,30
10,70	4,30	103,20	4,30	14,80	0,20	4,80	0,20
10,90	4,10	98,40	4,10	14,80	0,20	4,80	0,20
11,00	4,00	96,00	4,00	14,90	0,10	2,40	0,10
11,10	3,90	93,60	3,90	14,90	0,10	2,40	0,10
11,30	3,70	88,80	3,70	15,00	0,00	0,00	0,00
11,30	3,70	88,80	3,70	15,00	0,00	0,00	0,00
11,50	3,50	84,00	3,50	15,00	0,00	0,00	0,00
11,60	3,40	81,60	3,40	15,00	0,00	0,00	0,00
11,70	3,30	79,20	3,30	15,00	0,00	0,00	0,00
11,70	3,30	79,20	3,30	15,10	-0,10	-2,40	-0,10
11,70	3,30	79,20	3,30	15,20	-0,20	-4,80	-0,20
11,80	3,20	76,80	3,20	15,20	-0,20	-4,80	-0,20
11,80	3,20	76,80	3,20	15,20	-0,20	-4,80	-0,20
11,80	3,20	76,80	3,20	15,30	-0,30	-7,20	-0,30
11,90	3,10	74,40	3,10	15,30	-0,30	-7,20	-0,30
11,90	3,10	74,40	3,10	15,40	-0,40	-9,60	-0,40
11,90	3,10	74,40	3,10	15,40	-0,40	-9,60	-0,40
12,00	3,00	72,00	3,00	15,50	-0,50	-12,00	-0,50
12,20	2,80	67,20	2,80	15,50	-0,50	-12,00	-0,50
12,20	2,80	67,20	2,80	15,60	-0,60	-14,40	-0,60
12,20	2,80	67,20	2,80	15,70	-0,70	-16,80	-0,70
12,30	2,70	64,80	2,70	15,70	-0,70	-16,80	-0,70
12,60	2,40	57,60	2,40	15,80	-0,80	-19,20	-0,80
12,60	2,40	57,60	2,40	15,80	-0,80	-19,20	-0,80
12,80	2,20	52,80	2,20	15,80	-0,80	-19,20	-0,80
12,80	2,20	52,80	2,20	16,00	-1,00	-24,00	-1,00
12,90	2,10	50,40	2,10	16,10	-1,10	-26,40	-1,10

13,40	1,60	38,40	1,60	16,10	-1,10	-26,40	-1,10
13,60	1,40	33,60	1,40	16,10	-1,10	-26,40	-1,10
13,70	1,30	31,20	1,30	16,10	-1,10	-26,40	-1,10
13,70	1,30	31,20	1,30	16,20	-1,20	-28,80	-1,20
13,80	1,20	28,80	1,20	16,20	-1,20	-28,80	-1,20
14,10	0,90	21,60	0,90	16,20	-1,20	-28,80	-1,20
14,10	0,90	21,60	0,90	16,20	-1,20	-28,80	-1,20

Medel temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW	Medel Temperatur per dag	Skillnaden i temperatur	MWh	MW
16,20	-1,20	-28,80	-1,20	19,60	-4,60	-110,40	-4,60
16,20	-1,20	-28,80	-1,20	19,70	-4,70	-112,80	-4,70
16,20	-1,20	-28,80	-1,20	19,70	-4,70	-112,80	-4,70
16,20	-1,20	-28,80	-1,20	19,90	-4,90	-117,60	-4,90
16,30	-1,30	-31,20	-1,30	20,30	-5,30	-127,20	-5,30
16,30	-1,30	-31,20	-1,30	20,30	-5,30	-127,20	-5,30
16,50	-1,50	-36,00	-1,50	20,40	-5,40	-129,60	-5,40
16,50	-1,50	-36,00	-1,50	20,70	-5,70	-136,80	-5,70
16,60	-1,60	-38,40	-1,60	20,70	-5,70	-136,80	-5,70
16,60	-1,60	-38,40	-1,60	21,00	-6,00	-144,00	-6,00
16,70	-1,70	-40,80	-1,70	21,00	-6,00	-144,00	-6,00
16,70	-1,70	-40,80	-1,70	21,20	-6,20	-148,80	-6,20
16,70	-1,70	-40,80	-1,70	21,30	-6,30	-151,20	-6,30
16,80	-1,80	-43,20	-1,80	21,50	-6,50	-156,00	-6,50
16,80	-1,80	-43,20	-1,80	21,70	-6,70	-160,80	-6,70
16,90	-1,90	-45,60	-1,90	22,10	-7,10	-170,40	-7,10
16,90	-1,90	-45,60	-1,90	22,10	-7,10	-170,40	-7,10
17,00	-2,00	-48,00	-2,00	22,30	-7,30	-175,20	-7,30
17,20	-2,20	-52,80	-2,20	22,50	-7,50	-180,00	-7,50
17,40	-2,40	-57,60	-2,40	22,50	-7,50	-180,00	-7,50
17,50	-2,50	-60,00	-2,50	23,10	-8,10	-194,40	-8,10
17,70	-2,70	-64,80	-2,70	23,20	-8,20	-196,80	-8,20
17,70	-2,70	-64,80	-2,70				
17,70	-2,70	-64,80	-2,70				
17,80	-2,80	-67,20	-2,80				
17,90	-2,90	-69,60	-2,90				
18,00	-3,00	-72,00	-3,00				
18,00	-3,00	-72,00	-3,00				
18,20	-3,20	-76,80	-3,20				
18,20	-3,20	-76,80	-3,20				
18,40	-3,40	-81,60	-3,40				
18,40	-3,40	-81,60	-3,40				
18,40	-3,40	-81,60	-3,40				
18,50	-3,50	-84,00	-3,50				
18,70	-3,70	-88,80	-3,70				
18,70	-3,70	-88,80	-3,70				
18,80	-3,80	-91,20	-3,80				
19,00	-4,00	-96,00	-4,00				
19,10	-4,10	-98,40	-4,10				
19,10	-4,10	-98,40	-4,10				
19,10	-4,10	-98,40	-4,10				
19,20	-4,20	-100,80	-4,20				

19,20	-4,20	-100,80	-4,20
19,20	-4,20	-100,80	-4,20
19,30	-4,30	-103,20	-4,30
19,30	-4,30	-103,20	-4,30
19,30	-4,30	-103,20	-4,30
19,50	-4,50	-108,00	-4,50
19,50	-4,50	-108,00	-4,50

Bilaga 5: Bränslebehov för att försörja hela Guryevsk kommun med värme (68600 MWh)
beräknat med olika andel Salixflis som blandbränsle

Bränsle	Fukthalt, %	Effektiv värmevärde, [MWh/ton]	Andel, %	Mängd, [ton]
Styckedorv	40	3,3	100	20 788
Grot	45	2,6	100	26 385
Sågspån	50	2,3	100	29 826
Salixflis	50	2,2	100	31 182
Salixflis	30	3,2	100	21 438

Bränsle- blandning	Fukthalt, %	Effektiv Värmevärde, [MWh/ton]	Andel, %	Mängd, [ton]
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	90/10	18 709 / 3 118
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	80/20	16 630 / 6 236
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	70/30	14 552 / 9 355
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	60/40	12 473 / 12 473
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	50/50	10 394 / 15 591
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	40/60	8 315 / 18 709
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	30/70	6 236 / 21 827
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	20/80	4 158 / 24 945
Styckedorv/Salixflis	40/50	3,3/2,2	10/90	2 079 / 28 063

Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	90/10	18 709 / 2 144
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	80/20	16 630 / 4 288
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	70/30	14 552 / 6 431
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	60/40	12 473 / 8 575
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	50/50	10 394 / 10 719
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	40/60	8 315 / 12 863
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	30/70	6 236 / 15 006
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	20/80	4 158 / 17 150
Styckedorv/Salixflis	40/30	3,3/3,2	10/90	2 079 / 19 294

Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	90/10	23 746 / 3 118
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	80/20	21 107 / 6 236
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	70/30	18 469 / 9 355
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	60/40	15 831 / 12 473
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	50/50	13 192 / 15 591
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	40/60	10 554 / 18 709
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	30/70	7 915 / 21 827
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	20/80	5 277 / 24 945
Grot/Salixflis	45/50	2,6/2,2	10/90	2 638 / 28 063

Bilaga 6: Markbehov för Salixodling vid olika andel Salix i bränslet för att kunna producera 68600 MWh per år (4,5 MWh/ton TS i Salix flis)

Andel	Mängd Salix	16 ton TS/ha	25 ton TS/ha	16 ton TS/ha, 4 år	25 ton TS/ha, 4 år
%	[ton TS]	[ha]	[ha]	[ha]	[ha]
100	15 244	953	610	3 811	2 439
90	13 720	858	549	3 430	2 195
80	12 196	762	488	3 049	1 951
70	10 671	667	427	2 668	1 707
60	9 147	572	366	2 287	1 463
50	7 622	476	305	1 906	1 220
40	6 098	381	244	1 524	976
30	4 573	286	183	1 143	732
20	3 049	191	122	762	488
10	1 524	95	61	381	244
0	0	0	0	0	0

Bilaga 7: Bränslemängd som behövs för att producera 20000 MWh värme på värmeverket på Torohanskajagatan beräknat med olika andel Salixflis som blandbränsle

Bränsleblandning	Fukthalt		Effektiv Värmevärde		Andel		Mängd Stycketorv, Salixflis, [ton]	Mängd Stycketorv, Salixflis, [ton]	Askhalt Stycketorv, ton	Askhalt Salixflis, ton	Askhalt totalt, ton
	Stycketorv, %	Salixflis, %	Stycketorv, [MWh/ton]	Salixflis, [MWh/ton]	Stycketorv, %	Salix, %					
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	100	0	6 061	0	303	0	303
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	90	10	5 455	909	273	14	286
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	80	20	4 848	1 818	242	27	270
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	70	30	4 242	2 727	212	41	253
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	60	40	3 636	3 636	182	55	236
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	50	50	3 030	4 545	152	68	220
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	40	60	2 424	5 455	121	82	203
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	30	70	1 818	6 364	91	95	186
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	20	80	1 212	7 273	61	109	170
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	10	90	606	8 182	30	123	153
Stycketorv/Salixflis	40	50	3,3	2,2	0	100	0	9 091	0	136	136

Bränsleblandning	Fukthalt		Effektiv Värmevärde		Andel		Mängd Stycketorv, Salixflis, [ton]	Mängd Stycketorv, Salixflis, [ton]	Askhalt Stycketorv, ton	Askhalt Salixflis, ton	Askhalt totalt, ton
	Grot, %	Salixflis, %	Grot, [MWh/ton]	Salixflis, [MWh/ton]	Grot, %	Salix, %					
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	100	0	7 692	0	269	0	269
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	90	10	6 923	909	242	14	256
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	80	20	6 154	1 818	215	27	243
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	70	30	5 385	2 727	188	41	229
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	60	40	4 615	3 636	162	55	216
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	50	50	3 846	4 545	135	68	203
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	40	60	3 077	5 455	108	82	190
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	30	70	2 308	6 364	81	95	176
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	20	80	1 538	7 273	54	109	163
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	10	90	769	8 182	27	123	150
Grot/Salixflis	45	50	2,6	2,2	0	100	0	9 091	0	136	136

Bränsleblandning	Fukthalt		Fukthalt Salixflis, %	Effektiv Värmevärde Sågspån, [MWh/ton]	Effektiv Värmevärde Salixflis, [MWh/ton]	Andel		Mängd Sågspån, [ton]	Mängd Salixflis, [ton]	Askhalt Sågspån, ton	Askhalt Salixflis, ton	Askhalt totalt, ton
	Sågspån, %	Salixflis, %				Sågspån, %	Salix, %					
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	100	0	8 696	0	87	0	87
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	90	10	7 826	909	78	14	92
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	80	20	6 957	1 818	70	27	97
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	70	30	6 087	2 727	61	41	102
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	60	40	5 217	3 636	52	55	107
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	50	50	4 348	4 545	43	68	112
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	40	60	3 478	5 455	35	82	117
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	30	70	2 609	6 364	26	95	122
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	20	80	1 739	7 273	17	109	126
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	10	90	870	8 182	9	123	131
Sågspån/Salixflis	50	50	50	2,3	2,2	0	100	0	9 091	0	136	136

Bilaga 8: Behov av Salixodlingar för att producera olika andel av 20000 MWh, värmevärde 4,5 MWh/ton TS

Andel Salix, %	Mängd Salixflis, [ton TS]	Salix 16 ton TS/ha, ha	Salix 25 ton TS/ha, [ha]	Salix 4 år 16 ton/ha, [ha]	Salix 4 år 25 ton/ha, [ha]
100	4 444	278	178	1111	711
90	4 000	250	160	1000	640
80	3 556	222	142	889	569
70	3 111	194	124	778	498
60	2 667	167	107	667	427
50	2 222	139	89	556	356
40	1 778	111	71	444	284
30	1 333	83	53	333	213
20	889	56	36	222	142
10	444	28	18	111	71
0	0	0	0	0	0

Bilaga 9: Kostnader i kronor och rubel för att kunna bygga olika stora värmeverk med och utan pannhuset

MWh	Msek/MWh	Pannhus, Msek	Totalt
1	3,9	10	13,9
2	7,8	10	17,8
3	11,7	10	21,7
4	15,6	10	25,6
5	19,5	10	29,5
6	23,4	10	33,4
7	27,3	10	37,3
8	31,2	10	41,2
9	35,1	10	45,1
10	39	10	49
11	42,9	10	52,9
12	46,8	10	56,8
13	50,7	10	60,7
14	54,6	10	64,6
15	58,5	10	68,5

MWh	Mrub/MWh	Pannhus, Mrub	Totalt, Mrub
1	14,43	37	51,43
2	28,86	37	65,86
3	43,29	37	80,29
4	57,72	37	94,72
5	72,15	37	109,15
6	86,58	37	123,58
7	101,01	37	138,01
8	115,44	37	152,44
9	129,87	37	166,87
10	144,3	37	181,3
11	158,73	37	195,73
12	173,16	37	210,16
13	187,59	37	224,59
14	202,02	37	239,02
15	216,45	37	253,45

Bilaga 10: *Kostnader och intäkter per hektar för Salixodling, där intäkten för 0,2 ton TS (1 MWh) är 450 rubel (125 kr, 13 EUR, juni 2008)*

Från plantering till första skörd, 5 år		
Kostnader 1	kr/ha	rub/ha
Plantering	8 600	30 960
Jordbearbetning	1 700	6 120
Ogräsbekämpning	700	2 590
Gödsling	1 500	5 550
Avkapning	300	1 110
Skördekostnad	4 200	15 540
Summa	17 000	62 900
Intäkter 1		
Skörd, 16 ton TS/ha	10 000	36 000
Summa	10 000	36 000
Intäkter 1 – Kostnader 1	-7 472	-26 900
Per år, 5 år	-1 494	-5 380
Från första till andra skörd, 4 år		
Kostnader 2		
Ogräsbekämpning	350	1 260
Gödsling	1 500	5 400
Skördekostnad	4 800	17 280
Summa	6 650	23 940
Intäkter 2		
Skörd, 25 ton TS/ha	15 625	56 250
Summa	15 625	56 250
Intäkter 2 – Kostnader1 – Kostnader 2	1 503	5 410
Per år, 4 år	376	1353

Bilaga 13: Exempel på straff för emissioner till vatten per kvartal från ett reningsverk

mykneva

Бел. разр.

Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия

Регистрационный номер объекта негативного воздействия 27001000626

Раздел 3. Сроки вредных веществ в водные объекты

№ п/п	Наименование вещества	Ед. изм.	Установлены		Фактический сброс вредных веществ, кг/сутки, всего	В том числе:			Норматив платы			Срок действия с			Сумма платы за:			Сумма платы, всего
			ПДС	ВСС		ПДС	ВСС	Сверх-лим. сброс	ПДС	ВСС	Сверх-лим. сброс	Коеф. умнож. индр.	Доп. коэф. зван.	Коеф. зап. зван.	ПДС	ВСС	Сверх-лим. сброс	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Аммоний-ион (NH4+)	г	-	-	0,00243	-	-	0,00243	551	2755	13775	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	50,04	50,04
2	Вазелиновое вещество	г	-	-	0,234	-	-	0,234	355	1630	9150	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	3889,50	3889,50
3	Железо (Fe) (всё растворимое в воде (фосфон))	г	-	-	0,000281	-	-	0,000281	2755	13775	68875	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	28,93	28,93
4	Кальций (Ca2+)	г	-	-	0,0402	-	-	0,0402	1,2	6	30	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	2,19	2,19
5	Малый (Mg) (всё растворимое в воде (формы))	г	-	-	0,00748	-	-	0,00748	5,9	34,5	172,5	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	1,93	1,93
6	Медь (Cu2+)	г	-	-	1,87E-5	-	-	1,87E-5	27548	137740	6557025	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	234,39	234,39
7	Нефть и нефтепродукты	г	-	-	0,00935	-	-	0,00935	5516	27550	137750	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	2344,09	2344,09
8	Никель (Ni2+)	г	-	-	9,35E-6	-	-	9,35E-6	27548	137740	588700	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	11,72	11,72
9	Нитрат-ион	г	-	-	7,48E-5	-	-	7,48E-5	5,9	34,5	172,5	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
10	Нитрат-ион	г	-	-	7,48E-5	-	-	7,48E-5	3444	17220	85100	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	9,63	9,63
11	Сульфат-ион (сульфат)	г	-	-	0,0035	-	-	0,0035	2,8	14	70	1,3	1,15	0,00	0,00	0,00	9,78	9,78
12	Фосфат (по P)	г	-	-	0,00101	-	-	0,00101	1378	6890	34450	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	63,33	63,33
13	Хлорид (Cl-)	г	-	-	0,187	-	-	0,187	0,9	4,5	22,5	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	7,66	7,66
14	Цинк (Zn2+)	г	-	-	0,000281	-	-	0,000281	27548	137740	588700	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	352,21	352,21
15	БПК полное	г	-	-	0,0281	-	-	0,0281	91	455	2275	1,3	1,4	0,00	0,00	0,00	115,35	115,35
Итого:																		7129,07