



RAPPORT / Ledningsteknik

Metallflöden för olika typer av avloppslösningar
- Tillämpat på Horn i Västerås och Kronan i Luleå

DICK KARLSSON OCH GILBERT SVENSSON

Rapport 1997:4

FÖRORD

Systemanalys VA är ett samarbetsprojekt mellan Kommunförbundet, LRF, Naturvårdsverket och VAV. Syftet är att ta fram utvärderingsverktyg för beslutsfattare när det gäller att välja tekniska lösningar för VA-försörjning. Projektet består av ett flertal delprojekt som bl a skall belysa brukaraspekter, hygien, resursanvändning och miljöpåverkan.

Denna rapport är utarbetad som en utvidgning till LCA-studierna av Horn i Västerås och Kronan i Luleå. Utvidgningen avser analys av metallflöden för de avloppssystem som behandlats i LCA-studien. Rapporten bör läsas tillsammans LCA-rapporten. En mer utförlig beskrivning av systemen finns i denna rapport "Life Cycle Assessment of Water and Wastewater Systems. Three Case Studies." utgiven av avd. för Teknisk Miljöplanering, Chalmers tekniska högskola.

Göteborg 1997

Författarna

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. HORN, VÄSTERÅS

1.1 BAKGRUND

1.2 BESKRIVNING AV DE ALTERNATIVA SYSTEMEN

1.2.1 Våtkompostering (alternativ 1)

1.2.2 Minireningsverk (alternativ 3)

1.3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH METALLFLÖDEN

1.3.1 Svartvatten

1.3.2 Gråvatten

1.3.3 Köksavfall

1.4 ANALYS AV METALLFLÖDENA

1.4.1 Alternativ 1

1.4.2 Alternativ 3

1.5 METALLFLÖDEN-EN JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIVEN

1.5.1 Kadmium (g/år)

1.5.2 Koppar (g/år)

1.5.3 Kvicksilver (g/år)

1.5.4 Bly (g/år)

2. KRONAN, LULEÅ

2.1 BAKGRUND

2.2 BESKRIVNING AV DE ALTERNATIVA SYSTEMEN

2.2.1 Alternativ 1 - konventionell bebyggelse

2.2.2 Alternativ 2 - LOD

2.2.3 Alternativ 3 - urinseparering

2.2.4 Alternativ 4 - LOD och urinseparering

2.3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH METALLFLÖDEN

2.3.1 Svartvatten

2.3.2 Gråvatten

2.3.3 Dagvatten

2.3.4 Fällningskemikalier till reningsverk

- 2.4 ANALYS AV METALLFLÖDENA
- 2.4.1 Alternativ 1 - konventionell bebyggelse
- 2.4.2 Alternativ 2 - LOD
- 2.4.3 Alternativ 3 - urinseparering
- 2.4.4 Alternativ 4 - LOD och urinseparering

- 2.5 METALLFLÖDEN - EN JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIVEN
- 2.5.1 Kadmium (g/år)
- 2.5.2 Koppar (g/år)
- 2.5.3 Kvicksilver (g/år)
- 2.5.4 Bly (g/år)

REFERENSER

LITTERATURSTUDIE

KALKYLARK FÖR VÄSTERÅS

KALKYLARK FÖR LULEÅ

1. HORN, VÄSTERÅS

1.1 BAKGRUND

För byggandet av det studerade området finns ett övergripande mål som innebär att det ställs höga krav på områdets VA- och avfallshanteringssystem. I detta ingår bland annat att påverkan på yt- och grundvatten skall minimeras, att utsläppen till recipienten, sjön Freden som är en vik i Mälaren, inte får överskrida gällande utsläppsgränser samt att lokala lösningar för vatten och avlopp bör eftersträvas.

Projektets syfte är att följa flödena av kadmium, kvicksilver, bly och koppar genom två alternativa avloppssystem.

I *alternativ 1* transporteras svartvatten och organiskt köksavfall till en våtkompost. BDT-vatten tas omhand i ett separat system bestående av slamavskiljare, filterbädd, utloppsdike före utsläpp till recipient.

I *alternativ 3* leds allt spillvatten till ett lokalt minireningsverk. Det organiska köksavfallet behandlas i en trumkompost och efterlagras sedan.

Flödesanalysen startar i hushållen och slutar efter det att avloppsvattnet eller de fraktioner som det uppdelas i lämnar bassystemet.

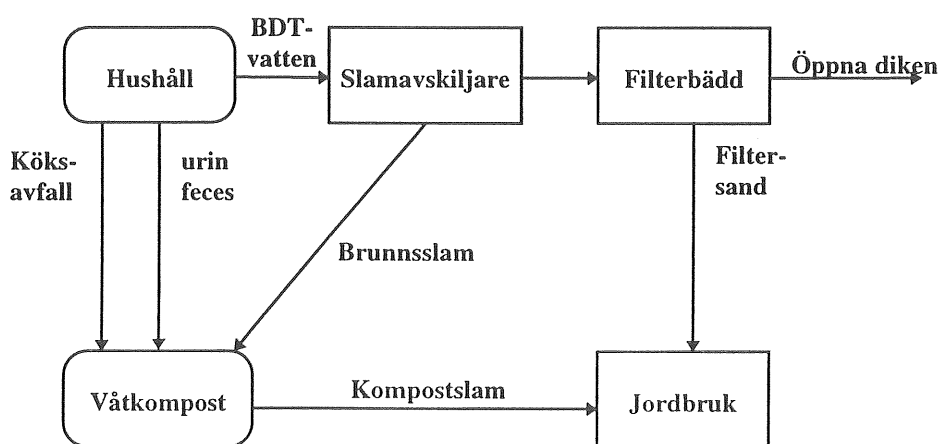
1.2 BESKRIVNING AV DE ALTERNATIVA SYSTEMEN

I förstudien /177/ har fyra alternativ för behandling av avloppsvatten och komposterbart köksavfall studerats. I denna studie har två av dessa alternativ undersökts.

1.2.1 Våtkompostering (alternativ 1)

I alternativ 1 avleds svartvatten och gråvatten från hushållen i skilda ledningar. Svartvatten behandlas tillsammans med komposterbart köksavfall och brunns slam genom våtkompostering (aerob termofil slamstabilisering). Gråvattnet behandlas i slamavskiljare och sandfilterbäddar innan det via ett utsläppsdike leds ut i recipienten. Det stabiliserade och hygieniserade kompostslammet används, liksom filtersanden, lokalt som ett organiskt gödselmedel på närliggande jordbruksmark.

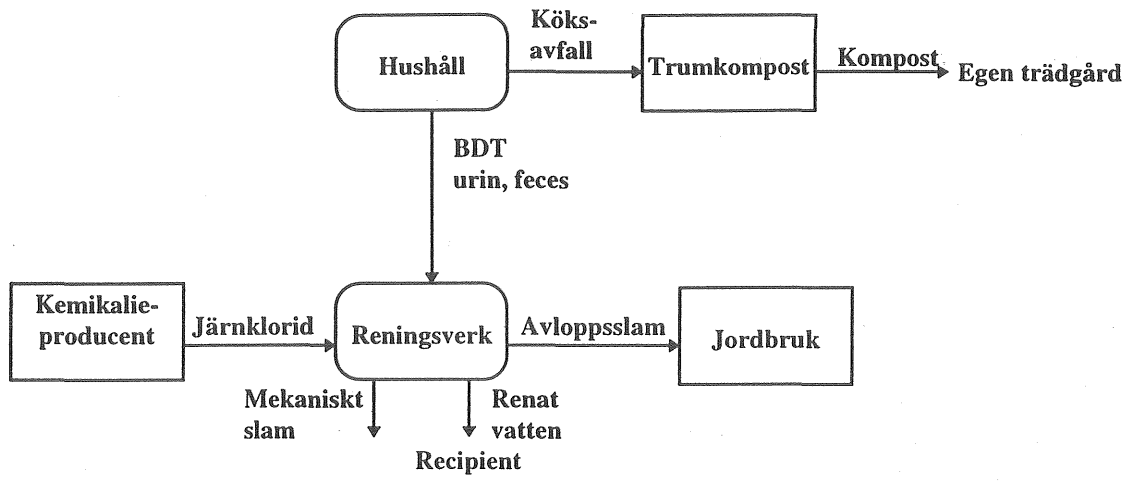
Det principiella utseendet för alternativ 1 visas nedan. Pilarna visar hur de olika fraktionerna transporteras genom anläggningen.



1.2.2 Minireningsverk (alternativ 3)

Allt avloppsvatten från hushållen leds till ett minireningsverk som uppförs lokalt vid det studerade området. Köksavfallet komposteras i en för området gemensam trumkompostanläggning. Det obehandlade avloppsslammet från minireningsverket sprids efter lagring på närliggande jordbruksmark medan kompostmaterialet, efter lagring, används lokalt av de boende till egna trädgårdar. Det reade avloppsvattnet från reningsverket leds ut i recipienten.

Det principiella utseendet för alternativ 3 visas nedan.



1.3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH METALLFLÖDEN

Det studerade området ligger i Horn, 2 mil sydväst om Västerås. Området ligger vid sjön Freden som är en vik av Mälaren. Enligt en förstudie av bebyggelsen /17/ kommer området att bebos av ca 200 personer.

Avloppet från hushållen har delats upp i fyra flöden bestående av feces, urin, BDT-vatten och köksavfall. Datatillgången beträffande metallhalter i de olika flödena är begränsade och stora variationer förekommer i olika referenser. I vissa fall är halterna så låga att de ligger under detektionsgränsen vilket försvårar analysen ytterligare.

Inga tillförlitliga värden gällande grundvatten har hittats och tillförseln via dricksvatten har därför uteslutits i studien. Basdata och beräkningar av metallbelastning i svartvatten, gråvatten och köksavfall presenteras nedan. Beräkningarna grundar sig på värden från olika referenser.

1.3.1 Svartvatten

Enligt Naturvårdsverket /7/ bidrar varje person med 1,0 l urin och 0,1 l fekalier per dygn. Varje person spolar för urin sex gånger per dygn och för fekalt material en gång per dygn.

WC-utrustningen för *alternativ 1* ska bestå av snålspolande vakuum toaletter med två spolknappar. Den ena spolar för fekalt material med 1,2 l vatten och den andra för urin med 0,6 l vatten /18/. Detta ger en ackumulerad årsvolym enligt:

$$\begin{aligned} \text{volym vätska} + \text{volym fast substans} &= \\ &= (6 \cdot 0,6 + 1,2 + 1,0 + 0,1) \cdot 200 \cdot 365 = 423 + 7 = \\ &= \underline{430 \text{ m}^3/\text{år}} \end{aligned}$$

WC-utrustningen för *alternativ 3* ska bestå av konventionella snålspolande toaletter med två spolknappar. Den ena spolar för fekalt material med 4 l vatten och den andra för urin med 2 l vatten /17/. Detta ger en ackumulerad årsvolym enligt:

$$\begin{aligned} \text{volym vätska} + \text{volym fast substans} &= \\ &= (6 \cdot 2 + 4 + 1,0 + 0,1) \cdot 200 \cdot 365 = 1241 + 7 = \\ &= \underline{1248 \text{ m}^3/\text{år}} \end{aligned}$$

Med 200 boende och 1,0 l urin per person och dygn blir metallmängderna i urin (enl. tre olika referenser) och fekalier (enl. en referens) enligt nedanstående tabeller.

Metallmängder i urin ("<" betyder att värdet ligger under detektionsgränsen):

metall	/7/ (g/p,d)	/7/ (g/år)	/10/ (µg/l)	/10/ (g/år)	/11/ (µg/l)	/11/ (g/år)
Cd	$<1 \cdot 10^{-6}$	<0,073	0,4	0,029	<0,9	<0,066
Cu	$0,1 \cdot 10^{-3}$	7,3	130	9,5	810	59,1
Hg	$3 \cdot 10^{-6}$	0,219	2	0,146	0,59	0,043
Pb	$<2 \cdot 10^{-6}$	<0,146	10	0,73	32	2,19

Metallmängder i fekalier:

metall	/7/ (g/p,d)	/7/ (g/år)
Cd	$10 \cdot 10^{-6}$	0,73
Cu	$1,1 \cdot 10^{-3}$	80,3
Hg	$63 \cdot 10^{-6}$	4,6
Pb	$20 \cdot 10^{-6}$	1,46

1.3.2 Grävatten

Varje person beräknas producera ungefär 150 l BDT vatten per dygn vilket, med 200 boende, ger en ackumulerad årsvolym av 11 000 m³. Detta ger en tillförsel av metaller enligt tabell nedan. Värdena avser tillförseln exklusive metallhalten i dricksvatten som är beroende av dricksvattenkvalitet, vattenledningarnas materialsammansättning o d.

Metallmängder i BDT vatten. ("<" betyder att värdet ligger under detektionsgränsen):

metall	/7/ (g/p,d)	/7/ (g/år)
Cd	$<0,6 \cdot 10^{-3}$	<43,8
Cu	$<6 \cdot 10^{-3}$	<438
Hg	$<0,06 \cdot 10^{-3}$	<4,38
Pb	$<3 \cdot 10^{-3}$	<219

1.3.3 Köksavfall

Enligt Norin /17/ beräknas 70 kg köksavfall produceras per person och år. Med TS-halten 35% och 200 boende får man en ackumulerad årsmängd torrsbstans av 4900 kg. Med värden från tre olika referenser fås metallmängder enligt tabell nedan.

Metallmängder i köksavfall:

metall	medelvärde från 5 analyser /19/ (mg/kg TS) (g/år)		källsorterat org. hushållsavfall, median /14/ (mg/kg TS) (g/år)		animalier, vegetabilier /21/ (mg/kg TS) (g/år)	
	Cd	0,04	0,175	0,34	1,67	0,3
Cu	13,4	65,76	48	235,2	25	122,5
Hg	0,014	0,069	0,10	0,49	0,10	0,49
Pb	2,6	12,64	26	127,4	13	63,7

1.4 ANALYS AV METALLFLÖDENA

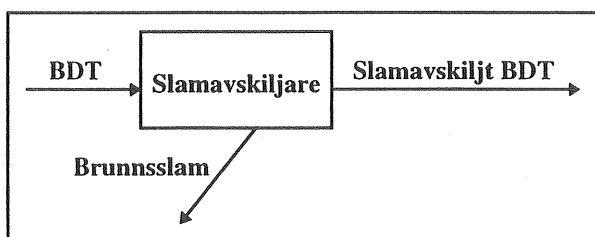
1.4.1 Alternativ 1

Systemet har, enligt tabell nedan, delats upp i 5 aktiviteter med in- och utflöde av olika fraktioner. Flödesanalysen startar i hushållen. Mängd och sammansättning av de olika flödena från hushållen finns beskrivet i föregående kapitel. Transporten genom övriga aktiviteter beskrivs nedan.

inkommande	Aktivitet	utgående
	Hushåll	köksavfall urin feces BDT-vatten
BDT-vatten	Slamavskiljare	brunnsslam slamavskiljt BDT-vatten
slamavskiljt BDT-vatten	Filterbädd	filtrerat, slamavskiljt BDT filtersand
köksavfall urin feces brunnsslam	Våtkompost	kompostslam
kompostslam brunnsslam	jordbruk	

Slamavskiljare för BDT-vatten

BDT-vattnet slamavskiljs och slammet förs vidare till våtkomposten medan vattnet går vidare till en filterbädd. Enligt Norin /17/ beräknas 15 m³ slam avskiljas per år.



För att uppskatta hur stor andel av metallerna som går till filterbädden respektive våtkomposten har K_D -värden använts. K_D -värdet visar förhållandet mellan mängd föroreningar adsorberat till fasta partiklar och mängd föroreningar som förekommer i löst form enligt:

$$K_D [\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}] = \frac{\text{adsorberat} [\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}]}{\text{löst} [\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}]} \quad (1)$$

K_D -värdena uppskattades utifrån Ryaverkets årsrapport för 1990 /24/. Metallinnehållet i slam och koncentrationen av metaller i utgående vatten från reningsverket var enligt nedan.

metall	konc. i utgående vatten ($\mu\text{g/l}$)	innehåll i slam (mg/kg TS)
Cd	<0,2	1,3
Cu	<5	236
Hg	<0,1	1,4
Pb	<3	51

K_D -värdena beräknades nu med dessa värden. De värden som låg under detektionsgränsen sattes till halva detektionsgränsvärdet.

$$\text{Cd: } K_D = 1,3 / (0,5 \cdot 0,2) = 13 \text{ l}\cdot\text{g}^{-1}$$

$$\text{Cu: } K_D = 236 / (0,5 \cdot 5) = 95 \text{ l}\cdot\text{g}^{-1}$$

$$\text{Hg: } K_D = 1,4 / (0,5 \cdot 0,1) = 28 \text{ l}\cdot\text{g}^{-1}$$

$$\text{Pb: } K_D = 51 / (0,5 \cdot 3) = 34 \text{ l}\cdot\text{g}^{-1}$$

Med kännedom om mängd inkommande metaller, volym inkommande vatten, mängd inkommande torrs substans (80 g/p,d enligt /7/) och K_D för BDT-vattnet kan man beräkna mängd metaller adsorberat till brunnsslammets och mängd metaller som förekommer i löst form.

Genom insättning i formel (1) får man:

$$K_D = \frac{\frac{\text{massa metall i slam}}{\text{massa TS}}}{\frac{(\text{massa metall i inkommande}) - (\text{massa metall i slam})}{\text{inkommande volym}}}$$

, där massa metall i slam (adsorberat) är obekant.

metall	In*	K _D (l·g ⁻¹)	adsorberat (g/år)	löst (g/år)
Cd (g/år)	22	13	19	2,8
Cu (g/år)	220	95	215	4,3
Hg (g/år)	2,2	28	2,1	0,14
Pb (g/år)	110	34	104	5,7
TS (g/år)	5,8·10 ⁶	-	-	-
Volym (l/år)	1,1·10 ⁷	-	-	-

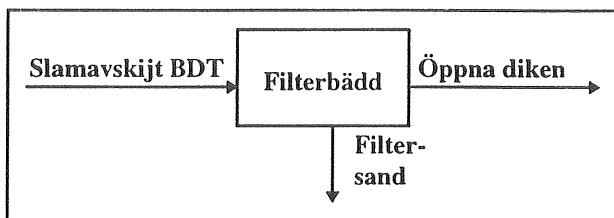
* Halva detektionsgränsvärdet från tabell kapitel 1.3.2 har använts.

Enligt Naturvårdsverket /16/ är resthalten av suspenderat material ut från slamavskiljaren ca 30 %. Med antagande att det suspenderade materialet och metaller adsorberat till detta fördelar sig med 30 % som transporteras i det slamavskiljda BDT-vattnet och 70 % som transporteras i brunns slammet, och att all metall i löst form transporteras i det slamavskiljda BDT-vattnet får man:

metall	I slamavskiljt BDT (g/år)	I brunns slam (g/år)
Cd	8,5	13
Cu	69	150
Hg	0,8	1,4
Pb	37	73

Filterbädd

Det slamavskiljda BDT vattnet transporteras till en filterbädd och vidare till öppna diken för att slutligen släppas ut i recipienten. Filtersand som byts ut ska användas till jordbruksändamål.



För att bestämma hur mycket metaller som transporteras med filtersanden respektive hur mycket metaller som transporteras med vattnet till öppna diken har samma beräkningsmetodik som för slamavskiljaren använts. K_D-värden och mängd inkommande metaller är kända enligt tidigare resonemang. Torrsubstanshalten har antagits följa slamhalten vilket betyder att 30% av 5,84·10⁶ g torrsubstans transporteras till filterbädden. Allt BDT-vatten har antagits transporteras till filterbädden då volymen som separerats i slamavskiljaren kan anses försumbar.

metall	In*	K _D (l·g ⁻¹)	adsorberat (g/år)	löst (g/år)
Cd (g/år)	8,5	13	5,7	2,8
Cu (g/år)	69	95	64	4,3
Hg (g/år)	0,8	28	0,6	0,2
Pb (g/år)	37	34	31	5,8
TS (g/år)	1,7·10 ⁶	-	-	-
Volym (l/år)	1,1·10 ⁷	-	-	-

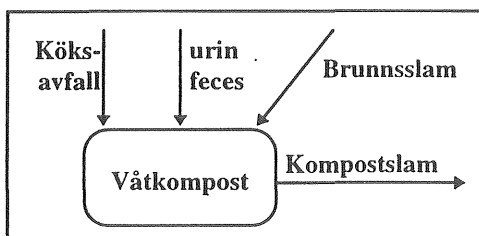
* Beräknade värden från kapitlet "Slamavskiljare för BDT-vatten".

Tidigare studier /15/ säger att reduktionen av suspenderat material i en filterbädd är mellan 51-98%. Med antagande att 70% av det suspenderade materialet fastnar i filterbädden och 30% av det suspenderade materialet plus all metall i löst form transporteras i det filtrerade vattnet får man följande massflöde:

metall	I filtersand (g/år)	I filtrerat vatten (g/år)
Cd	4,0	4,5
Cu	45	24
Hg	0,43	0,32
Pb	22	15

Våtkompost

Köksavfall, urin, feces och brunns slam transporteras till våtkomposten. Våtkomposten antas vara tät och allt som kommer in ska nyttjas som slam för jordbruksändamål. Metallflödet kan ställas upp som en massbalans enligt nedan.

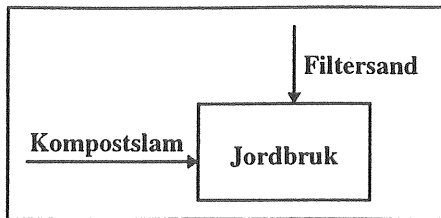


För köksavfall har ref /19/ använts och för urin och feces har ref /7/ använts. För värden under detektionsgränsen har halva detektionsgränsvärdet använts.

metall	IN (g/år)				UT (g/år)
	I urin /7/	I feces /7/	I köksavfall /19/	I brunns slam (beräknat)	I kompostslam
Cd	0,04	0,7	0,2	13	14
Cu	7,3	80	66	150	304
Hg	0,2	4,6	0,1	1,4	6
Pb	0,07	1,5	13	73	87

Jordbruk

Till jordbruket tillföres slam från våtkomposten och sand från filterbädden.



Metalltillförseln till jordbruket har ställts upp som en massbalans enligt:

metall	I filtersand (beräknat) (g/år)	I kompostslam (beräknat) (g/år)	Till jordbruk (g/år)
Cd	4	14	18
Cu	45	304	349
Hg	0,4	6,3	6,7
Pb	22	87	110

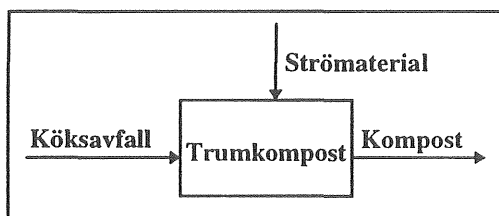
1.4.2 Alternativ 3

Systemet har, enligt tabell nedan, delats upp i 4 aktiviteter med in- och utflöde av olika fraktioner. Flödesanalysen startar i hushållen. Mängd och sammansättning av de olika flödena från hushållen finns beskrivet i kapitel 1.3. Transporten genom övriga aktiviteter beskrivs nedan.

inkommande	Aktivitet	utgående
	Hushåll	köksavfall urin feces BDT-vatten
köksavfall strömateriäl	Trumkompost	kompost
BDT-vatten urin feces järnklorid	Minireningsverk	renat avloppsvatten avloppsslam
avloppsslam	jordbruk	

Trumkompost

Allt organiskt köksavfall ska tas omhand i trumkomposten där det blandas med strömateriäl. Mogen kompost är sedan tänkt att nyttjas av de boende för egna trädgårdar od.



Producerad mängd köksavfall är enligt tidigare 70 kg per person per år, vilket med 200 boende och torrsbstanshalten 35%, ger 4900 kg torrsbstans per år.

Mängd tillsatt strömateriäl ska vara 20 l/d. Då man i området ska sträva efter miljövänliga alternativ bör man kunna välja strömateriäl med tungmetallhalter nära noll. Enligt Widén /14/ är tungmetallinnehållet i strömateriäl (flisade grenar, gräsklipp och löv) enligt tabell. Detta får antagas vara höga värden och i denna studie har tungmetallhalterna valts att sättas till noll.

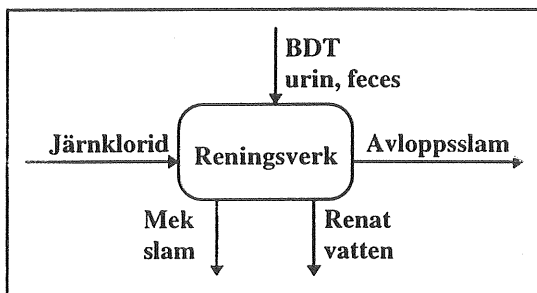
metall	(mg/kg TS)
Cd	0,22
Cu	21
Hg	0,05
Pb	12,4

Tungmetallflödet in och ut genom trumkomposten blir därför lika. Mängden tungmetaller i kompostmaterialet är alltså lika med mängden tungmetaller i köksavfallet enligt:

metall	I köksavfall /19/ (g/år)	I strömmaterial (g/år)	Till kompostmaterial (g/år)
Cd	0,18	0	0,18
Cu	66	0	66
Hg	0,07	0	0,07
Pb	13	0	13

Minireningsverk

I det aktuella fallet studeras ett minireningsverk som i det biologiska steget arbetar med satsvis behandlingsteknik. Vidare utnyttjas simultanfällning och som fällningskemikalie används järnklorid. Från minireningsverket leds det behandlade vattnet ut i recipienten. Allt slam antages användas för jordbruksändamål. Mängden mekaniskt slam har således satts till noll.



Mängd tillsatt järnklorid beräknas bli 7,3 liter per person och år vilket med 200 boende ger en total årsvolymen av 1500 liter.

Vid val av järnklorid, PIX-111, gäller enligt Kemira /25/ följande kemiska data:

Specifik vikt: $1,42 \text{ g/cm}^3$

Medelhalter av spårämnen:

Cd: $<0,03 \text{ mg/kg PIX-111}$

Cu: $1,0 \text{ mg/kg PIX-111}$

Hg: $<0,02 \text{ mg/kg PIX-111}$

Pb: $0,5 \text{ mg/kg PIX-111}$

Akkumulerad mängd tillsatt järnklorid blir:

$$1500 \cdot 1,42 = 2130 \text{ kg}$$

Detta ger en metallbelastning enligt nedan.

metall	mängd (g/år)
Cd	<0,06
Cu	2,1
Hg	<0,04
Pb	1,06

Vid beräkning av hur mycket tungmetaller som är adsorberat till slammet respektive löst i vattnet har K_D -värden använts, vilket beskrivits tidigare.

Torrsubstanshalten i fällningskemikalierna har satts lika med halten av järn och klorid vilken är 400 g/kg PIX-111 (=12 g/p,d). Torrsubstansmängden i urin är 60 g/p,d, fekalier 35 g/p,d och BDT 80 g/p,d /7/.

Vid metallhalter lägre än detektionsgränsen har halva detektionsgränsvärdet använts.

Följande resultat erhöles:

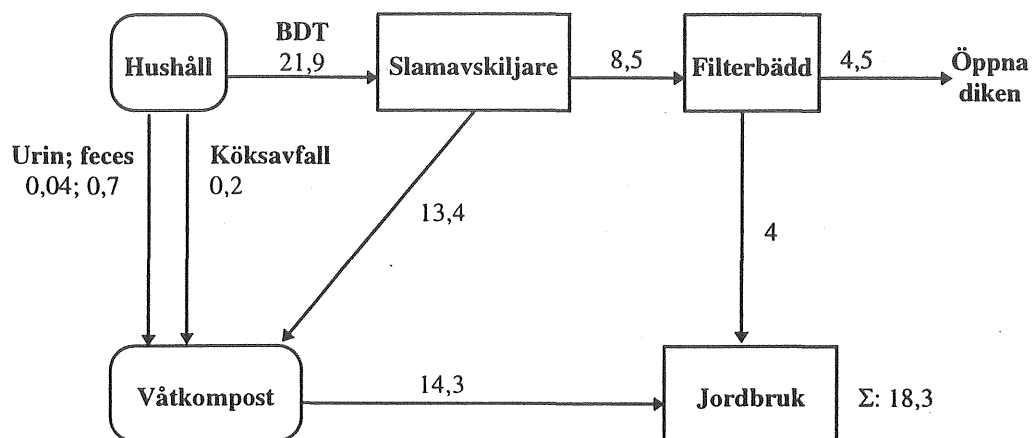
ämne	In *	K_D (l·g ⁻¹)	Ut-löst i vatten (g/år)	Ut-adsorberat till slam (g/år)
Cd (g/år)	23	13	2	21
Cu (g/år)	309	95	3	306
Hg (g/år)	7,0	28	0,2	6,8
Pb (g/år)	112	34	3	109
Volym (l/år)	$1,2 \cdot 10^7$	-	-	-
TS (g/år)	$1,3 \cdot 10^7$	-	-	-

* Summan av innehållet i BDT-vatten /7/, urin /7/, feces /7/ och järnklorid /25/ enligt tidigare beräkningar.

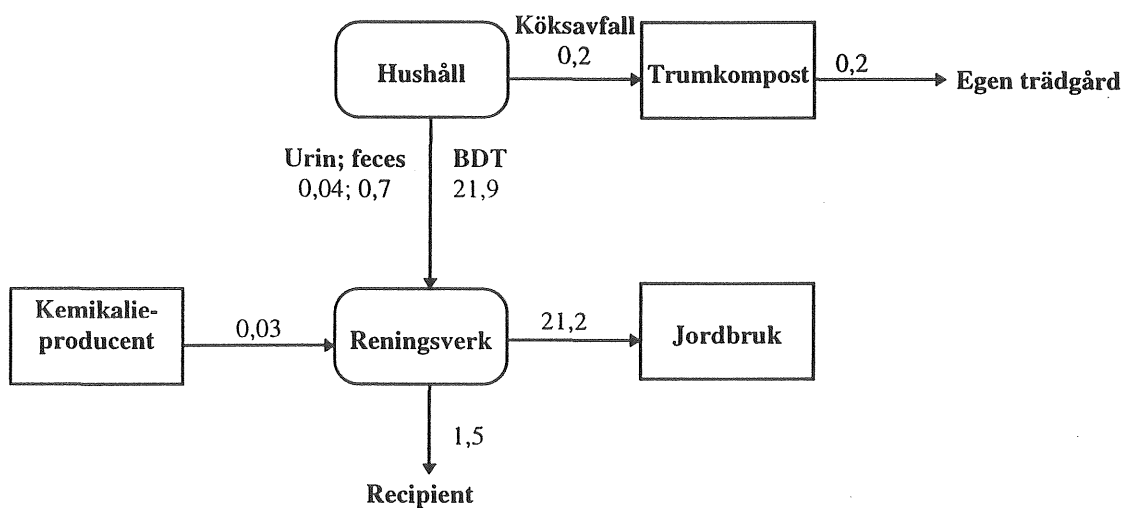
1.5 METALLFLÖDEN-EN JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIVEN

1.5.1 Kadmium (g/år)

Alternativ 1:

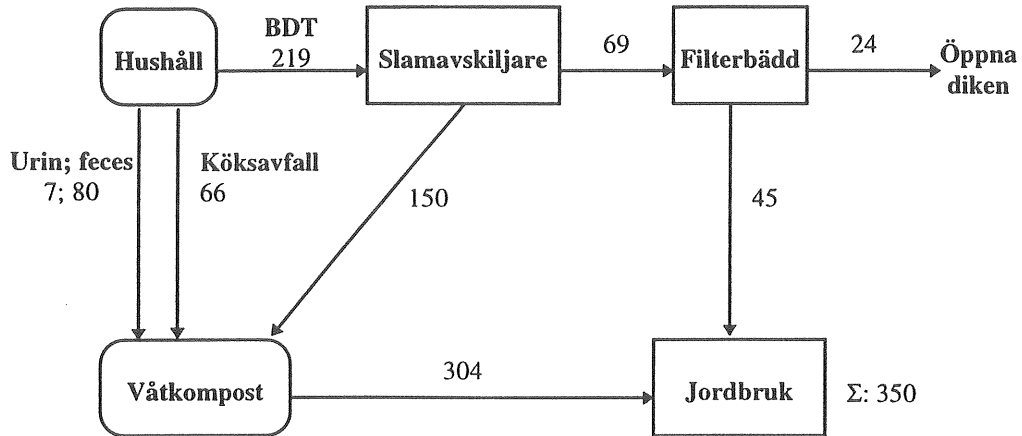


Alternativ 3:

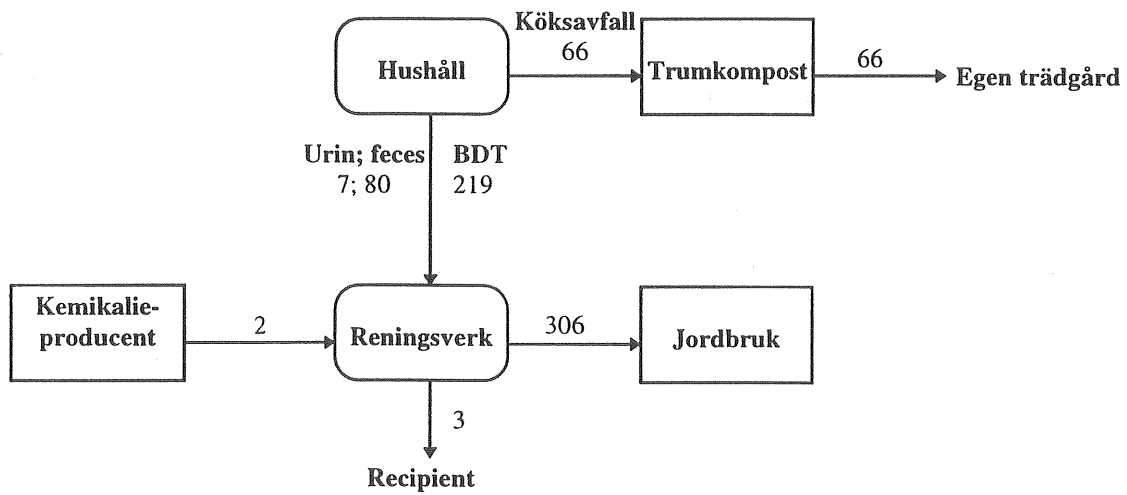


1.5.2 Koppars (g/år)

Alternativ 1:

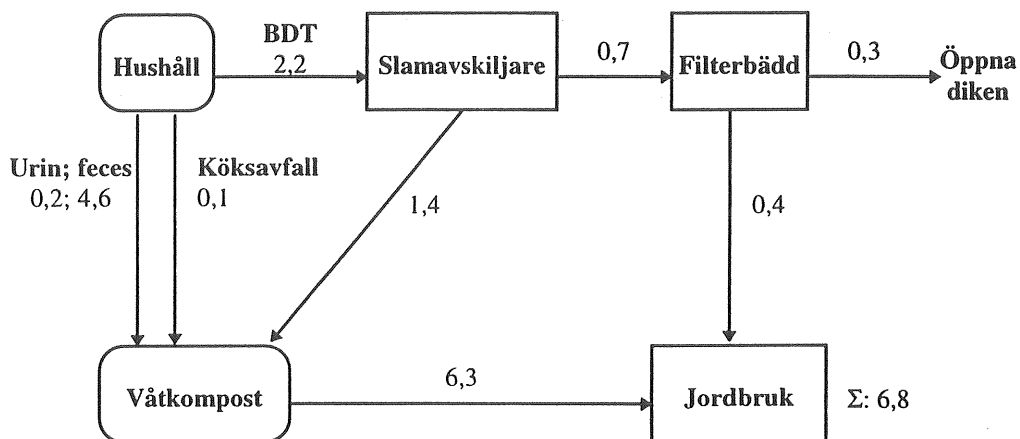


Alternativ 3:

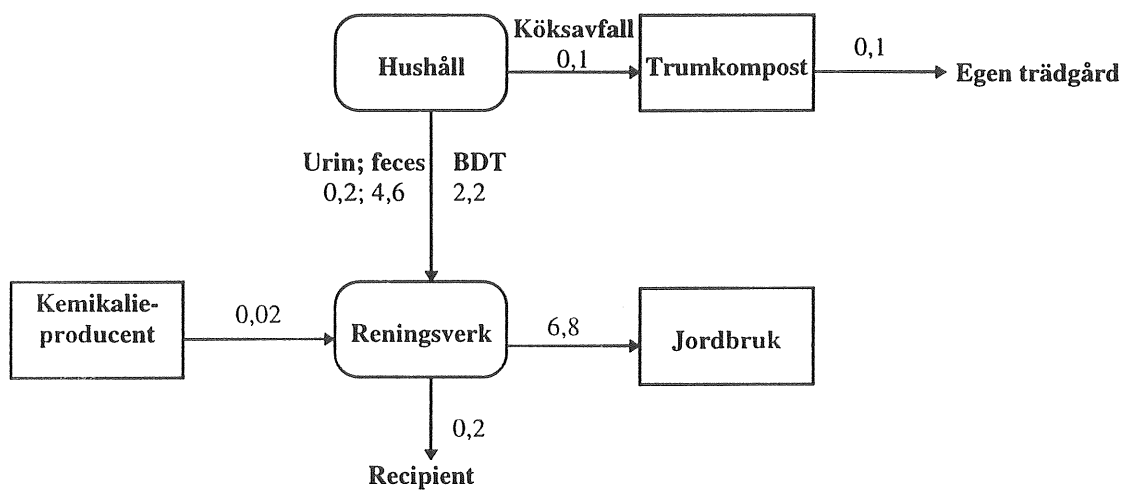


1.5.3 Kvicksilver (g/år)

Alternativ 1:

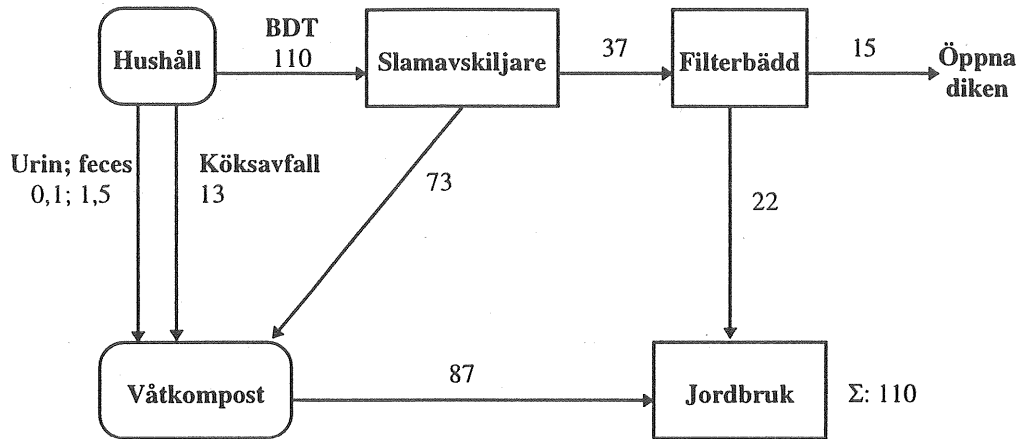


Alternativ 3:

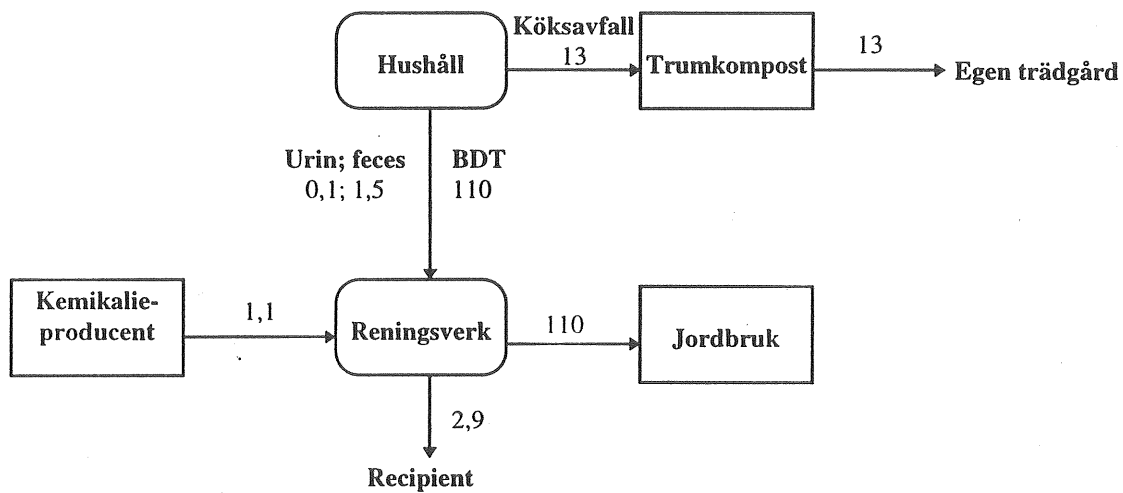


1.5.4 Bly (g/år)

Alternativ 1:



Alternativ 3:



2. KRONAN, LULEÅ

2.1 BAKGRUND

Vid en eventuell utbyggnad av bostäder i Kronan tänker man bygga ca 1000 lägenheter i form av en- och flerbostadshus om max 4 våningar. Området ligger relativt centralt i Luleå och det finns drygt 100 ha yta ledigt för exploatering. Förutsättningarna för nybyggnation är goda och det finns dessutom några tiotal användbara byggnader kvarlämnade efter det bortflyttade luftvärnsregementet som ska användas till ett arbetsplatsområde för kultur, media och hantverk. Efter en landskapsanalys, där bl a norrsluttningar och skogsområden med mycket markvatten utesluts, bedömdes drygt 50 ha lämpligt för exploatering.

Bostäder med en ekologisk inriktning ska uppföras i takt med att efterfrågan finns. Bebyggelsen ska ha låg energi- och resursförbrukning samt medföra så små intrång som möjligt i befintlig mark och vegetation. Spillvattnet leds till Uddebo reningsverk i Luleå. Urinseparering kan införas i hela eller delar av bebyggelsen beroende på intresse, marknad od. Dagvattnet ska tas omhand lokalt i diken, fördröjningsmagasin och infiltrationsdammar i befintliga våtmarker på ängs- och skogsmark. Hårdgjorda ytor ska minimeras i området.

Projektets syfte är att följa flödena av kadmium, kvicksilver, bly och koppar genom följande alternativa system:

Alternativ 1: Konventionell bebyggelse där allt spillvatten transporteras till Uddebo reningsverk. Dagvatten transporteras direkt till recipient

Alternativ 2: Som alternativ 1, men dagvatten tas omhand lokalt (LOD).

Alternativ 3: Som alternativ 1 med urinseparering och separat hantering av urinen.

Alternativ 4: Bebyggelse med LOD och urinseparering.

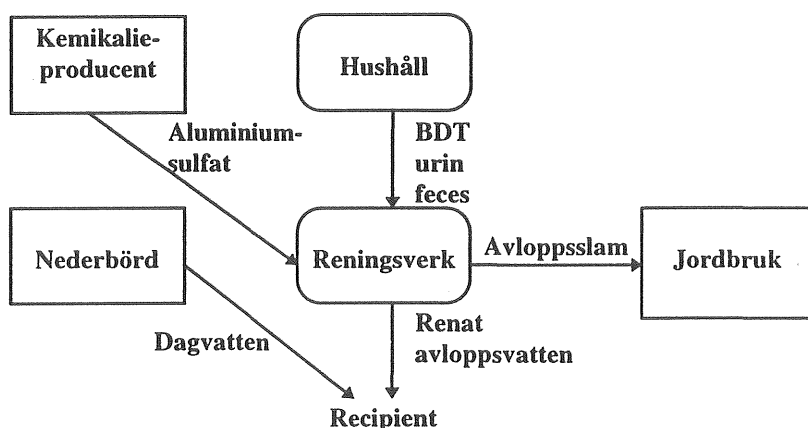
Området har i studien antagits vara fullt utbyggt.

2.2 BESKRIVNING AV DE ALTERNATIVA SYSTEMEN

2.2.1 Alternativ 1 - konventionell bebyggelse

Spillvatten; urin, feces och BDT; avleds till Uddebo avloppsreningsverk. Avloppsslam förutsätts återföras till jordbruket medan renat avloppsvatten och dagvatten avleds till recipient.

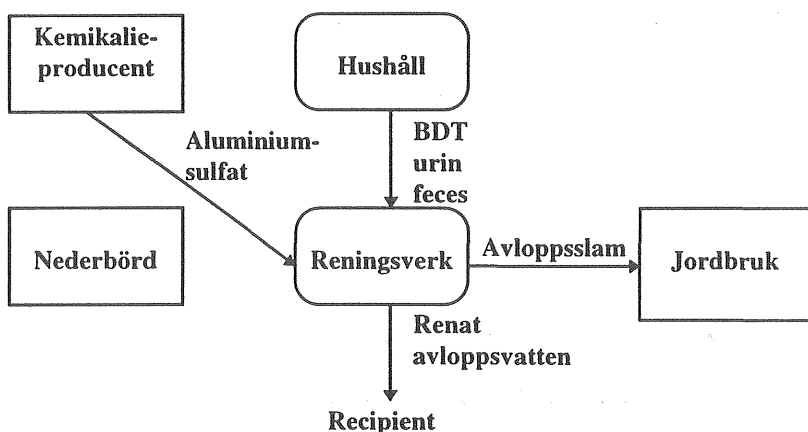
Det principiella utseendet för alternativ 1 visas i figur nedan.



2.2.2 Alternativ 2 - LOD

Dagvattnet tas omhand lokalt i ett system av diken, fördröjnings- och infiltrationsdammar i befintliga våtmarker på ängs- och skogsmark. Liksom i alternativ 1 transporteras BDT-vatten, urin och feces till Uddebo reningsverk. Renat avloppsvatten avleds till recipient och avloppsslam återföres till jordbruket.

Det principiella utseendet för alternativ 2 visas i figur nedan.

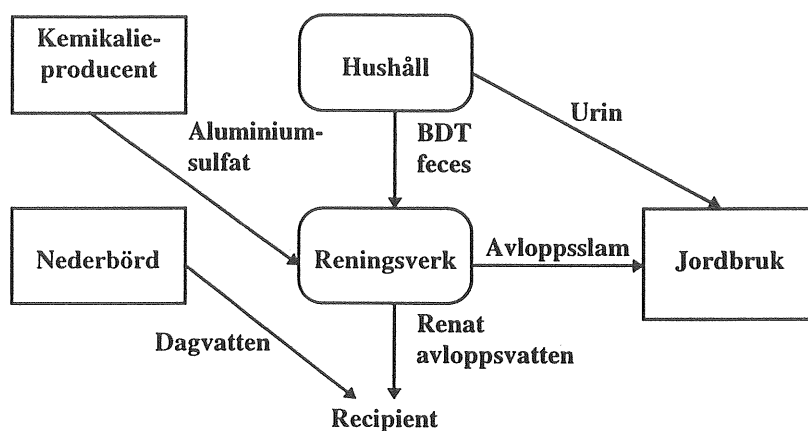


2.2.3 Alternativ 3 - urinseparering

I alternativ 3 separeras urin vid hushållen och transporteras till glasfibertankar där tappning sker i intervall om två månader. Efter lagringen sprids urinet på närliggande jordbruksmark.

BDT-vatten och feces transporteras till Uddebo avloppsreningsverk. Avloppsslam från reningsverket återföres till jordbruksmark. Renat avloppsvatten och dagvatten avleds till recipient.

Det principiella utseendet för alternativ 3 visas i figur nedan.



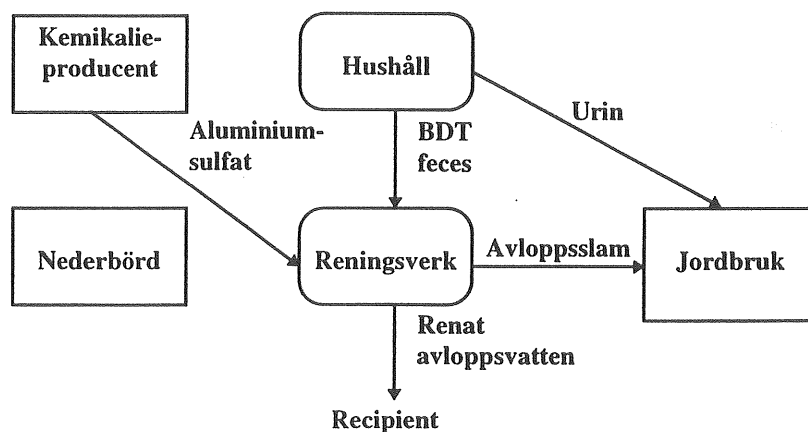
2.2.4 Alternativ 4 - LOD och urinseparering

Dagvattnet tas omhand lokalt (LOD) i ett system av diken, fördröjnings- och infiltrationsdammar i befintliga våtmarker på ängs- och skogsmark..

Urin separeras vid hushållen och transporteras till glasfibertankar där tappning sker i intervall om två månader. Efter lagringen sprids urinet på närliggande jordbruksmark.

BDT-vatten och feces transporteras till reningsverket. Avloppsslam från reningsverket återföres till jordbruksmark. Renat avloppsvatten och dagvatten avleds till recipient.

Det principiella utseendet för alternativ 4 visas i figur nedan



2.3. FÖRUTSÄTTNINGAR OCH METALLFLÖDEN

Det studerade området är relativt centralt beläget i Luleå. Markförhållande, terräng, vegetation samt korta anslutningsavstånd till infrastrukturen ger goda förutsättningar för exploatering. Området är till ytan ca 160 ha varav drygt 50 ha bedömts lämpliga för exploatering. Ungefär 1000 lägenheter med 2700 boende beräknas finnas när området är fullt exploaterat. Dessutom ska byggnader som tidigare användes av luftvärnsregementet byggas om till arbetsplats för ca 1000 personer.

Volym och tungmetallinnehåll för urin, feces, BDT-vatten och dagvatten beräknas bli enligt nedanstående. (Beräkningarna har skett efter samma metodik och med samma referenser som för Horn, Västerås.)

2.3.1 Svartvatten

Enligt Naturvårdsverket /7/ bidrar varje person med 1,0 l urin och 0,1 l fekalier per dygn. Varje person spolar för urin sex gånger per dygn och för fekalt material en gång per dygn.

WC-utrustningen för *alternativ 1 och 2* ska bestå av snålspolande toaletter med två spolknappar. Den ena spolknappen spolar för fekalt material med 4 liter vatten och den andra för urin med 2 liter vatten. Detta ger, med 2700 boende, en ackumulerad årsvolym svartvatten enligt:

$$(6 \cdot 2 + 4 + 1,0 + 0,1) \cdot 2700 \cdot 365 = 16\,850 \text{ m}^3$$

WC-utrustningen för *alternativ 3 och 4* ska bestå av urinseparerande snålspolande toaletter med två spolknappar och två skålar. Den ena spolknappen spolar den fekala skålen med 4 liter vatten och den andra urinskålen med 0,2 liter vatten /27/. Detta ger, med 2700 boende, en ackumulerad årsvolym av urin och feces enligt:

$$\begin{aligned} \text{urin: } & (6 \cdot 0,2 + 1,0) \cdot 2700 \cdot 365 = 2170 \text{ m}^3 \\ \text{feces: } & (4,0 + 0,1) \cdot 2700 \cdot 365 = 4040 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Med 2700 boende och 1,0 l urin per person och dygn blir metallmängderna i urin (enl. tre olika referenser) och fekalier (enl. en referens) enligt nedanstående tabeller.

Metallmängder i urin ("<" betyder att värdet ligger under detektionsgränsen):

metall	/7/ (g/p,d)	/7/ (g/år)	/10/ (µg/l)	/10/ (g/år)	/11/ (µg/l)	/11/ (g/år)
Cd	$<1 \cdot 10^{-6}$	<1	0,4	0,39	<0,9	<0,9
Cu	$0,1 \cdot 10^{-3}$	99	130	128	810	798
Hg	$3 \cdot 10^{-6}$	3	2	2	0,59	0,6
Pb	$<2 \cdot 10^{-6}$	<2	10	9,9	32	32

Metallmängder i fekalier:

metall	/l/ (g/p,d)	/l/ (g/år)
Cd	$10 \cdot 10^{-6}$	9,9
Cu	$1,1 \cdot 10^{-3}$	1080
Hg	$63 \cdot 10^{-6}$	62
Pb	$20 \cdot 10^{-6}$	20

2.3.2 Grävatten

Varje person beräknas producera ungefär 150 l BDT vatten per dygn vilket, med 2700 boende, ger en ackumulerad årsvolym av 148 000 m³. Detta ger en tillförsel av metaller enligt tabell nedan. Värdena avser tillförseln exklusive metallhalten i dricksvatten som är beroende av dricksvattenkvalitet, vattenledningarnas materialsammansättning o d.

Metallmängder i BDT vatten. ("<" betyder att värdet ligger under detektionsgränsen):

metall	/l/ (g/p,d)	/l/ (g/år)
Cd	$<0,6 \cdot 10^{-3}$	<590
Cu	$<6 \cdot 10^{-3}$	<5900
Hg	$<0,06 \cdot 10^{-3}$	<59
Pb	$<3 \cdot 10^{-3}$	<3000

2.3.3 Dagvatten

För beräkning av metallflöden kopplade till dagvatten har indata och metodik hämtats från VBB Viak's rapport *Framtida dagvattenhantering i Stockholm /28/* (METOD 1). Då rapporten ej inkluderade kvicksilver gjordes även en jämförande studie med metodik enligt *Dagvattnets sammansättning* av Malmqvist m fl /29/ där även kvicksilver ingår (METOD 2).

Metod 1

Beräkningen är indelad i metallflöden orsakade av deposition från luft, trafik respektive byggnadsmaterial.

Deposition från luft

Värden gällande torr- och våtdeposition specifikt för Luleå har inte hittats. Istället har värden för den totala depositionen för Stockholm använts. Med en total hårdgjord yta av 8,5 ha kan man beräkna metallflödet från deposition enligt nedan.

metall	g/ha,år	g/år
Cu	20	170
Cd	2	17
Pb	100	850

Trafik

Avgaserna har räknats som utsläpp till luft och föroreningarna ingår i värdena för deposition.

För däck och vägar har slitaget uppskattats som kg däck- respektive kg vägmaterial per fordonskilometer. Spill av motorolja har uppskattats som kg olja per fordonskilometer. Med kännedom om mängd tungmetaller i de olika materialen kan metallflödet (g/år) beräknas. Beräkningen har gjorts med antagande om 1500 fordon som kör 2 km/dag inom området. 10% av fordonen har antagits vara tunga och 90% har antagits vara lätta.

komponent	tunga fordon	lätta fordon	Cu	Cd	Pb
	(kg/km)	(kg/km)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
däck	$4 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
asfalt	$2 \cdot 10^{-2}$	0,005	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
spill/dropp	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-6}$

komponent	tunga fordon			lätta fordon			summa		
	(g/år)			(g/år)			(g/år)		
	Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb
däck	10,8	0	0,2	2,7	0	0,1	13,5	0	0,3
asfalt	61	0,3	39	15,3	0,1	9,9	76,7	0,4	49
spill/dropp	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vid uppställning av fordon tillförs dagvatten tungmetaller genom biltvätt och droppande olja. Med antagande att 2 tvättar per fordon och år når dagvattnet och att varje tvätt sker med 50 kg vatten kan man med kännedom om tungmetallhalten beräkna flödet (g/år).

Under uppställning beräknas varje fordon släppa ut 0,01 kg olja per år. På samma sätt som beräkning av metallflöde orsakad av oljespill under transport kan man beräkna tillförsel av metaller orsakad av uppställda fordon som droppar olja.

komponent		Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb
		(ppm)	(ppm)	(ppm)	(g/år)	(g/år)	(g/år)
tvättvatten	50	$1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-6}$	150	4,8	150
olja	0,01 (kg/fordonsår)	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$9 \cdot 10^{-6}$	0	0	0,1

Byggnadsmaterial

Genom korrosion av byggnadsmaterial tillförs dagvattnet tungmetaller. I kvarteret Kronan ska man minimera användningen av byggnadsmaterial med stor tillförsel av tungmetaller t ex omålad kopparplåt.

Efter full exploatering uppskattas takytan i området vara 44 000 m² och fasadytan uppskattas vara 46 000 m². Om man antar en förväntad fördelning av byggnadsmaterial i området /31/ kan man beräkna ytan av respektive byggnadsmaterial.

komponent	tak		fasad		summa m2
	andel (%)	m2	andel (%)	m2	
natursten	5	2 200	0	0	2 200
betong	0	0	10	4 600	4 600
tegel	25	11 000	90	41 400	52 400
förzinkat stål målat	50	22 000	0	0	22 000
papp	20	8 800	0	0	8 800
belysning	0	0	0	0	150
räcken	0	0	0	0	150

Med kännedom om korrosionshastigheten för de olika byggnadsmaterialen kan metallflödet beräknas.

komponent	Cu	Cd	Pb	Cu g/år	Cd g/år	Pb g/år
	kg/m2	kg/m2	kg/m2			
natursten	0	0	0	0	0	0
betong	0	0	0	0	0	0
tegel	0	0	0	0	0	0
förzinkat stål målat	0	2·10 ⁻⁹	6·10 ⁻⁸	0	0,04	1,3
papp	0	0	0	0	0	0
belysning	0	3·10 ⁻⁹	9·10 ⁻⁸	0	0	0,01
räcken	0	3·10 ⁻⁸	9·10 ⁻⁷	0	0	0,14
Summa	--	--	--	0	0	1,5

Man kan nu beräkna det totala metallflödet i dagvattnet som summan av bidraget från deposition, byggnadsmaterial och trafik.

	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)
Deposition	170	17	850
Byggnadsmtrl	0	0	1,5
Trafik	240	5	200
Summa	410	22	1050

Metod 2

Den totala mängden uttransporterade föroreningar via dagvatten har uppskattats med handräkningsmetoden som finns beskriven i *Dagvattnets sammansättning* av Malmqvist m fl, ref /29/.

$$F_{\text{år}} = c \cdot Q_{\text{år}}$$

$$Q_{\text{år}} = a \cdot A \cdot (P - b)$$

$F_{\text{år}}$ =totalmängd uttransporterad föroreningsmängd

c =schablonhalt av föroreningen

$Q_{\text{år}}$ =avrunden volym under året

a =konstant som visar andelen hårdgjord yta som avvattnas till dagvattensystemet

A =hårdgjord yta i avrinningsområdet

P =total nederbörd under året

b =total förlust av vatten genom avdunstning från vattenpölar

Enligt Länsstyrelsen i Luleå är årsmedelnederbörden 600 mm/år. Förlust av vatten genom avdunstning från vattenpölar sattes till 150 mm/år. Hårdgjord yta som avvattnas till dagvattensystemet är uppskattningsvis 84 000 m² (tak: 44 000 m², asfalt: 40 000 m²). Detta ger avrunden volym för tak respektive asfalt enligt:

$$\text{tak: } 44000 \cdot (0,6 - 0,15) = 19\,800 \text{ m}^3$$

$$\text{asfalt: } 40000 \cdot (0,6 - 0,15) = 18\,000 \text{ m}^3$$

Koncentrationen av tungmetaller i dagvattnet har uppskattats till /29/:

	Cu (µg/l)	Cd (µg/l)	Hg (µg/l)	Pb (µg/l)
Tak	140	1,9	0,2	100
Asfalt	70	1,3	0,2	100

Med kännedom om volym dagvatten och koncentration av tungmetaller kan metallflödet beräknas.

	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Hg (g/år)	Pb (g/år)
Tak	2 770	38	4	1 980
Asfalt	1 260	23	3,5	1 800
Summa	4 030	61	7,5	3 780

Jämförelse av metod 1 och metod 2

Vid beräkningen i metod 2 har ingen hänsyn tagits till miljövänliga val av byggnadsmaterial. Detta i samband med de mycket överslagsmässigt uppskattade värden som använts i metod 2 ger troligtvis mindre representativa resultat från denna metod. I den fortsatta studien har därför metallflöden från metod 1 valts att användas. För kvicksilver, som inte fanns tillgänglig i metod 1, har värden från metod 2 använts.

	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Hg (g/år)	Pb (g/år)
Metod 1	410	22	--	1050
Metod 2	4030	61	7,5	3780

2.3.4 Fällningskemikalier till reningsverk

I Uddebo avloppsreningsverk används järnhaltig aluminiumsulfat (Boliden AVR) som fällningskemikalie. Volym inkommande vatten till verket var 1996, enligt *Miljörapport 1996* /30/, 8,88 Mm³. Tillförseln av tungmetaller genom dosering av fällningskemikalier var:

metall	mängd (g/år)	konc (med 8,88 Mm ³) (µg/l)
Cd	73	0,0082
Cu	840	0,095
Hg	50	0,006
Pb	4 320	0,486

Med kännedom om volym vatten som tillförs reningsverket från det studerade området kan man nu beräkna tillsatsen av tungmetaller vid dosering av fällningskemikalier för det spillvatten som kommer från Kronan.

alternativ	1 och 2	3 och 4
fraktioner	BDT, urin feces	BDT, feces
volym (m ³)	164 850	152 930
Cd (g/år)	1,3	1,2
Cu (g/år)	16	15
Hg (g/år)	1	0,9
Pb (g/år)	80	74

2.4 ANALYS AV METALLFLÖDENA

Nedan presenteras en sammanställning av de olika flödena med tillhörande metallinnehåll och volymer. För värden mindre än detektionsgränsvärdet har halva detektionsgränsvärdet använts.

Flöde	volym (m ³ /år)	Cd (g/år)	Cu (g/år)	Hg (g/år)	Pb (g/år)
BDT-vatten	148 000	295	2 950	29	1 500
urin	12 810 ¹⁾ 2 170 ²⁾	0,5	99	3	1
feces	4 040	9,9	1 080	62	20
dagvatten	38 000	22	410	7,5	1 050
fällningskemikalier	försumbart	1,3 ¹⁾ 1,2 ²⁾	16 ¹⁾ 15 ²⁾	1 ¹⁾ 0,9 ²⁾	80 ¹⁾ 74 ²⁾
avloppsslam	-----	-----Beräknas nedan-----			
renat avloppsvatten	-----	-----Beräknas nedan-----			

¹⁾ alternativ 1 och 2

²⁾ alternativ 3 och 4

Beräkning av tungmetallbelastningen för de olika alternativen beskrivs nedan.

2.4.1 Alternativ 1 - konventionell bebyggelse

Det studerade området belastar Uddebo avloppsreningsverk med BDT-vatten, urin, feces och fällningskemikalier. Mängden tungmetaller som tillförs reningsverket blir således:

Till reningsverket: Cd: 295+0,5+9,9+1,3=307 g/år
Cu: 2950+99+1080+16=4140 g/år
Hg: 29+3+62+1=95 g/år
Pb: 1500+1+20+80=1601 g/år

En relation mellan mängd tungmetaller i slammet respektive mängd tungmetaller i utgående vatten, beräknade utifrån uppmätta koncentrationer vid Uddebo avloppsreningsverk 1996 /30/, beräknades. Denna relation användes sedan för att uppskatta var tungmetallerna från det studerade systemet hamnar.

Värden hämtade från Miljörapport 1996, Uddebo avloppsreningsverk.

	Cd	Cu	Hg	Pb
i utgående vatten (kg/år)	1,33	61,5	4,8	12,3
i slam (kg/år)	2,18	330	1,67	40
Relation: ut/slam	0,61	0,19	2,87	0,31

Relationsvärdet används för att beräkna var metallerna från Kronan hamnar.

	Cd	Cu	Hg	Pb
i inkommande vatten (g/år)	307	4140	95	1601
i renat avloppsvatten (g/år)	117	662	70	379
i slam (g/år)	190	3478	25	1 222

Till recipienten kommer dagvattnet och utgående vattnet från avloppsreningsverket. Till jordbruket kommer avloppsslammet.

	Cd	Cu	Hg	Pb
i dagvatten (g/år)	22	410	7,5	1 050
i renat avloppsvatten (g/år)	117	662	70	379
till recipient (g/år)	139	1 072	78	1 429
i avloppsslam till jordbruk (g/år)	190	3 478	25	1 222

2.4.2 Alternativ 2 - LOD

Dagvattnet tas omhand lokalt och tungmetallerna i dagvattnet har antagits stanna i det studerade områdets markrecipienter. Alternativet är i övrigt ekvivalent med alternativ 1. Metallflödet till recipient respektive till jordbruk blir således:

	Cd	Cu	Hg	Pb
till recipient (g/år)	117	662	70	379
till jordbruk (g/år)	190	3 478	25	1 222

2.4.3 Alternativ 3 - urinseparering

Till reningsverket kommer BDT-vatten, feces och fällningskemikalier. Urin och avloppsslam transporteras till jordbruket medan renat avloppsvatten och dagvatten leds till recipienten.

Först beräknas mängd inkommande tungmetaller till reningsverket.

Till reningsverket: Cd: $295+9,9+1,2=306$ g/år
Cu: $2950+1080+15=4045$ g/år
Hg: $29+62+0,9=92$ g/år
Pb: $1500+20+74=1594$ g/år

Mängd tungmetaller i utgående vatten respektive i slam har beräknats med samma metodik som i alternativ 1.

	Cd	Cu	Hg	Pb
Relation ut/slam (kap. 4.1)	0,61	0,19	2,87	0,31
i inkommande avloppsvatten (g/år)	306	4045	92	1594
i renat avloppsvatten (g/år)	116	646	68	377
i avloppsslam (g/år)	190	3399	24	1217

Till recipienten kommer dagvattnet och utgående vattnet från avloppsreningsverket. Till jordbruket kommer avloppsslammet och urinen.

	Cd	Cu	Hg	Pb
i dagvatten (g/år)	22	410	7,5	1 050
i renat avloppsvatten (g/år)	116	646	68	377
till recipient (g/år)	138	1056	76	1422
i avloppsslam (g/år)	190	3399	24	1217
i urin (g/år)	0,5	99	3	1
till jordbruk (g/år)	190	3498	27	1218

2.4.4 Alternativ 4 - LOD och urinseparering

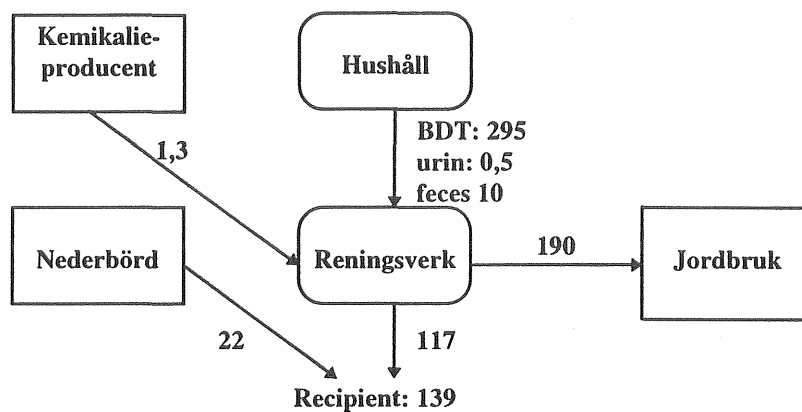
Dagvattnet tas omhand lokalt och tungmetallerna i dagvattnet har antagits stanna i det studerade områdets markrecipienter. Alternativet är i övrigt ekvivalent med alternativ 3. Metallflödet till recipient respektive till jordbruk blir således:

	Cd	Cu	Hg	Pb
till recipient (g/år)	116	646	68	377
till jordbruk (g/år)	190	3498	27	1218

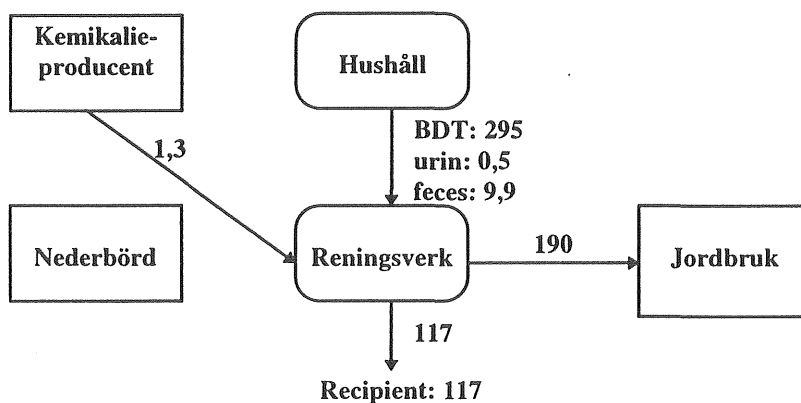
2.5 METALLFLÖDEN - EN JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIVEN

2.5.1 Kadmium (g/år)

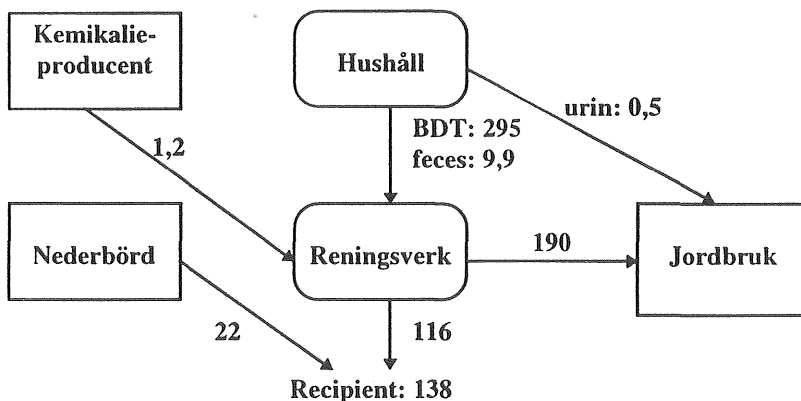
Alternativ 1 -
konventionell bebyggelse



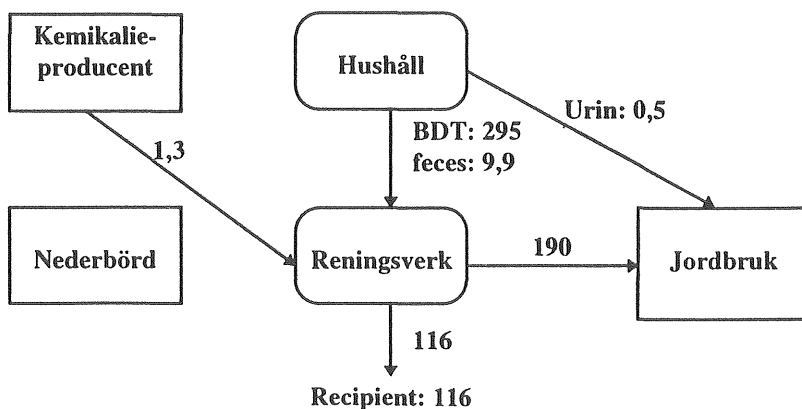
Alternativ 2 -
LOD



Alternativ 3 -
urinseparering

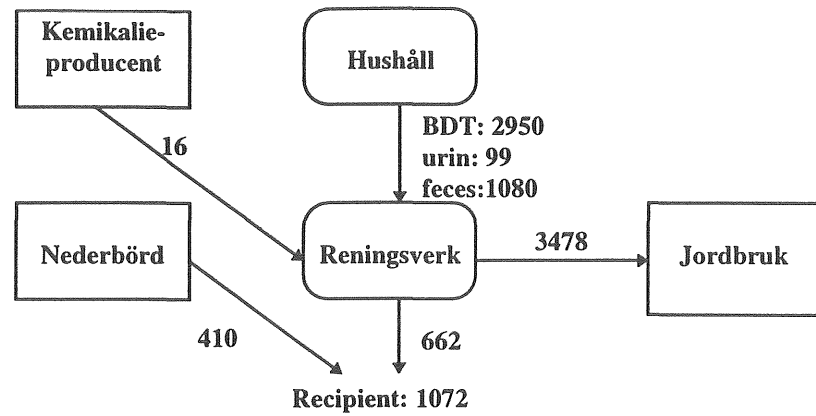


Alternativ 4 -
LOD och urinseparering

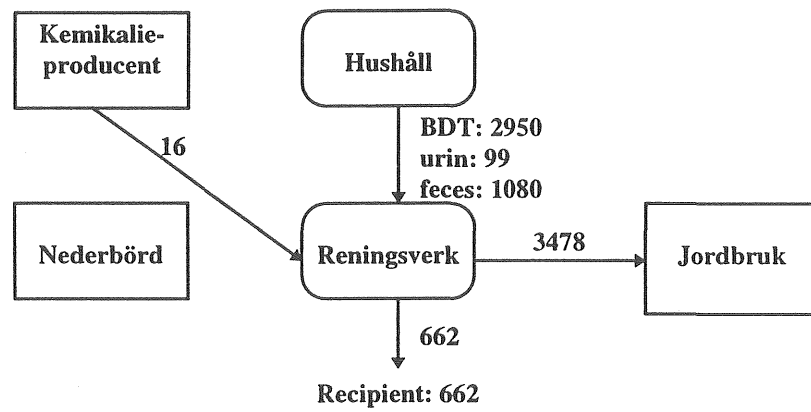


2.5.2 Koppar (g/år)

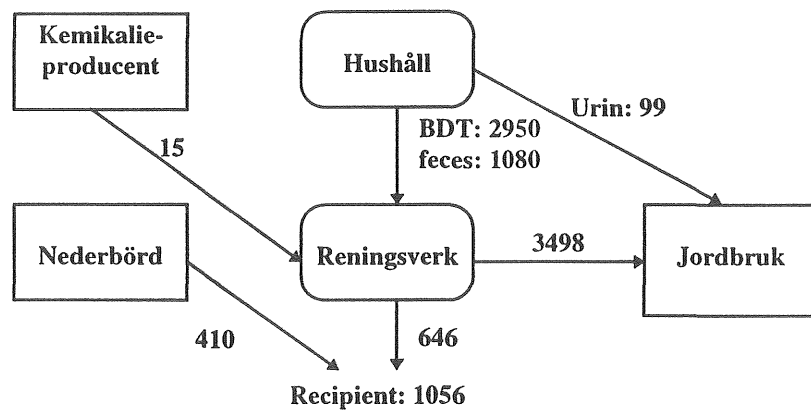
Alternativ 1 - konventionell bebyggelse



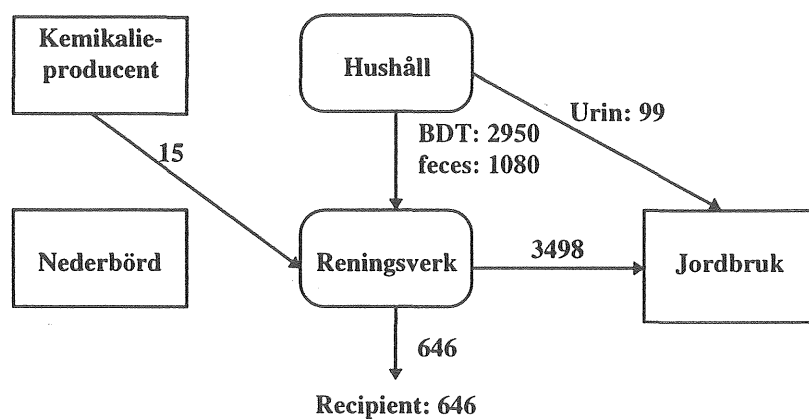
Alternativ 2 - LOD



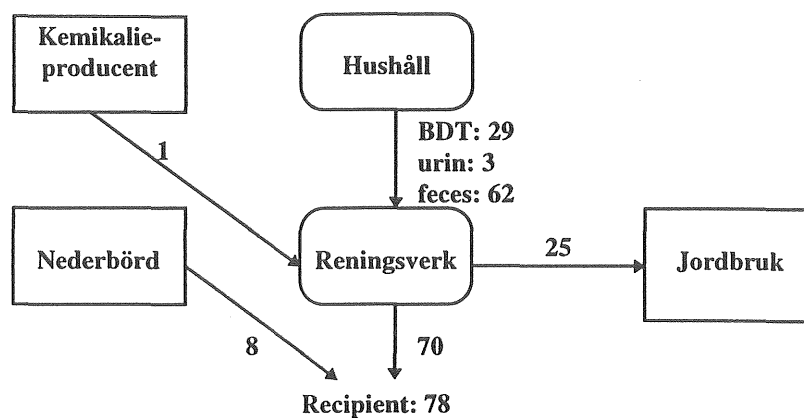
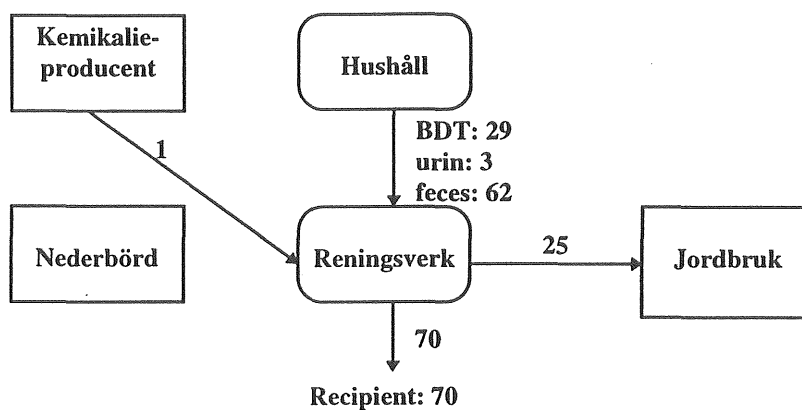
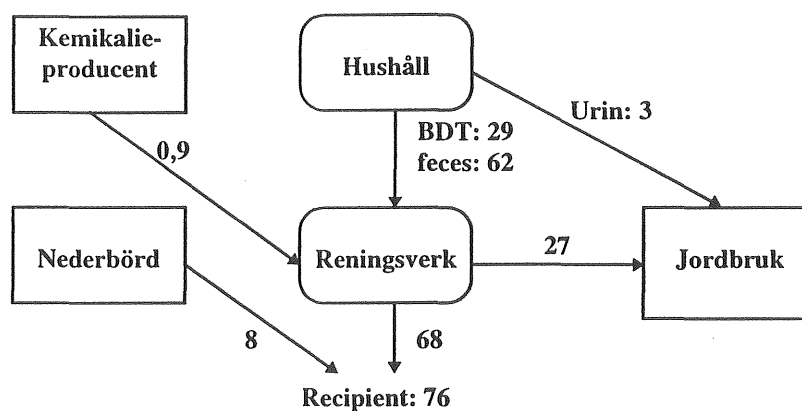
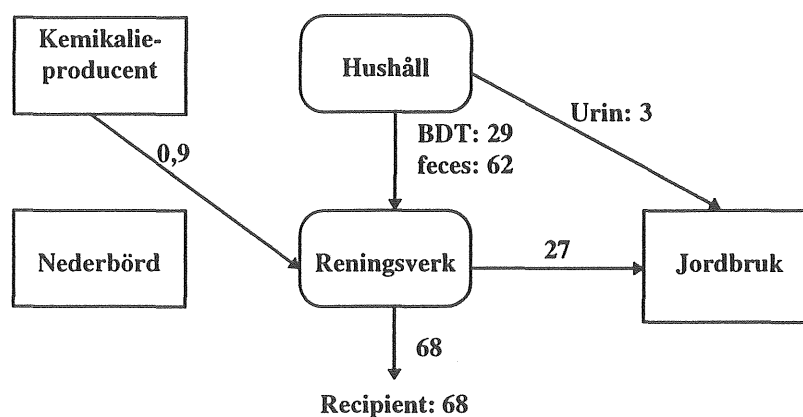
Alternativ 3 - urinseparering



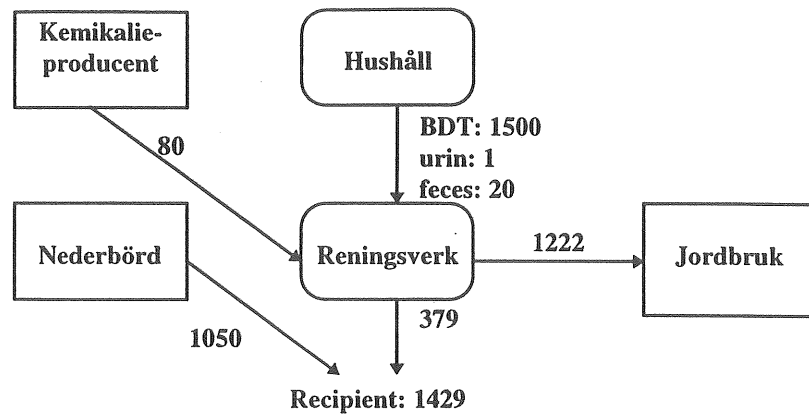
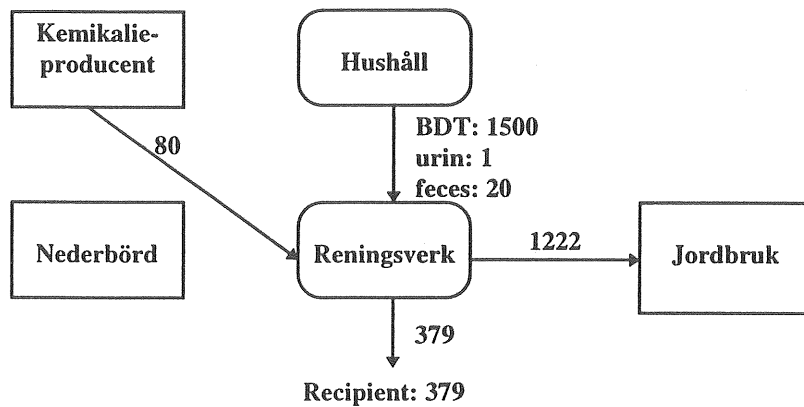
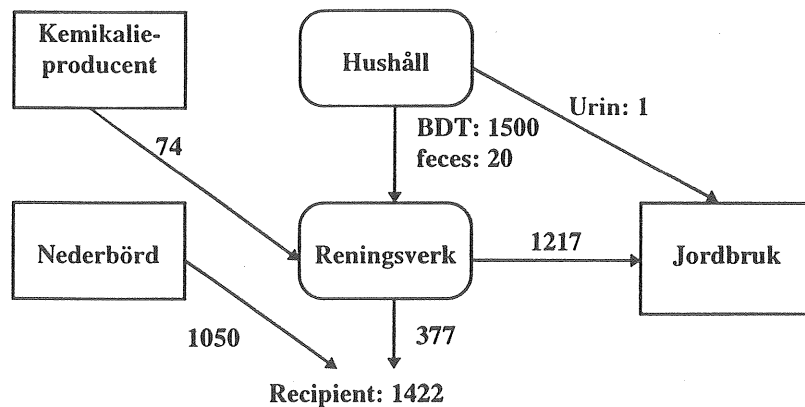
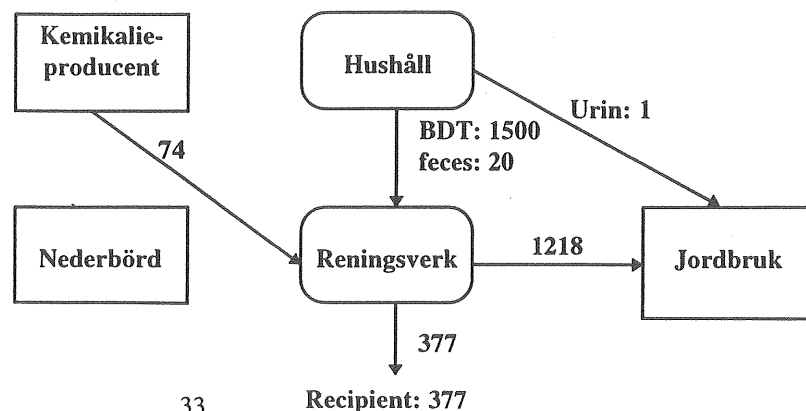
Alternativ 4- LOD och urinseparering



2.5.3 Kvicksilver (g/år)

Alternativ 1 -
konventionell bebyggelseAlternativ 2 -
LODAlternativ 3 -
urinsepareringAlternativ 4 -
LOD och urinseparering

2.5.4 Bly (g/år)

Alternativ 1 -
konventionell bebyggelseAlternativ 2 -
LODAlternativ 3 -
urinsepareringAlternativ 4 -
LOD och urinseparering

REFERENSER

- /1/ Cederberg C., *Växtnäringsflöden i Halmstads kommun*, koncept, 1997
- /2/ Mattsson J. m fl, *Hushållens andel av föroreningar till Ryaverket-tillförsel från två bostadsområden i Göteborg*, VATTEN 47, pp204-211, Lund, 1991
- /3/ Wolgast Å., *Flöden av fosfor och kadmium i stad och land - en studie av två gårdar i Mellansverige*, Examensarbete nr 900, SLU, Uppsala, 1994
- /4/ Kärrman E., *Utvärdering av olika avloppssystem, metod- och fallstudier*, rapport 1995:1, Göteborg, 1995
- /5/ Hargelius K. m fl, *Det kretssloppsanpassade avloppssystemet*, AFR-report 58, Stockholm, 1994
- /6/ Naturvårdsverket, *Renare slam Åtgärder för kommunala reningsverk*, Solna, 1993
- /7/ Naturvårdsverket, *Vad innehåller avlopp från hushåll*, rapport 4425, Solna, 1995
- /8/ Björklund L., Morrison G. M., *Metaller i sura brunnsvatten. Avskiljning medelst alkaliska filter*, publikation 4:94, Göteborg, 1994
- /9/ Lester J. N., Sterritt R. M., Kirk P. W. W., *Significance and behaviour of heavy metals in waste water treatment processes*, The Science of the Total Environment, 30, 45-83, 1983
- /10/ Venkatesh Iyengar G., *Elemental analysis of biological systems, Volume I, Biomedical, Environmental, Compositional and Methodological Aspects of Trace Elements*, Maryland, USA, 1989
- /11/ Olsson A., *Källsorterad humanurin-förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning*, Uppsala, 1995
- /12/ GRYAAB, *Miljörapport GRYAAB 1995*, rapport 1996:2, Göteborg, 1996
- /13/ Andersson R., *Slam från enskilda avlopp - hot eller resurs i ekologiskt lantbruk*, examensarbete nr 887, SLU, Uppsala, 1992
- /14/ Widén P., *Kompostering av källsorterat hushållsavfall i Uppsala - nedbrytningsförlopp, tungmetall- och växtnäringsinnehåll*, Institutionen för Markvetenskap, Avd för Växtnäringslära, Examensarbete nr 82, Uppsala, 1993
- /15/ Nilsson K., Englov P., *Avloppsinfiltration*, SNV, VIAK AB, Malmö, 1979
- /16/ Naturvårdsverket, *Små avloppsanläggningar. Hushållspillvatten från högst 5 hushåll*, Allmänna råd 87:6, Solna 1987

/17/ Norin E., *Våtkompostering i ett lokalt, kretsloppsbaserat behandlingssystem för toalett och köksavfall. Förstudie av planerad bebyggelse i Horn, Västerås kommun, JTI, rapport nr 5, Uppsala, 1996*

/18/ Personligt meddelande: Svensson B., EVAC AB Building systems, Bromölla, 1995

/19/ Personligt meddelande: Berg Per, Institutionen för vatten- och avloppsförsörjningsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 1997

/20/ Norin E., *Våtkompostering som stabiliserings- och hygieniseringsmetod för organiskt avfall, JTI, rapport nr 3, Uppsala, 1996*

/21/ Hovsenius G., *Sammanställning och egenskaper hos hushållsavfall och kompost, särtryck ur Hygien och miljö nr 10-1977, Naturvårdsverket, Gävle, 1977*

/22/ Björkman L., Söderlund M., *Avfall i Boden, mängd, sammansättning, värde, examensarbete 1982:088 E, Luleå 1982*

/23/ Personligt meddelande: Morrison Greg, Institutionen för teknisk miljöplanering, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 1997

/24/ GRYAAB, *Miljörapport enligt miljöskyddslagen GRYAAB Ryaverket 1990, rapport 1991:2, Göteborg, 1991*

/25/ Personligt meddelande: Kruse Mona, KEMIRA KEMWATER, Box 902, 251 09 Helsingborg, 1997

/26/ SNFS 1994:2, Naturvårdsverkets kungörelse

/27/ Produktblad, Dublett-system, BB Innovation Co AB, Carl Larssons väg 30, 161 55 Bromma

/28/ VBB Viak AB, *Framtida dagvattenhantering i Stockholm exemplifierat på Hammarby Sjöstad, Göteborg, 1997*

/29/ Malmqvist P.-A., Svensson G., Fjellström C., *Dagvattnets sammansättning, VAV, Rapport nr 1994-11, Solna, 1994*

/30/ Luleå kommun, Tekniska kontoret, *Miljörapport 1996, Luleå, 1997*

/31/ Personligt meddelande: Wiklund Magnus, Luleå kommun, Storgatan 13, 971 85 Luleå, 1997

LITTERATURSTUDIE

Litteratur med material relevant för denna studie har kortfattat sammanfattats i denna bilaga. Delar av materialet har använts vid studien.

Litteraturstudien är uppdelad i följande underkapitel:

- *Tungmetallerna*, där kadmium, kvicksilver, bly och koppar kortfattat presenteras.
- *Metallanalyser i hushåll och reningsverk*, där bland annat tungmetallhalterna i de olika flödena beskrivs.
- *Metallanalyser i slam*, där tungmetallhalterna i slam från tidigare studier anges jämte gränsvärden för jordbruk och fördelning av tungmetaller för olika partikelstorlekar.
- *Några behandlingsmetoder av avfall och spillvatten*, där behandlingsmetoder som kompostering, filterbäddar, slamavskiljare, vilka är aktuella för denna studie, beskrivs.

Tungmetallerna

Kadmium (Cd): Av de tungmetaller som förorenar slam är kadmium den mest uppmärksammas på dess toxicitet, relativt höga rörlighet i jord samt att växterna tar upp och lagrar kadmium i vävnaderna. Kadmium är inte essentiellt utan tvärtom direkt giftigt för både växter, djur och människor.

Kadmium används huvudsakligen till korrosionsskyddande beläggningar. Det största inflödet av kadmium till åkerjord sker idag via atmosfärisk depositionen och vid användning av fosforgödselmedel som innehåller kadmiumföroreningar. De livsmedel som innehåller mest kadmium är rödbetor, sallad, spenat och andra bladgrönsaker samt lever och njure. Kadmiumintag med kosten är enl litteratur /1/ mellan 8,2 till 12 µg/p,d. 5% absorberas i kroppen och resten följer med huvudsakligen fekalerna. Rökning ger en ökad belastning av kadmium. Föreslaget schablonvärde för kadmium från människa är 10 µg/p,d.

Kadmium förs bort från jordbruksmark genom utlakning (0,06 g/ha,år) och skörd (0,64 g/ha,år). Det atmosfäriska nedfallet är i södra Sverige ca 0,5 g/ha,år /6/.

Kadmiumhalterna i slam från reningsverk har stadigt minskat sedan 70-talet /13/ då förbud infördes att använda kadmium i bl a färger och lergods.

Kvicksilver (Hg): Kvicksilver används t ex vid klor-alkaliframställning, i elektrisk industri och inom tandvård. De former som är av störst toxikologiskt intresse är dels metylkvicksilver, som förekommer i fisk, och dels metalliskt kvicksilver från amalgam /13/. I slam finns kvicksilver huvudsakligen i oorganisk form, men det finns risk för metylering av detta kvicksilver då det kommer ut i miljön. Kvicksilvrets största fara är ackumuleringen i marklagren som kan leda till läckage till vattensystemen.

Kvicksilver kommer framförallt från läckande amalgamfyllningar. Endast en tiondel anses komma från födan och då främst från fisk /1/. Föreslaget schablonvärde för kvicksilver från människa är 60 µg/p,d

Bly (Pb): Bly används t ex vid tillverkning av ackumulatorer, som tillsats i bensin, i kemiska pigment och i legeringar /13/. Exponering för bly kan ske via livsmedel, öl, vin, förorenat vatten, färger, rök och avgaser. Kosten är vanligen den dominerande källan huvudsakligen pga kontamination på ätliga växtdelar.

Koppar (Cu): Koppar används t ex inom elteknik, i legeringar, som material för vattenledning och som bottenfärger till båtar för att förhindra alg tillväxt.

Koppar är en essentiell metall för både djur och växter men har fytotoxiska effekter vid höga halter /13/. Intaget för människor och djur begränsas naturligt genom växternas känslighet.

Metallanalyser i hushåll och reningsverk

Hushåll: Metallmängderna i hushållsavfall är små, i fekalerna mycket små och i urin ännu mindre. När man gör analyser är det därför vanligt att analysresultatet är under detektionsgränsen.

Metallhalten i bad-, disk- och tvättvatten (BDT vatten) beror på flera faktorer såsom vattenledningarnas materialsammansättning, utlakning från disk- och tvättgods och dricksvattenkvalité. Metaller i toalettresten härrör främst från födan men också från källor som tobak och amalgamplomber /7/.

Naturvårdsverkets schablonvärden /7/ för föroreningsmängder från hushåll redovisas, jämte grundvattnets innehåll av tungmetaller utifrån olika källor /1/, nedan.

metall	BDT (g/p,d)	urin (g/p,d)	fekalier (g/p,d)	grundvatten (µg/l)
Cd	$<0,6 \cdot 10^{-3}$	$<1 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	0,05
Cu	$<6 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	10
Hg	$<0,06 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$63 \cdot 10^{-6}$	0,002
Pb	$<3 \cdot 10^{-3}$	$<2 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-6}$	1

Metallhalten i BDT-vatten avser tillförseln exklusive metallhalten i dricksvatten. Kadmiumhalterna i urin och fekalier kan vara högre för rökare och snusare.

SLU /11/ har gjort en studie av källsorterad humanurin där man bl a analyserat tungmetallhalterna. Medelvärden från de olika mätningarna presenteras nedan. Jämte dessa anges också värden för urin hämtade ur *Elemental Analysis of Biological Systems* /10/.

metall	/11/ (g/l)	/10/ (g/l)
Cd	$9 \cdot 10^{-7}$ 1)	$4 \cdot 10^{-7}$
Cu	$8,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

Hg	$0,59 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$
Pb	$3,2 \cdot 10^{-5}$ ²⁾	$1 \cdot 10^{-5}$

¹⁾ 6 av 6 värden under detektionsgränsen

²⁾ 1 av 6 värden under detektionsgränsen

Den komposterbara fraktionen av källsorterat hushållsavfall består av bl a matavfall, kaffefilter, tepåsar, krukväxter och blomjord. De punktkällor som innehåller tungmetaller kan genom sitt omlopp i samhället bidra till att höja bakgrundsvärdet i det förväntat rena organiska materialet. Mängden tungmetaller i det källsorterade avfallet beror mycket på hur väl givna sorteringsdirektiv efterföljs men man bör i en mogen kompost närma sig halterna i jord eller stallgödsel.

Nedan redovisas tungmetallhalterna i källsorterat organiskt hushållsavfall från två olika studier /14/, /19/. Dessutom redovisas tungmetallhalterna i enbart animalier och vegetabilier /21/.

metall	/19/ ¹⁾ (mg/kg TS)	/14/ ²⁾ (mg/kg TS)	/21/ ³⁾ (mg/kg TS)
Cd	0,04	0,34	0,3
Cu	13,4	48	25
Hg	0,014	0,10	0,1
Pb	2,6	26	13

¹⁾ medelvärde av tre analyser

²⁾ medianvärde av trippelanalyser från fem separata provtagningar

³⁾ animaliska och vegetabiliska komponenter i hushållsavfall

Reningsverk: Avloppsvattnet från två bostadsområden med 2500 resp 600 invånare i Göteborg har analyserats /2/. Medelkoncentration (n=4) för de båda områdena och Ryaverket redovisas jämte hushållens bidrag av totalt inkommande mängd tungmetaller till Ryaverket i tabell nedan.

metall	600 pers (µg/l)	2500 pers (µg/l)	Rya (µg/l)	hushållens bidrag i % av inkommande till Rya (ber. på konc. i resp. område)
Cd	<0,3	<0,35	0,51	30-35
Cu	41	32	69	20-30
Hg	<0,11	<0,38*	0,23	20-90
Pb	<5	<5	9,4	20-30

* Den höga halten av Hg kan härledas till tandläkarmottagningar.

I genomsnitt var hushållens bidrag av tungmetaller ca 30 %. Eftersom halterna av bly, kadmium och kvicksilver i hushållsspillvattnet oftast är under detektionsgränsen är det beräknade bidraget av dessa ämnen en grov uppskattning.

I GRYAAB miljörapport 1995 /12/ ges inkommande och utgående vattenkvalité för Ryaverkets avloppsreningsverk, Göteborg. I tabell nedan presenteras årsmedelvärden för 1995.

metall	inkommande vatten, medel	utgående vatten, medel
--------	--------------------------	------------------------

	(µg/l)	(µg/l)
Cd	0,4	<0,2
Cu	69	13
Hg	0,2	<0,2
Pb	8	<3

Metallanalyser i slam

Användande av avloppsslam till jordbruksändamål har minskat. 1985 användes 60 % av slammet till jordbruk, 1988 35 % och 1990 25 % /3/. Detta beror på att LRF uppmanat sina medlemmar att bojkotta slammet.

Dagens reningsteknik innebär till största delen rening genom avskiljning vilket innebär att såväl miljögifter som näringsämnen skiljs av. Tillsammans hamnar detta i avloppsslammet och slammet har därmed både goda och dåliga egenskaper.

I samband med slamöverenskommelsen som träffades mellan LRF, SNV och VAV 1994 så fastställdes gränsvärden för maximal tillförsel av tungmetaller till åkermark vid gödsling med slam. De fastställda gränsvärdena avseende årlig mängd metall vid maximal slamgiva (22 kg P/ha) redovisas i tabell.

metall	SNFS1994:2 /26/ (g/ha) 1995	SNFS1994:2 /26/ (g/ha) 2000
Cd	1,75	0,75
Cu	600	300
Hg	2,5	1,5
Pb	100	25

Som en jämförelse har metallhalterna i slam från olika reningsverk i Sverige, England och USA tagits fram.

(mg/kg TS)

metall	Ryaverket 1995 ¹⁾ /12/	Ryaverket 1993 ¹⁾ /12/	Enl. 6 olika källor /13/	Halmstads kommun /1/	Ernemar 1992 ²⁾ /4/	England 1979 /9/	USA /9/
Cd	1,8	3,3	1,3-4	1,4	9	25	88
Cu	435	520	250-1300	230	420	721	1250
Hg	1,8	2,5	0,7-3,7	1,5	2,6	-	7
Pb	46	73	50-150	46	73	1550	1940

¹⁾ avvattnat slam; 550 000 pe, duplikat 65%, kombinerat 25%

²⁾ avvattnat slam; 20 000 pe, duplikat 79%, kombinerat 13%

I ett internationellt perspektiv har Sverige, enligt Naturvårdsverket /6/, ett mycket bra slam. Som framgår i tabell nedan är dock tungmetalltillförseln vid gödsling med kommunalt avloppsslam större än vid gödsling med stallgödsel. Den vänstra kolumnen är beräkning av tillförseln som kan förväntas vid en tillförsel av "människogödsel".

Jämförelse av tillförsel av metaller(g/ha,år) till jordbruksmark /5/. Årsgiva 1 tonTS/ha:

metall	via livsmedel och dricksvatten i slammet (människogödsel)	stallgödsel	medianvärde slam små reningsverk	medianvärde slam medelstora reningsverk	atmosfärisk dep., sydvästra Sverige
Cd	0,5	0,64	1,2	1,2	0,5
Cu ¹⁾	90	82	180	285	12
Hg ²⁾	1	0,18	0,9	1,7	0,2
Pb	7	6	35	45	35

¹⁾ grundvatten har valts då korrosionen i dricksvattenledningar varierar mycket

²⁾ läckage från amalgam ingår

I Halmstad har man med utgångspunkt från beräkningar och provtagningar på slam och utgående vatten ställt upp en möjlig massbalans för Västra Strandens reningsverk /1/. Siffrorna anger dock inga exakta mängder utan indikerar var i tillflödet de viktigaste källorna för kadmium- och kvicksilverbelastningen på reningsverket finns.

<i>in till verket</i>			<i>ut ur verket</i>		
källa	Hg (kg)	Cd (kg)	källa	Hg (kg)	Cd (kg)
hushåll	1-1,5	0,6-1	slam	3,4	3,1
ovidkommande vatten	0,1	0,6-0,9	recipient	0,55	0,6
diffus belastning (industri,service od)	1,5-2	1,2-1,5			
fällningskemikalier	0,05	0,05			
externslam	0,4	0,5-0,6			

Lester m fl /9/ beskriver hur metallerna fördelar sig på olika partikelstorlekar i rötat slam. Detta kan vara intressanta jämförelsetal när man studerar vilka flöden metallerna följer i olika processer. Tabellen beskriver partikelstorlek och fördelning av metaller i %.

metall	partiklar >100 µm	supracolloidial 0,6-100 µm	colloidial 0,002-0,6 µm	löst <0,002 µm
Cd	90,4	8,2	1,4	-
Cu	92,9	6,9	0,1	0,1
Pb	92,1	7,3	0,3	0,3

Några behandlingsmetoder av avfall och spillvatten

Komposter: Hushållsavfall består till 20-30 % av organiskt avfall möjligt att kompostera /3/. Målet med kompostering är att få en produkt som riskfritt kan användas i jordbruket. På många håll har man ännu inte lyckats få en så ren produkt att den kan användas i jordbruket, utan man rekommenderar den främst för parker och grönytor. Komposten kan vara förorenad av tungmetaller och organiska gifter. En viss del av föroreningarna finns i matrester och dessa går inte att förhindra. Utöver matavfall ingår också felsorterat material som plast, batterier mm vilket går att minska. Renast kompost får man i allmänhet från småskaliga anläggningar.

Som följd av kol- och kväveförluster under komposteringsprocessen är halterna av tungmetaller högre i den färdiga komposten än i råkomposten. De är dock mindre tillgängliga för växter vilket troligtvis beror på högre pH och en högre halt av humussubstans.

Mängden komposterbart material varierar främst med hur man bor. Färskvikten av komposterbart material för olika boende är ungefär enligt nedan /3/:

enfamiljshus, tätort: 370 kg/hushåll,år
flerbostadshus: 168
glesbygd: 348

Slamavskiljare: Slamavskiljarens huvudsakliga uppgift är att förbehandla avloppsvattnet så att en fullgod rening kan ske i efterföljande steg, vilket kan vara infiltrationsanläggning eller markbädd.

En riktigt utformad slamavskiljare ger enligt /13/ och /16/ ca 70 % reduktion av avsättbara och suspenderade ämnen.

Vid en studie av slam från en-, två- och trekammarbrunnar där inkommande vatten bestod av BDT- och WC-vatten uppmättes följande tungmetallhalter (i analysen blandades slam från alla brunnar) /13/:

metall	(mg/kg TS)
Cd	0,5
Cu	193
Hg	1,0
Pb	10

Filterbäddar: En filterbädd fungerar på så vis att avloppsvattnet sprids via ett fördelningsrör i ett makadamlager över en sand- eller grusbädd med en tjocklek av vanligtvis 0,7-1,0 m. Vattnet sjunker genom denna och uppfångas i ett undre dräneringslager varifrån det sedan avleds till recipient.

I rapporten "Avloppsinfiltration" /15/ har man gjort en uppföljning av några filterbäddar. Halterna av suspenderade ämnen i inkommande och utgående vatten för tre undersökta anläggningar redovisas nedan.

- Solbackens vårdhem: Spill-, dag-, och dränvatten slamavskiljs och pumpas till filterbädden. Halterna SS i inkommande vatten varierade mellan 10 och 100 mg/l. I utgående vatten varierade halterna mellan 1-50 mg/l.
- Färna bruk: Spillvattnet leds genom en slamavskiljare och pumpas därefter vidare till filterbädden. SS in 10-86 mg/l, SS ut 2-10 mg/l.
- Grönbo: Spillvattnet leds genom en slamavskiljare och pumpas därefter vidare till filterbädden. SS in 10-60 mg/l, SS ut 1-10 mg/l.

Resultat av filterundersökningar i USA, Kanada och Norge visar att reduktionen av SS är mellan 51-98%. Variationen beror bl a på olika kornstorlek hos sanden.

KALKYLARK, VÄSTERÅS

Hushåll

Kemikalieproducent

Trumkompost

Massbalans, reningsverk

Slamavskiljare

Filterbädd

Massbalans, våtkompost

Hushåll

SPILLVATTEN

(enl. Vad innehåller avlopp från hushåll och EVAC vacuum syst ber.)

	Antal personer	200			
	gråvattenvolym	11000	m3/år		
	svartvattenvolym	430	m3/år		
	parameter	BDT (g/p,d)	(g/år)	Urin (g/p,d)	(g/år)
BDT, urin under det.gräns	bly	3,00E-03	219	2,00E-06	0,146
BDT, urin under det.gräns	kadmium	6,00E-04	43,8	1,00E-06	0,073
BDT under det.gräns	koppar	6,00E-03	438	1,00E-04	7,3
BDT under det.gräns	kvicksilver	6,00E-05	4,38	3,00E-06	0,219
	SS	16	1168000		(urin och fekalier)
	TS	80	5840000	60	4380000
		Fekalier (g/p,d)	(g/år)	Totalt [g/pd]	
	bly	2,00E-05	1,46	2,21E+02	
	kadmium	1,00E-05	0,73	4,46E+01	
	koppar	1,10E-03	80,3	5,26E+02	
	kvicksilver	6,30E-05	4,599	9,20E+00	
	SS	27	1971000	3139000	
	TS	35	2555000		

(enl. Elemental analysis of biol. syst.)

	urinmängd:	1 l/pd	73000 l/år
	Urin [mg/l]	g/år	
bly	1,00E-02	7,30E-01	
kadmium	4,00E-04	2,92E-02	
koppar	1,30E-01	9,49E+00	
kvicksilver	2,00E-03	1,46E-01	

(enl. Källsorterad humanurin.)

	urinmängd:	1 l/pd	73000 l/år
	Urin [mg/l]	g/år	
bly	3,20E-02	2,34E+00	
kadmium	9,00E-04	6,57E-02	under det.gräns
koppar	8,10E-01	5,91E+01	
kvicksilver	5,90E-04	4,31E-02	

KÖKSAVFALL

mängd	14	ton/år
TS-halt	35	%
TS-mängd	4,9	ton/år
strömmaterial	7,3	m3/år (20 l/d)

Enl. analys Per Berg:

	RÅSOL 1203	RÅSOL1126	RÅSRV1122	RÅBOR 1120	RÅBOR 1127
TS	59,6	26,3		26	26
bly	2,1	2,3	4,2	2,5	1,8
kadmium	0,031	0,034	0,028	0,08	0,0051
koppar	8,1	14	23	12	10
kvicksilver	0,011	0,012	0,014	0,017	0,016
	MEDEL				
bly	2,58	mg/kgTS	12,642	g/år	
kadmium	0,03562	mg/kgTS	0,174538	g/år	
koppar	13,42	mg/kgTS	65,758	g/år	
kvicksilver	0,014	mg/kgTS	0,0686	g/år	

Jämförelsetal enl. Sammansättning och egenskaper hos hushållsavfall och kompost

Animalier, vegetabiler					
bly	13	mg/kgTS	63,7	g/år	
kadmium	0,3	mg/kgTS	1,47	g/år	
koppar	25	mg/kgTS	122,5	g/år	
kvicksilver	0,1	mg/kgTS	0,49	g/år	
Enl /14/					
bly	26	mg/kgTS	127,4	g/år	
kadmium	0,34	mg/kgTS	1,666	g/år	
koppar	48	mg/kgTS	235,2	g/år	
kvicksilver	0,1	mg/kgTS	0,49	g/år	

Kemprod

Fällningskemikalie: Järnklorid, PIX 111

Tillsats: 7,3 l/p,år
1500 l/år

Densitet: 1,42 kg/m³
2130 kg/år

	mg/kg	g/år
Medelhalter enl. Kemira bly	0,5	1,065
kadmium	0,03	0,0639
koppar	1	2,13
kvicksilver	0,02	0,0426
kloridhalt	270 g/kg	
TS	575100 g/år	

trumkompost

IN

köksavfall	bly	12,642 g/år
	kadmium	0,174538 g/år
	koppar	65,758 g/år
	kvicksilver	0,0686 g/år

UT

bly	25,3148 g/år
kadmium	0,399378 g/år
koppar	87,22 g/år
kvicksilver	0,1197 g/år

strömmaterial (enl. Per Widén)

bly	12,4 mg/kgTS	12,6728 g/år
kadmium	0,22 mg/kgTS	0,22484 g/år
koppar	21 mg/kgTS	21,462 g/år
kvicksilver	0,05 mg/kgTS	0,0511 g/år

mängd	20 l/d
	7300 l/år
	3650 kg/år
	1022 kgTS/år

massbalans-reningsverk

Volym enl.Erik Norin

Slam	100	m3/år
TS-halt	2	%
TS-mängd	2	m3/år

Volym enl. Kalkylerade kostnader för BIOVAC...

Mek. slam	20	m3/år
Bio/kem slam	60	m3/år

IN									
BDT	bly	109,5	g/år	Totalt	bly	112,098	g/år	9,152351404	my-g/l
	kadmium	21,9	g/år		kadmium	22,69845	g/år	1,853237263	my-g/l
	koppar	219	g/år		koppar	308,73	g/år	25,20656434	my-g/l
	kvicksilver	2,19	g/år		kvicksilver	7,0293	g/år	0,573914108	my-g/l
	TS	5840000							
urin	bly	0,073	g/år		volym	12248	m3		
	kadmium	0,0365	g/år		SS	3139000	g/år	256,2867407	mg/l
	koppar	7,3	g/år		TS	13350100	g/år		
	kvicksilver	0,219	g/år						
	TS	4380000							
feces	bly	1,46	g/år						
	kadmium	0,73	g/år						
	koppar	80,3	g/år						
	kvicksilver	4,599	g/år						
	TS	2555000							
järnklorid	bly	1,065	g/år						
	kadmium	0,03195	g/år						
	koppar	2,13	g/år						
	kvicksilver	0,0213	g/år						
	TS	575100	g/år						

UT					
	Kd	adsorberat	löst		
bly	34	109,15	g/år	2,95	g/år
kadmium	13	21,20	g/år	1,50	g/år
koppar	95	305,78	g/år	2,95	g/år
kvicksilver	28	6,81	g/år	0,22	g/år

slamavskiljn.

IN

		(g/år)		
BDT	bly	109,50	9,95	my-g/l
	kadmium	21,90	1,99	my-g/l
	koppar	219,00	19,91	my-g/l
	kvicksilver	2,19	0,20	my-g/l
	SS	16	1 168 000,00	106,18 mg/l
	TS	80	5 840 000,00	530,91 mg/l
	volym	11000	m3/år	
	Antal personer	200		

UT

Enl. SNV 87:6 går ca 30 % av SS vidare från slamavskiljaren

	Kd	adsorberat		löst		till filter		till våtkompost	
bly	34	103,75	g/år	5,75	g/år	36,87	g/år	72,63	g/år
kadmium	13	19,13	g/år	2,77	g/år	8,51	g/år	13,39	g/år
koppar	95	214,74	g/år	4,26	g/år	68,68	g/år	150,32	g/år
kvicksilver	28	2,05	g/år	0,14	g/år	0,75	g/år	1,44	g/år

filterbädd

IN

BDT	bly	36,87	g/år	3,35	my-g/l
	kadmium	8,51	g/år	0,77	my-g/l
	koppar	68,68	g/år	6,24	my-g/l
	kvicksilver	0,75	g/år	0,07	my-g/l

TS	1 752 000,00
volym	11000 m3/år

UT

Kd	adsorberat		löst		ent. /15/ till jordbruk		till diken	
34	31,13	g/år	5,75	g/år	21,79	g/år	15,09	g/år
13	5,74	g/år	2,77	g/år	4,02	g/år	4,49	g/år
95	64,42	g/år	4,26	g/år	45,10	g/år	23,58	g/år
28	0,62	g/år	0,14	g/år	0,43	g/år	0,32	g/år

massbalans-våtkompost

IN			UT		
urin	bly	0,073 g/år	bly	86,80 g/år	
	kadmium	0,0365 g/år	kadmium	14,33 g/år	
	koppar	7,3 g/år	koppar	303,68 g/år	
	kvicksilver	0,219 g/år	kvicksilver	6,32 g/år	
feces	bly	1,46 g/år			
	kadmium	0,73 g/år			
	koppar	80,3 g/år			
	kvicksilver	4,599 g/år			
köksavfall	bly	12,642 g/år			
	kadmium	0,174538 g/år			
	koppar	65,758 g/år			
	kvicksilver	0,0686 g/år			
brunnsslam	bly	72,63 g/år			
	kadmium	13,39 g/år			
	koppar	150,32 g/år			
	kvicksilver	1,44 g/år			

KALKYLARK, VÄSTERÅS

Dagvatten, metod 1

Dagvatten, metod 2

Dagvatten, metod 1

Deposition:	hårdgjord yta	8,5	ha
	Cu	Cd	Pb
g/ha,år	20	2	100
g/år	170	17	850

Byggnadsmaterial:

takyta	44000	m2				
fasadyta	46000	m2				
	TAK		FASAD		SUMMA	
komponent	andel (%)	m2	andel (%)	m2	m2	
natursten	5	2200		0	2200	
betong		0	10	4600	4600	
tegel	25	11000	90	41400	52400	
förzinkat stål målat	50	22000		0	22000	
papp	20	8800		0	8800	
belysning					150	
räcken					150	
	Cu	Cd	Pb	Cu	Cd	Pb
komponent	kg/m2	kg/m2	kg/m2	g/år	g/år	g/år
natursten	0			0	0	0
betong	0			0	0	0
tegel	0	0,000000002	0,00000006	0	0,044	1,32
förzinkat stål målat	0			0	0	0
papp	0	0,000000003	0,00000009	0	0,00045	0,0135
belysning	0	0,00000003	0,0000009	0	0,0045	0,135
räcken	0			0	0,04895	1,4685

Trafik:

Antal fordon	1500	
Totalt	3000	km/dag
tunga fordon	109500	km/år
lätta fordon	985500	km/år
tvättar per år	2	per fordon

	TUNGA FORDON	LÄTTA FORDON	c_ämne							
Komponent	kg/km	kg/km	Cu	Cd	Pb					
däck	0,0004	0,0001	0,000247	0,0000018	0,000005					
asfalt	0,02	0,005	0,000028	0,00000016	0,000018					
spill/dropp	0,00004	0,00001	0,000003	0,0000001	0,000009					
	TUNGA FORDON	LÄTTA FORDON	c_ämne							
Komponent	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)	
däck	10,8186	0,07884	0,219	2,70465	0,01971	0,05475	13,52325	0,09855	0,27375	
asfalt	61,32	0,3504	39,42	15,33	0,0876	9,855	76,65	0,438	49,275	
spill/dropp	0,01314	0,000438	0,03942	0,003285	0,0001095	0,009855	0,016425	0,0005475	0,049275	
							TOTALT	90,189675	0,5370975	49,598025

	kg/fordonsår	c_ämne					
olja	0,01	Cu	Cd	Pb	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)
		0,000003	0,0000001	0,000009	0,045	0,0015	0,135

	kg/tvätt	c_ämne					
tvättvatten	50	Cu	Cd	Pb	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)
		0,000001	0,000000032	0,000001	150	4,8	150

TOTALT TRAFIK G/ÅR

	Cu	Cd	Pb
	240,234675	5,3385975	199,733025

SUMMA:

	Cu	Cd	Pb
Deposition	170	17	850
Byggnadsmtrl	0	0,04895	1,4685
Trafik	240,234675	5,3385975	199,733025
Summa	410,234675	22,3875475	1051,201525

Dagvatten, metod 2

yta	84000 m2	volym	37800 m3
yta tak	44000 m2		19800 m3
yta asfalt	40000 m2		18000 m3

koncentration	Cu	Cd	Pb	Hg
tak	140	1,9	100	0,2
asfalt	70	1,3	100	0,2
g/år	2772	37,62	1980	3,96
g/år	1260	23,4	1800	3,6
SUMMA:	4032	61,02	3780	7,56

