

# MA i Cirkulära RObusta system

MACRO är ett Vinnovafinansierat aktörsöverskridande projekt med målsättningen att skapa förutsättningar för införande av sorterande avloppssystem i storstad och omvandlingsområden.

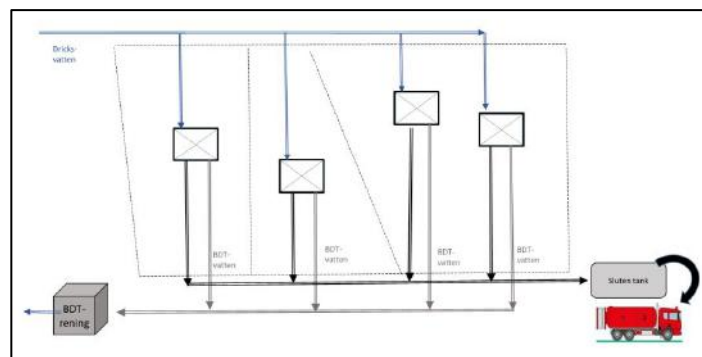
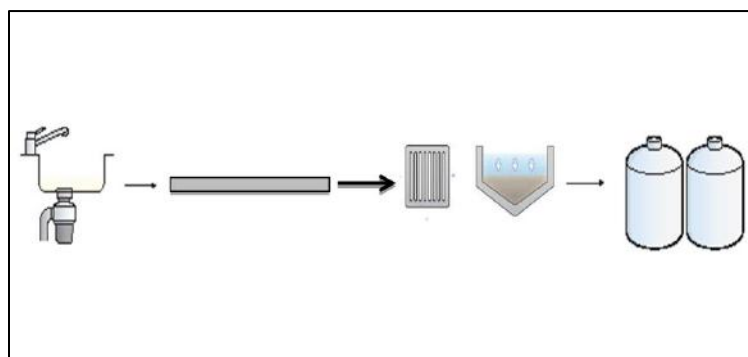
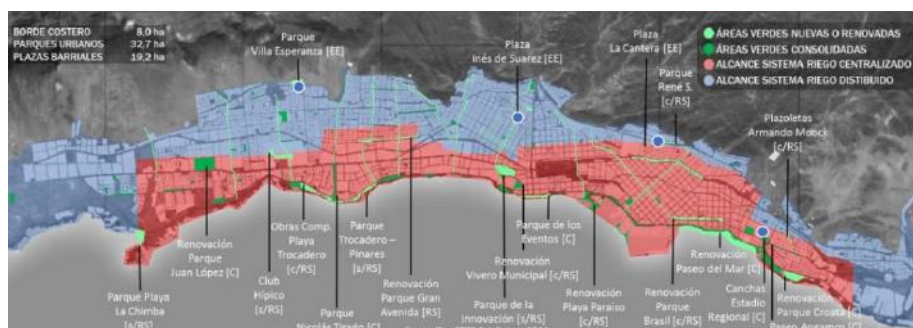
21 november 2018

## Marknadsanalys sorterande avloppssystem

José Ignacio Ramírez, Sweco Environment

Linus Karlsson, Sweco Environment

Kong Qi, Sweco Architects



Parter i delarbetspaketet:



## Om projektet

Projektet MACRO syftar till att stimulera innovation hos både kommuner och teknikleverantörer samt innovation kring produkter och tjänster kopplat till sorterande system för samhällets organiska restprodukter.

Projektet MACRO kommer bidra till att fylla kunskapsluckor avseende både teknik och organisation. Genom MACRO skapas fler möjligheter för svenska aktörer att utveckla spetskunskap inom området vilket ökar möjligheterna för Sverige att positivt bidra till utvecklingen av framtidens hållbara städer.



# Marknadsanalys sorterande avloppssystem inom MACRO projektet

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	4
2	Teknikutveckling inom MACRO .....	4
2.1	Allmänt .....	4
2.2	Insamlingssystem .....	4
2.3	Transportsystem .....	5
2.4	Behandling .....	5
3	Fallstudie Knivsta .....	7
3.1	Bakgrund och förutsättningar .....	7
3.1.1	Kommunalt VA .....	7
3.1.2	Enskilt VA .....	7
3.1.3	Kommunens strategi för närings- och energiåtervinning .....	8
3.2	Möjligheter för källsorterande teknik i urbana miljöer .....	9
3.2.1	Drivkrafter .....	9
3.2.2	Lärdomar från MACRO .....	9
3.2.3	Möjliga implikationer för Knivsta .....	10
3.2.4	Möjligheter för källsorterande teknik på landsbygden - Drivkrafter .....	10
3.2.5	Lärdomar från MACRO .....	11
3.2.6	Möjliga implikationer för Knivsta .....	11
4	Fallstudie Yinchuan Eco City, Kina .....	12
4.1	Bakgrund och förutsättningar .....	12
4.1.1	Allmänt .....	12
4.1.2	VA och avfall .....	13
4.1.3	Drivkrafter .....	18
4.2	Möjligheter för källsorterande teknik i Yinchuan Eco City .....	18
5	Studiefall Antofagasta, Chile .....	20
5.1	Bakgrund och förutsättningar .....	20
5.1.1	Allmänt .....	20
5.1.2	VA och avfall .....	20
5.1.3	Drivkrafter .....	22
5.2	Möjligheter för källsorterande teknik i Antofagasta .....	23
6	Diskussion och vägen framåt .....	24

# 1 Inledning

Projektet MACRO syftar till att främja innovation kring produkter och tjänster kopplat till sorterande system för samhällets organiska restprodukter.

Arbetspaket 5, Utveckling av tekniska lösningar, omfattar flera delar och syftar till att utvärdera och bidra till teknikutveckling av möjliga komponenter för insamling, transport och behandling i ett sorterande VA-system. Inom arbetspaket 5 genomförs en potentialbedömning av teknikerna nationellt och internationellt.

Baserad på Sweco:s erfarenhet i Sverige och andra länder har tre fallstudier valts för vilka en behovsanalys tagits fram. Dessa behov har jämförts med de tekniklösningar som tagits fram i AP5 och även med lösningar som utvecklats i AP2.

Följande fall har valts:

- Knivsta (Sverige)
- Yinchuan (Kina)
- Antofagasta (Chile)

Utifrån dessa fallstudier har en bedömning av marknadspotentialen för de teknik- och systemlösningar som utvecklats inom och i anslutning till MACRO gjorts.

## 2 Teknikutveckling inom MACRO

### 2.1 Allmänt

Teknikutveckling inom MACRO har huvudsakligen skett i följande arbetspaket:

- Arbetspaket 2: Systemutveckling av sorterande avloppssystem för tätbebyggelse i storstad
- Arbetspaket 4: Installationer i hus
- Arbetspaket 5: Utveckling av tekniska lösningar

Utveckling av tekniska lösningar täcker tre huvudområden:

- Insamlingssystem
- Transportsystem
- Behandling

De lösningar som utvecklats i dessa områden beskrivs översiktligt nedan.

### 2.2 Insamlingssystem

Under MACRO-projektet har följande komponenter utvecklats för att underlätta insamlingen av de olika fraktionerna i ett sorterande avloppssystem:

- Skärande matavfallskvarnar för att hantera problem som uppstår när matavfall innehållande långa fibrer ska malas, t ex fiskskinn och purjolök (AP 5, delresultat 2);

- Spolvattendoserande matavfallskvarnar för att öka TS-halten i avfallet och underlätta transport, rötningsprocessen, samt lagring (AP 5, delresultat 2);
- Allmänna installationsråd och instruktioner för vakuumpoletter och kvarnar i flerbostadshus. Dessa riktlinjer behandlar även rördragning inom fastigheten (AP 4, delresultat 1).

För vidare detaljer hänvisas till delrapporter under ”Resultat” på projektets hemsida, enligt instruktion inom parenteser ovan: [www.macrosystem.se](http://www.macrosystem.se).

## 2.3 Transportsystem

För sorterande avloppssystem finns en mängd olika systemkomponenter som kan kombineras för att anpassa systemet till lokala förhållanden. I anslutning till MACRO har följande komponenter i ”transportsystemet” berörts och/eller utvecklats:

- Uppskalningsbara matavskiljningstankar där kvarnat matavfall tillåts sedimentera eller flyta upp till ytan. Med denna separering kan man öka TS-halten. Effluentsen leds till det kommunala ledningsnätet eller till annan rening och det separerade matavfallet hämtas med tankbil (AP2, Stockholm Stad Exploateringskontoret, Sorterande system för kvarnat matavfall och klosettatten i tre delområden i Norra Djurgårdsstaden, 2017);
- Vakuumpumpar och tillhörande ledningar (AP2, Stockholm Stad Exploateringskontoret, W9-PM-701-0003 Källsorterade avloppssystem Södra Värtan, 2018);
- En jämförelse av transportsystem för sorterade flöden med utgångspunkt i ett utvecklingsprojekt i Munga där ett lågtryckssystem håller på att byggas ut (AP 5, delresultat 3).

För vidare detaljer hänvisas till delrapporter under ”Resultat” på projektets hemsida, enligt instruktion inom parenteser ovan: [www.macrosystem.se](http://www.macrosystem.se) .

## 2.4 Behandling

Inom MACRO-projektet har fyra metoder för behandling av olika strömmar från ett sorterande avloppssystem testats:

- Indunstning av den näringsrika effluentsen från en UASB-reaktor som används för att samröta klosettatten med kvarnat matavfall samt näringsladdning av biokol med effluentsen från en UASB-reaktor där matavfall har samrötats med klosettatten (AP2, delresultat 5);
- Fällning av näringsämnen med Zeopeat ur effluentsen från en UASB-reaktor i vilken matavfall har samrötats med klosettatten samt ur aquatronseparerat klosettatten (AP5, delresultat 1);
- Fluglarvskompostering och hur detta kan användas för att producera djurfoder från klosettatten och matavfall med höga vattenhalter (AP5, delresultat 4);
- I samband med AP5, delresultat 3, som behandlar systemutveckling kring insamling och transport med utgångspunkt i området Munga utanför Västerås har också behandlingsmetoder för rening av BDT-vatten och hygienisering av klosettatten berörts. Inom MACRO följs de valda reningemetoderna dock ej upp utan fokus ligger på insamling och transport.

För vidare detaljer hänvisas till delrapporter under ”Resultat” på projektets hemsida, enligt instruktion inom parenteser ovan: [www.macrosystem.se](http://www.macrosystem.se) .

Utöver rapporter från MACRO-projektet finns en sammanställning över sorterande system och olika erfarenheter från planerade och existerande områden med källsortering av matavfall,

klosettwater och BDT-water i Svenskt Vattens utvecklingsrapport 2017–04 Källsorterande system för spillwater och matavfall  
([http://www.svenskvatten.se/contentassets/37d5142be0f946d3a2cdf26cb16e3dc0/svu-rapport\\_2017-04.pdf](http://www.svenskvatten.se/contentassets/37d5142be0f946d3a2cdf26cb16e3dc0/svu-rapport_2017-04.pdf)).

## 3 Fallstudie Knivsta

### 3.1 Bakgrund och förutsättningar

Knivsta är en av landets snabbast växande kommuner med 18 064 invånare (2017). Det byggs mycket i kommunen, framförallt i tätorterna Knivsta och Alsike. Inom kommunen är ungefär 70% av befolkningen anslutna till kommunalt VA, vilket det kommunägda bolaget Roslagsvatten ansvarar för.

Vattenförsörjningen inom Knivsta är generellt god då det finns bra grundvattenmagasin i framförallt isälvsavlagringar. Dock kan tillgången vara begränsad på vissa enskilda platser. Landsbygden i kommunen är levande med ett utbrett jord- och skogsbruk. 25% av kommunens landyta täcks av åkermark och 52% av produktiv skogsmark. Inom det utbredda jordbruket borde den näring som kan cirkuleras med sorterande avloppssystem kunna avsättas utan långa transporter.

De dokument som har legat till grund för att identifiera lokala förutsättningar och drivkrafter som talar för en utbyggnad av sorterande avloppssystem är framförallt:

- Knivsta kommuns strategi för vatten och avlopp;
- Kommunens VA-plan som antogs 2017;
- Den utredningen som genomfördes under 2015–2016 angående hinder för en uppskalning av sorterande system;
- Examensarbete av Elin Åkerlund som behandlar förutsättningar för sorterande avloppssystem i omvandlingsområden med fokus på institutionella frågor;
- Förstudie kring Knivsta framtida avloppshantering.

#### 3.1.1 Kommunalt VA

I Knivsta finns det tre kommunala reningsverk varav det största tar emot spillvatten från 8 500 personer. Under 2015 blev Knivsta reningsverk Revaq-certifierat och sedan dess har arbetet pågått med att försöka sprida slammet på jordbruksmark. I dagsläget går dock slammet fortfarande till sluttäckning av deponi. Exploateringen inom kommunen kommer inom några år troligen att leda till att reningsverkets tillstånd överskrids. Detta kommer ställa krav på en utbyggnad av verket, alternativt ett nytt reningsverk eller en överföringsledning till något av de större reningsverken i regionen. Det behandlade avloppsvattnet släpps idag ut i Knivstaån vilken är en liten recipient och därmed också känslig. En utökning av reningsverket kommer därför kräva en ambitiös rening för att inte belasta recipienten ytterligare. Knivstaån är inte klassad i VISS, men Lövstaån som Knivstaån mynnar ut i, har fått bedömningen måttlig status ur näringssynpunkt p.g.a relativt höga näringshalter. Den slutgiltiga recipienten är Mälaren. Ledningsnätet i Knivsta tätort är idag underdimensionerat på vissa sträckor och behöver således också utökas vid exploatering för nya bostäder om dessa ansluts.

Bebyggelsen i tätorterna domineras idag av småhus och radhus medan en stor del av den planerade nybyggnationen består av flerbostadshus.

#### 3.1.2 Enskilt VA

Det finns drygt 2 000 enskilda avloppsanläggningar i Knivsta kommun varav hälften saknar rening utöver slamavskiljning och således inte uppfyller dagens krav. Även många av de anläggningar som har ytterligare rening är gamla och i behov av renovering. I stort sätt alla sjöar och vattendrag inom kommunen har problem med övergödning. Förutsättningarna för att återföra näring från enskilda avlopp har hittills varit små men är på väg att förbättras då kommunen håller på att ta fram en

anläggning för att behandla klosettvattnen från slutna tankar. Byggstart för anläggningen är planerad till hösten 2018.

I mer än 30 områden, utanför kommunalt VO men med sammanhängande bebyggelse, har det bedömts att det finns risk för hälso- och miljöproblem kopplat till existerande avloppsrening. Fler och fler områden på landsbygden faller under kommunens ansvar för VA-försörjning, dels på grund av nybyggnation, men också på grund av att områden klassas som s.k. §6-områden. I Knivsta kommun har 8 områden identifierats som utbyggnadsområden och ytterligare 6 områden som utredningsområden där kommunen vidare kommer utreda frågan om de behöver bygga ut det allmänna VA-systemet. Ett par av de områden som kommer att hamna under kommunens ansvar ligger nära det befintliga VA-nätet men i några områden kommer VA-försörjningen behöva lösas lokalt.

### 3.1.3 Kommunens strategi för närings- och energiåtervinning

I kommunens strategi för vatten och avlopp som antogs 2012 uttrycker de en vision att kretsloppsanpassa VA-systemet för att återföra näring till produktiv jordbruksmark och använda övriga resurser så effektivt som möjligt. Sorterande system ska finnas med som utredningsalternativ när nya områden ansluts till kommunalt VA. I kommunens VA-plan från 2017 har det också slagits fast att kommunen ska arbeta med att skapa system för att återföra näring från de enskilda avloppen.

I linje med kommunens ambition att öka kretsloppstänkandet inom VA-området genomfördes det en utredning under 2015–2016 för att identifiera möjligheter och hinder för införandet av källsorterande avloppssystem på landsbygden. Denna utredning utgick från att separera toalettvattnen från bad-, disk-, och tvättvattnen och återföra toalettvattnet till jordbruksmark efter behandling. Projektet drog slutsatserna att det finns flera miljömässiga fördelar med att implementera sorterande avloppssystem och inga direkta hinder. Dock identifierades det ett flertal olösta frågor och risker då systemen t ex inte är testade mot lagen om allmänna vattentjänster. Från detta drogs följande slutsatser, framförallt med fokus på juridiska och institutionella frågor:

- För att minimera juridiska risker bör sorterande system efterlikna en konventionell lösning så långt som möjligt. I praktiken innebär detta att man ska eftersträva att implementera gemensamma tankar och hantering av de olika fraktionerna;
- Nya samverkansformer är nödvändiga mellan VA, avfallssektorn och lantbrukare för att implementera sorterande system;
- Taxan för ett sorterande system bör vara likvärdig som för ett konventionellt system;
- Incitament och risker för fastighetsägarna är viktiga att identifiera;
- Pilotförsök behövs för att utreda vissa olösta frågor. Eftersom detta medför en mängd risker jämfört med ett beprövat system behövs det först genomföras en risk- och nyttoanalys med en handlingsplan för hur risker hanterats och ansvarsfördelningen mellan VA-huvudman och kommunen;
- En kommunikationsplan behövs tidigt i processen samt en tydlig politisk förankring.

Utredningen rekommenderade ett fortsatt arbete med sorterande avloppssystem, bl a genom att välja ut pilotområden och använda dessa för att ge drivkraft åt frågorna internt. Utöver utredningen genomfördes det ett examensarbete med Knivsta som fallstudie där fokus var att utreda arbetsgången och viktiga framgångsfaktorer för att implementera ett sorterande system, samt hur juridiska och ekonomiska risker behöver fördelas mellan olika aktörer när ett nytt obeprövat system byggs.

I kommunens arbete med sorterande system har hittills mindre fokus lagts på att undersöka

tekniska utmaningar och möjligheter. Dock har en demonstrationsanläggning med vakuumpoletter installerats i kommunen.

Utifrån VA-situationen i Knivsta och kommunens ambitionsnivå vad gäller närings- och energiåtervinning har ett antal lokala drivkrafter för att införa sorterande avloppssystem identifierats. Dessa drivkrafter har tillsammans med kommunens förutsättningar jämförts med det material som har tagits fram inom MACRO för att se om projektet har bidragit med lösningar och lärdomar som kan implementeras i Knivsta. Denna analys har ett tekniskt fokus och kan därför ses som ett komplement till det övriga arbete som berört framförallt institutionella hinder för implementering och uppskalning av sorterande system i Knivsta kommun.

## 3.2 Möjligheter för källsorterande teknik i urbana miljöer

### 3.2.1 Drivkrafter

Mycket nybyggnation i tätorterna skapar möjligheter att installera sorterande system då installation i befintliga byggnader är kostsamt. Fördelarna med att installera urbana sorterande system i Knivsta är att:

- En utbyggnad av reningsverket kan minimeras, alternativt en framtida anslutning till ett externt reningsverk kan undvikas;
- Underdimensionerade ledningar behöver förhoppningsvis ej bytas ut i förtid då sorterande system ger mindre flöden och kan hantera fler fraktioner lokalt:
- En större andel näringsämnen och energi kan utvinnas ur de sorterade fraktionerna jämfört med ett konventionellt system;
- Återvunnen näring borde kunna avsättas lokalt då jordbruk är utbrett i kommunen.

### 3.2.2 Lärdomar från MACRO

Som tidigare nämnts finns exempel på sorterande system för avlopp och/eller avfall som har testats eller kommer byggas ut i urbana miljöer. Exempel på dessa är kvarteret Fullriggaren i Malmö (matavfall) och Oceanhamnen i Helsingborg (matavfall och klosettatten). I Europa har system testats i t ex Nederländerna och Tyskland.

Gemensamt för dessa system är att separera en eller flera avloppsfraktioner och samtidigt minimera utspädningen av näring och energi i respektive fraktion. I Malmö sorteras endast matavfall ut med matavfallskvarnar för vidare transport till en central tank där avfallet koncentreras upp. Tanken töms med jämna mellanrum och avfallet transporteras med tankbil till rötning. Detta system ger visst tillskott till spillvattennätet via effluenter från tanken. Systemet är speciellt fördelaktigt i flacka områden då risken finns för att kvarnat matavfall sätter igen självfallsledningar. Inom MACRO-projektet har detta system förbättrats ytterligare för brukarna genom att fokusera på matavfallskvarnarnas funktionalitet mängden tillskottsvatten vid malning. Principiellt så liknar detta system ett konventionellt insamlingssystem med påse då båda lösningarna behöver transport av matavfallet med lastbil/tankbil till förbehandling och rötning.

I Helsingborg byggs ett mer ambitiöst system för sortering av spillvattenfraktionerna. Matavfall och klosettatten transporteras med självfall respektive vakuumledningar till en central pump som tar det vidare till det intilliggande reningsverket där det behandlas i en ny anläggning. Planen är att samröta matavfall med klosettatten i en biogasreaktor av modellen UASB-ST. Detta system har testats i Nederländerna där en reningsanläggning har installerats i anslutning till hushållen som den server. Effluenter från biogasreaktorn behandlas sedan för att återvinna näring och minska utsläppen. Inom

MACRO har ett par tekniker för att behandla effluenten från en biogasreaktor av denna typ studerats. Resultaten från dessa studier har varit varierande. Studien av laddning av biokol visade att det var svårt att få biokolet att adsorbera näringen. Försöken med indunstning var mer lovande och visade att man kan koncentrera upp effluenten från en rötgasreaktor och behålla stora mängder av kvävet och fosfor. Produkten från indunstning liknar den flytande näringsgödsel som finns på marknaden och borde därför vara relativt lätt att få avsättning för lokalt. Dock kräver indunstning stora investeringar då anläggningarna är dyra. Testerna med Zeopeat (magnesiumladdad torv blandat med Zeolit) visade på god avskiljning av fosfor men det krävdes stora mängder Zeopeat för att avskilja kväve. Processen genererar också stora mängder slam från vilket det kan produceras näringsrik jord om slammet blandas med torv. För att detta system ska vara gynnsamt behövs ett lokalt alternativ för omhändertagande av den näringsrika jorden.

Ett annat system för behandling och transport av sorterade fraktioner som testas inom MACRO är utbyggnaden av lågtrycksavlopp i Munga. I området kommer LTA-pumpar transportera klosettatten till en lokal hygieniseringsanläggning. Det näringsrika klosettattnet kommer sedan avsättas direkt på jordbruket i omgivningen. Fördelen med detta system jämfört med vakuumledningar är att det krävs mindre kostsamma installationer i husen vilket är fördelaktigt då nya system implementeras i befintlig bebyggelse. I Munga kommer BDT-vattnet tas om hand i en markbaserad anläggning. Lågtryckssystemet är fördelaktigt jämfört med självfallsledningar i kuperade områden och där markförhållanden gör schaktning kostsamt. Lågtrycksledningar kan nämligen läggas närmare markytan, speciellt om de isoleras vid känsliga partier. Nackdelen med lågtryckssystem är att klosettattnet späds ut och att mer vatten förbrukas än i vakuumsystem. Energin i klosettattnet tas heller inte tillvara i en rötningsprocess.

### 3.2.3 Möjliga implikationer för Knivsta

Systemet som byggs ut i Helsingborg skulle kunna fungera även i Knivsta, framförallt i större utvecklingsområden om lokal behandling av matavfall och klosettatten implementeras då detta kräver större investeringar och ett större upptagningsområde för att bli ekonomiskt realistiskt. En sådan utbyggnad skulle möta de lokala förutsättningarna i Knivsta och ligga i linje med kommunens ambition att utöka återvinningen av näring och energi från spillvattnet. Ett sorterande avloppssystem ger också goda förutsättningar för att återvinna värmen i BDT-vattnet med hjälp av värmeväxlare innan det lämnar en fastighet eller ett kvarter. BDT-vatten kan även cirkuleras och i många fall renas lokalt vilket minskar trycket på ledningsnätet. Tekniker för detta finns men har inte behandlats inom MACRO. Lokal rening av matavfall och klosettatten, t ex med en UASB-reaktor samt rening av effluenten kräver dock en hel del investeringar och kan vara problematiska att bygga i en tätort då biogasproduktion ställer krav på säkerhet.

I Knivsta skulle ett liknande system som byggs i Munga kunna vara intressant i utkanten av tätorten då det kräver att klosettattnet kan avsättas på jordbruksmark i närområdet. Huruvida detta är ekonomiskt rimligt bedöms dock inte inom denna analys. Övergången från centralisering till decentralisering och driften av många mindre enklare anläggningar istället för en enskild stor reningsanläggning ställer också stora krav på VA-verksamheten.

### 3.2.4 Möjligheter för källsorterande teknik på landsbygden - Drivkrafter

I ett flertal områden behöver kommunen inom ett par år ta ansvar för VA-försörjningen. Valet står då mellan att ansluta fastigheterna till ett centralt system eller bygga ett lokalt system. Drivkrafterna för att bygga sorterande system istället för utvidga det centraliserade konventionella spillvattensystemet kan vara följande på landsbygden i Knivsta:

- Lokala system belastar inte reningsverket och kan därför motverka en annars nödvändig expansion eller överföringsledning till ett externt reningsverk;

- Lokala sorterande system ger goda möjligheter för effektiv närings- och energiåtervinning;
- Lokala sorterande system kan kombineras med lokal avsättning av de näringsrika jordbruksprodukter som produceras. Detta är speciellt lämpligt i kommuner med ett utbrett jordbruk såsom Knivsta;
- Lokala system kan vara ett kostnadseffektivt alternativ om bebyggelsen ligger långt från det nuvarande verksamhetsområdet för det allmänna VA-systemet.

### 3.2.5 Lärdomar från MACRO

Ett lokalt sorterande system kan antingen kombineras med en lokal reningsanläggning av motsvarande typ som kommer byggas i Helsingborg eller en anläggning liknande den som har byggts i Munga. För att detta ska vara ekonomiskt rimligt behöver dock antalet anslutna hushåll vara betydande. På landsbygden är det mer realistiskt att kombinera sorterande system med en central uppsamling, såsom i Malmö med t ex en matavfallsavskiljare, och transportera avfallet till en extern reningsanläggning med tankbil. Även klosettvattnet kan samlas upp lokalt i en gemensam tank.

I ovan beskrivna system är det en fördel att använda vakuumtoaletter och vattensnåla matavfallskvarnar för att minimera transporter men också för att öka näringsinnehållet och biogaspotentialen i det omhändertagna avfallet. Inom MACRO har både vakuumtoaletter och vattensnåla matavfallskvarnar behandlats och utvecklats för att underlätta för byggherrar och användare vad gäller installation och brukande.

### 3.2.6 Möjliga implikationer för Knivsta

System liknande det som finns i Munga, i kommunal eller privat regi, har byggts ut i ett flertal landsbygdsområden i Sverige. Både lågtrycks- och vakuumsystem har testats. I större områden i Knivsta kommun som i framtiden kommer omfattas av kommunal VA-försörjning kan ett liknande system vara relevant. Ett alternativ för att behandla klosettvattnet är långtidslagring samt ureatillsättning för att säkra hygienisering före spridning på åkermark, som det har gjorts i Munga.

Beroende på den lokala efterfrågan på näringsrik jord, skulle Agains teknik med näringsavskiljning med hjälp av Zeopeat också kunna användas. Tekniken kräver dock stora mängder zeolit för att reducera framförallt kvävehalterna och genererar betydande mängder slam (se AP 5, delaktivitet 1).

System för lokal insamling av matavfall och klosettvattnet och central behandling är lämpliga för mindre områden på Knivstas landsbygd. I ett sådant system kan BDT-vatten behandlas och/eller återvinnas lokalt. Dock kan BDT-vatten innehålla mindre mängder tungmetaller eller andra organiska toxiska ämnen samt en viss mängd näringsämnen och patogener. Det finns således vissa risker med BDT-vatten och det rekommenderas inte att användas för bevattning av jordbruk. Istället föreslår vi men att BDT-vatten används för bevattning av energiskog eller parker efter nödvändig rening. Möjliga reningsmetoder för BDT-vatten är till exempel:

- Infiltrationsbädd: det förutsätter att befintlig mark är genomsläpplig
- Markbädd: Man ersätter den befintliga jorden med sand
- Kompakta anläggningar för rening av BDT-vatten

## 4 Fallstudie Yinchuan Eco City, Kina

### 4.1 Bakgrund och förutsättningar

#### 4.1.1 Allmänt

Yinchuan är huvudstaden i den autonoma regionen Ningxia Hui, i närheten av inre Mongoliet. Under de senaste åren, med expansion av den moderna regionala infrastrukturen, har Yinchuan blivit en viktig knutpunkt för att länka norra Kina och Mellanöstern. Befolkningen i kommunen uppgår till ca 2 miljoner invånare varav ca 1,3 miljoner bor i tätorten.

Ningxia är skyddad från öknarna i Mongoliet av Helanbergskedjan. Gula floden korsar Yinchuan från sydväst till nordost. Den genomsnittliga höjden av Yinchuan är 1 100 meter över havet. Stadskärnan i Yinchuan ligger ungefär halvvägs mellan Gula floden och Helanbergskedjan.

Yinchuan har ett kallt ökenklimat med en årlig nederbörd på 186 mm. Yinchuan har distinkta årstider med torra, kalla vintrar, sen vår och korta somrar. Den månatliga dygnsmedeltemperaturen varierar från -7,9 °C i januari till 23,5 °C i juli, med ett årligt medelvärde på 9,0 °C. Variationen i dygnstemperatur är stor på grund av det torra och soliga klimatet. Solinstrålningen varierar från 63% under juni-augusti till 71% i november. Staden får 2 906 soltimmar årligen och har 158 frostfria dagar.

Gula floden och kanalsystemet som har byggts under århundraden möjliggör jordbruket kring Yinchuan samt stadens vattenförsörjning. På grund av floden har Yinchuan tämligen goda yt- och grundvattenförhållanden.



Figur 4-1 Mingcui våtmarksområde

För att främja utvecklingen av Yinchuan har kommunen tillsammans med Minsheng Real Estate Development tagit fram planer och håller på att bygga Yinchuan Eco-City. Det blir en ny stadsdel där mer än 80 000 personer kommer att bo och verka. Området ligger vid Gula floden ca 10 km öster om Yinchuan vid Mingcui sjön och ett känsligt våtmarksområde, se Figur 4-1 ovan. Detta ställer stora krav vad gäller recipientskydd.

Utbyggnadsstrategierna har baserats på en vision om en ny stad med en storlek och täthet som möjliggör en flexibilitet och komplexitet i utvecklingsprocesserna. Målen är följande:

- En harmonisk miljö vad gäller kultur och natur, det vill säga hållbar och multikulturell samexistens med naturen;
- Stödja och presentera lokal och nationell konst och arkitektur – plats för människans skapande;

- Stödja och presentera hållbara tankesätt, beteenden och tekniska lösningar – plats för naturen;



*Figur 4-2 Visualisering av Yinchuan Eco-City*

Projektet har i praktiken använt det svenskutvecklade konceptet och arbetssättet Symbio City, där hållbarhetsaspekter såsom urbana funktioner, strukturer, landskap och sociala ytor, energi, vatten, avfall, trafik och byggande integreras i planeringsprocessen.

Projektet har uppmärksammats och resultatet har lovordats av myndigheterna. Planen har godkänts av den beslutande instansen i staden Yinchuan, se t ex Figur 4-2 above. Uppdraget genomfördes 2011–2014, byggnadsår är 2011–2030 (pågående).



*Figur 4-3 Nyanlagd dagvattendamm och våtmark och en del av en hantverksby i bakgrunden*

#### 4.1.2 VA och avfall

VA-systemet i Yinchuan Eco City bygger på följande vägledande principer:

- Kretsloppsmodellen Eco-Cycle model, inklusive aspekter såsom generering av energi från organiskt avfall, återanvändning av renat avloppsvatten och användandet av slam som

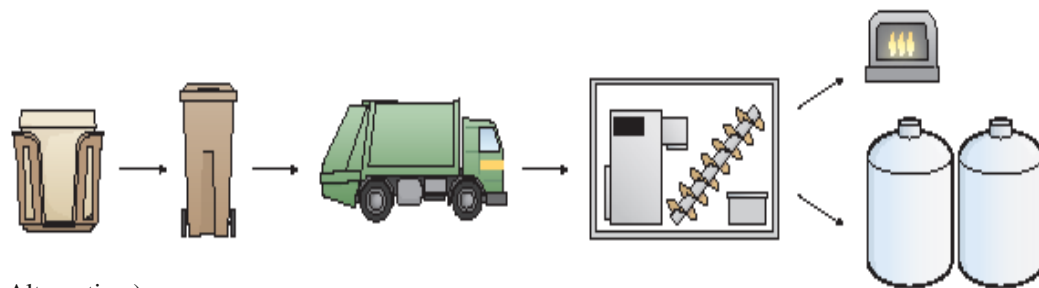
näringskälla i jordbruket;

- Integration av vatten och renat dagvatten i de blå och gröna strukturerna i den nya staden;
- Användning och integrering av de befintliga naturlandskapen med de föreslagna vatten- och avloppsvattensystemen;
- Användning av teknik och metoder som främjar miljön och folkhälsan, samt är socialt och ekonomiskt tilltalande, med tonvikt på långsiktiga holistiska fördelar.

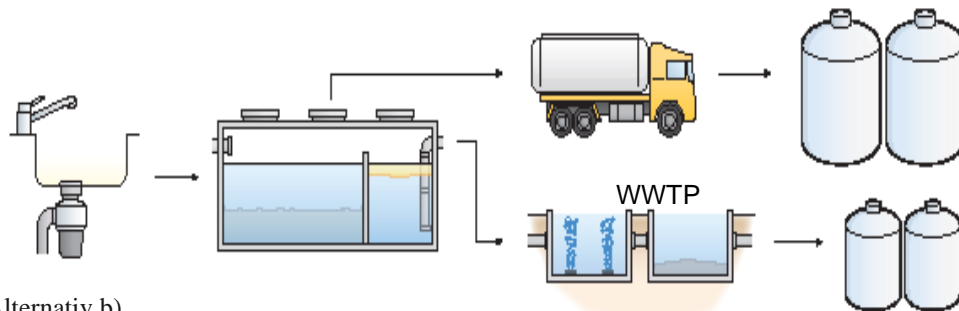
Avloppssystemet inklusive insamling och rening skall syfta till att återanvända det behandlade avloppsvattnet för landskap och bevattning, vägrengöring och toalettspolning. Eventuellt kan det renade avloppsvattnet användas för påfyllning av vattnet i Mingcuisjön eller våtmarken, men måste då uppnå grad II för ytvatten enligt Kina nationella normer. Detta kräver en avancerad rening, typ MBR med hög energianvändning.

Organiskt avfall ska samlas in separat. Tre alternativa system för separering och insamling av organiskt avfall anses realistiska (se Figur 4–4 nedan):

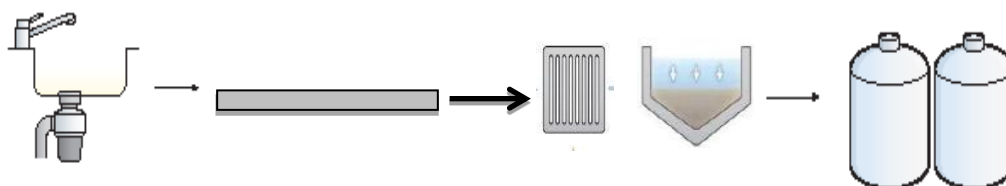
- a) Separation av matavfall med separata påsar och soptunnor för insamling (detta system kräver förbehandling före rötningsanläggningen);
- b) Avfallskvarnar i hushållen samt ledningar till en uppsamlingstank i källaren. Uppsamlingstanken töms av en slamsugsbil som transporterar det organiska avfallet till en rötningsanläggning ("Malmömodellen");
- c) Avfallskvarnar i hushållen. Vardera kvarnen är ansluten till det vanliga avloppssystemet som transporterar det organiska avfallet till reningsverket.



Alternativ a)



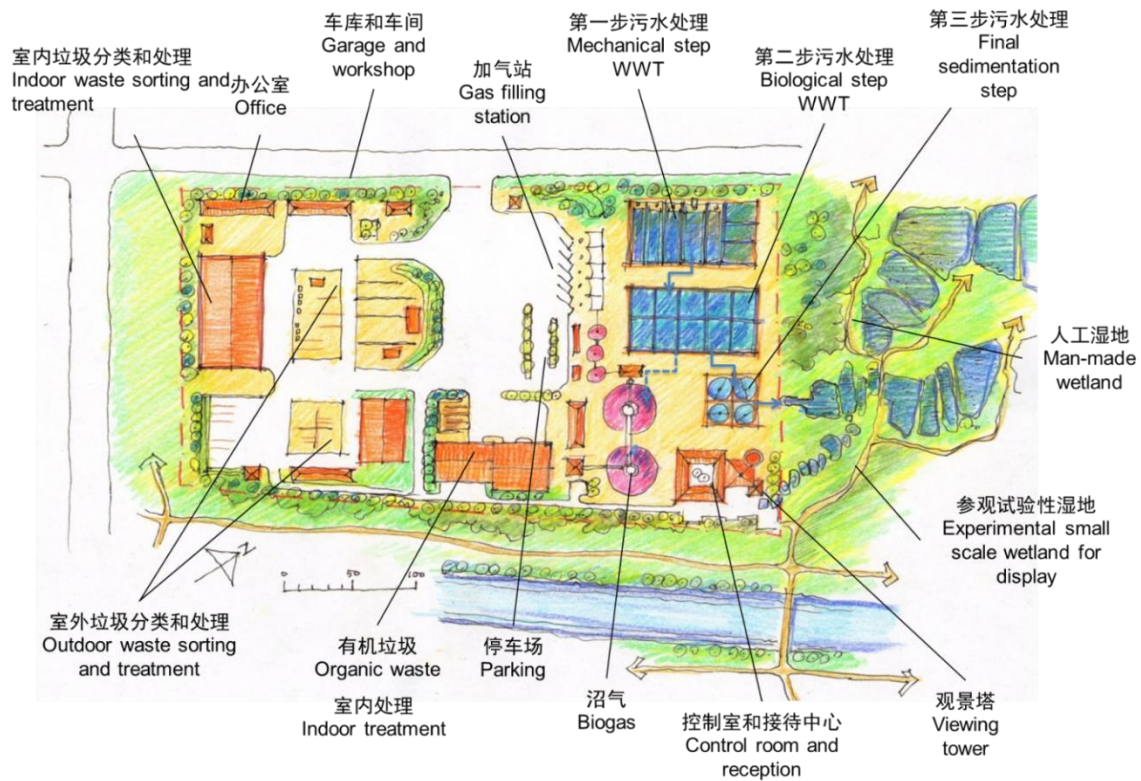
Alternativ b)



Alternativ c)

Figur 4-4 Alternativa system för separering och insamling av organiskt avfall

Ett resurshanteringscenter (Resources Management Center - RMC) föreslås vilket inkluderar och samlokaliserar utvalda viktiga tekniska anläggningar för avloppsrening, avfallshantering och energiproduktion. Yinchuan Eco City RMC inkluderar inte avfallsförbränning då en förbränningsanläggning för hela staden redan är i utbyggnadsfasen.



Figur 4-5 Layout RMC Yinchuan Eco City

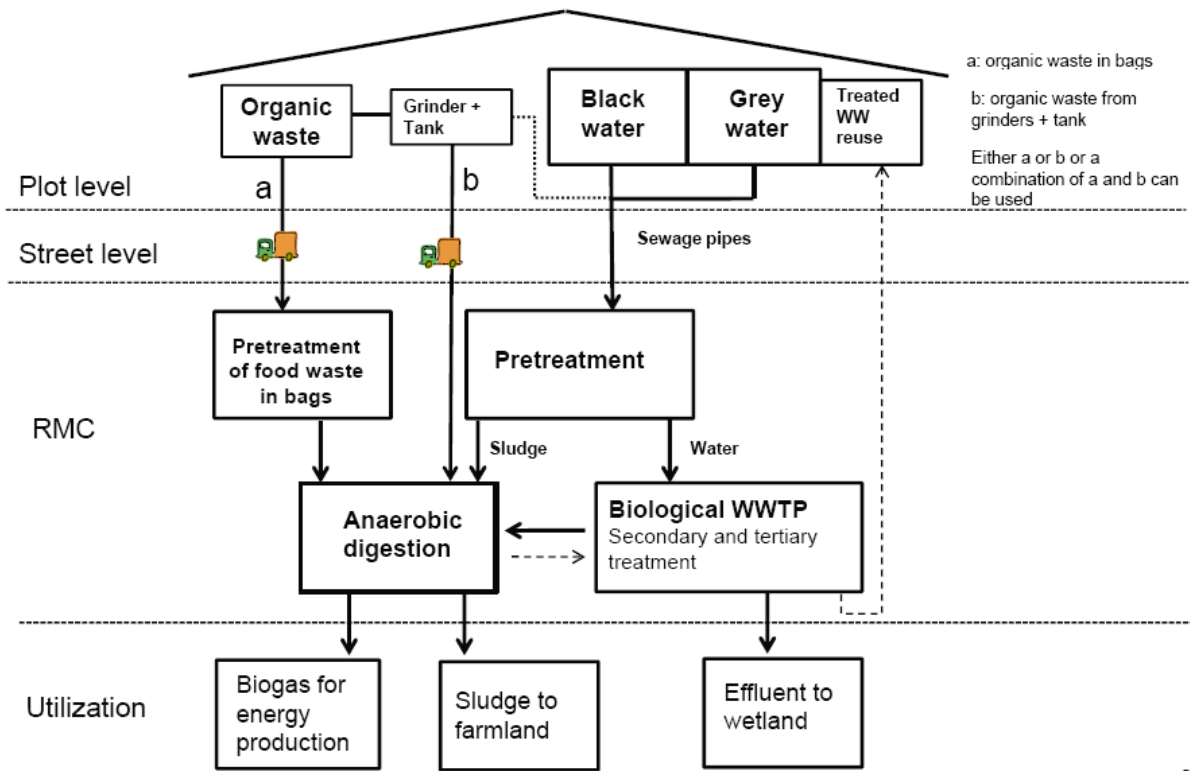
Olika scenarier behandlades i planering- och projekteringsstadiet för hantering av klosett- och BDT-vatten och insamling av organiskt avfall. Följande behandlingsscenarier övervägdes:

Scenario 1: klosett- och BDT-vatten blandas och separat insamling sker av organiskt avfall i antingen a) påsar eller b) med kvarnar och tankar;

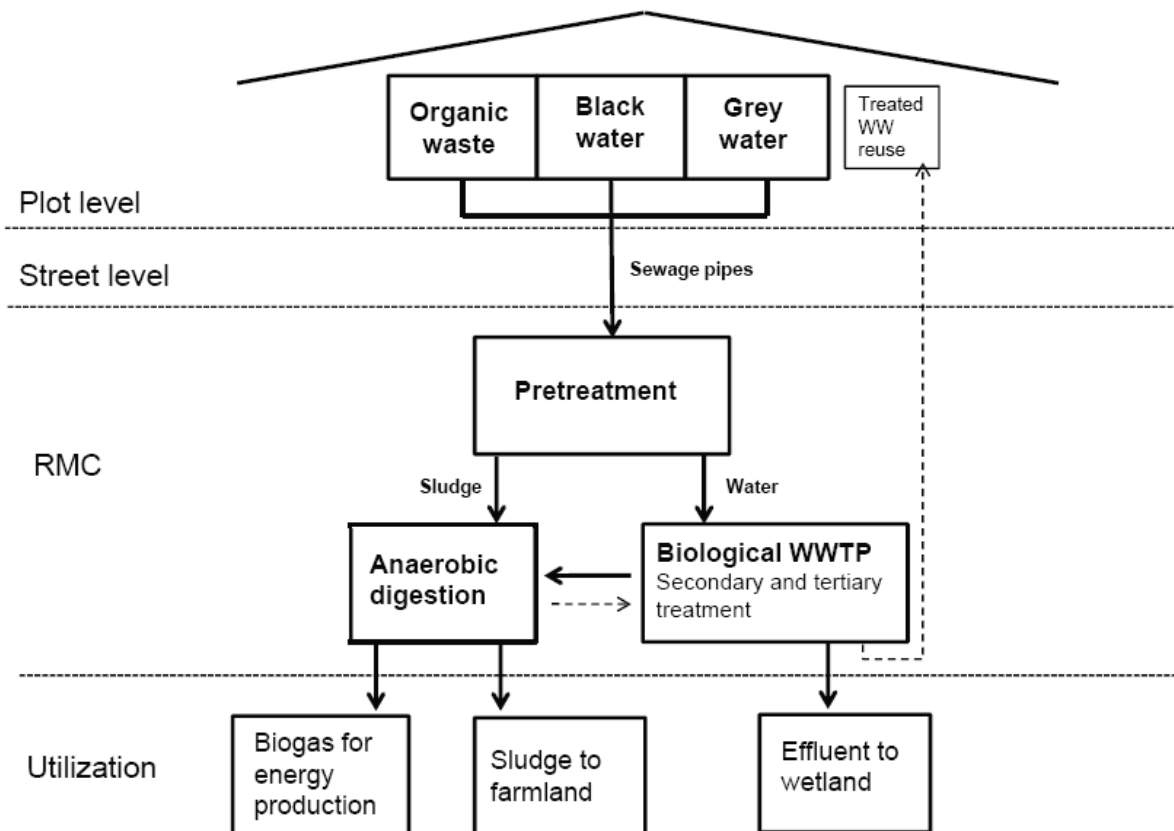
Scenario 2: klosett-, BDT-vatten och organiskt avfall blandas;

Scenario 3: klosett- och organiskt avfall blandas och BDT-vatten återanvänds på kvartersnivå.

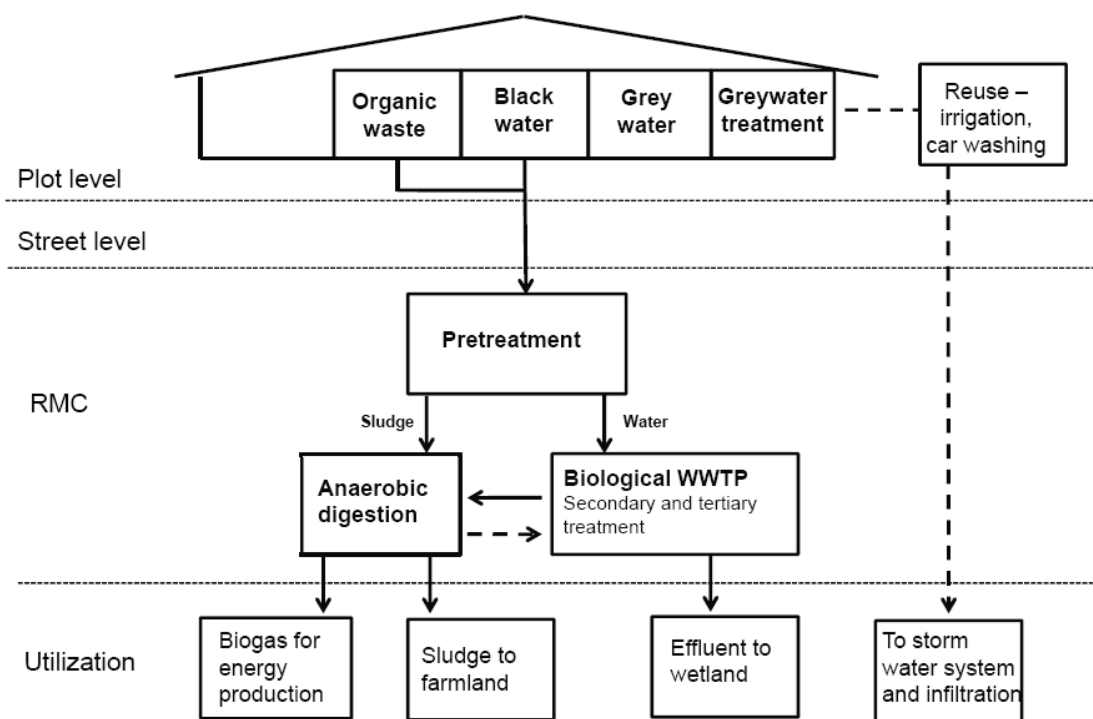
Dessa scenarier presenteras i figurerna nedan.



Figur 4-6 Scenario 1 där klosett- och BDT-vatten blandas och organiskt avfall samlas in separat



Figur 4-7 Scenario 2 där klosettvatten-, BDT-vatten och organiskt avfall blandas



Figur 4-8 Scenario 3 där klosettatten och organiskt avfall blandas och BDT-vatten återanvänds på blocknivå.

Av dessa scenarier ansåg kommunen och exploitören att Scenario 2 var bättre anpassat till de lokala förutsättningarna.

#### 4.1.3 Drivkrafter

Främsta drivkraften för att införa källsorterande system i Norra Kina är att spara färskvatten. BDT-vatten utgör 70% av vattenanvändning i hushållen och återanvändning av BDT-vatten skulle innebära en vattenbesparing på mellan 30 och 60% av dricksvattenkonsumtionen.

Ytterligare en drivkraft som har lyfts fram i Yinchuan Eco City är att man kan öka den lokala energiproduktionen i form av biogas från organiskt avfall och därmed minska användning av kol för energiproduktion.

## 4.2 Möjligheter för källsorterande teknik i Yinchuan Eco City

Utifrån förutsättningarna och drivkrafterna som beskrivits ovan anses att följande tekniker, som har vidareutvecklats i samband med MACRO, kan vara intressanta för Yinchuan Eco City:

- Matavfallskvarnar med låg vattenanvändning som klarar långa fibrer och fiskrens;
- Metoder för att rena BDT-vatten som är robusta och kostnadseffektiva som t ex tagits fram för Munga;
- Snålspolande eller vakuumtoaletter för att minska vattenanvändning;
- Framtagning av näringsämnen/gödsel för parker genom indunstning och biokolsfiltrering.

En positiv faktor för återanvändning av vatten är att städerna i norra Kina har infört byggregler med dubbla ledningssystem: en ledning för dricksvatten och en annan ledning för ”mellanvatten” som används bevattning av gröna ytor, vägspolning och andra användningsområden som inte kräver

dricksvattenkvalitet. "Mellanvatten" kan vara renat avloppsvatten från avloppsreningsverket eller renat BDT-vatten insamlat på kvartersnivå.

Nackdelen med att använda renat BDT-vatten för toalettspolning är det finns risk att det organiska innehållet i toalettvattnet förorenas med t ex tungmetaller eller andra toxiska ämnen från BDT-vattnet. Därmed försämras möjligheten till cirkulation av näringsämnen från klosettvattnet till jordbruket. Därför rekommenderas inte BDT-vatten att användas för toalettspolning utan ambitiös rening.

I planeringsstadiet föreslogs ett separat rörsystem och behandling för BDT-vatten. Den primära fördelen med detta skulle vara en minskning av dricksvattenanvändningen med minst 30% eftersom denna mängd vatten skulle samlas in, behandlas och användas för bevattning. Dessutom skulle ett separat BDT-vattensystem innebära en minskad belastning på avloppsreningsverket. Det förutsätts att det också införs andra vattenbesparande åtgärder som installation av vattensåla armaturer och att non-revenue water begränsas till ett minimum.

En faktor som kan försvåra installation av adekvata reningsanläggningar för BDT-vatten är att lokal praxis förutsätter att varje byggherre ansvarar för installationen av BDT-vattenrening inom sitt exploateringsområde. Detta skulle kunna innebära att BDT-vattnet inte får en tillräcklig rening och därmed kan miljöskyddet samt folkhälsan äventyras. Det föreslogs därför att ett separat system BDT-vatten tillämpas på ett begränsat område där en godkänd BDT-vattenrening är installerad i syfte att agera demonstrationsområde. Hitintills har utbyggnaden och inflyttningen inte bedömts tillräcklig för att kunna gå vidare med detta förslag.

## 5 Studiefall Antofagasta, Chile

### 5.1 Bakgrund och förutsättningar

#### 5.1.1 Allmänt

Antofagasta är en hamnstad i norra Chile, cirka 1 100 kilometer norr om Santiago. Staden är huvudstaden i regionen med samma namn. Staden har en befolkning på ungefärligt 400 000 invånare.

Antofagasta är nära knuten till gruvverksamheten i regionen. Det senaste decenniet har medfört en tillväxt inom byggsektorn vilket har gynnat stadens utveckling. Antofagasta har högst BNP per capita i Chile, ca 47 000 USD.

Staden Antofagasta har ett ökenklimat och rikligt med solsken. Atacamaöknen, inklusive dess kust, är extremt torr, med en årlig nederbörd på 3,4 mm. Staden Antofagasta får en årlig genomsnittsnederbörd på mindre än 0,1 mm. Dock förekommer sporadiska och kraftiga regn, vilket kombinerat med de morfologiska förutsättningarna i staden orsakar jordskred.

Klimatet regleras något av Humboldtströmmen. Det torra klimatet mildras av morgondimman som kommer från havet. Fenomenet har fått namnet Camanchaca.

Den genomsnittliga årliga temperaturen är 16,8 °C. Den genomsnittliga dagliga minimitemperaturen är 17,5 °C i januari medan den genomsnittliga dagliga maxtemperaturen är 23,2 °C under juli.

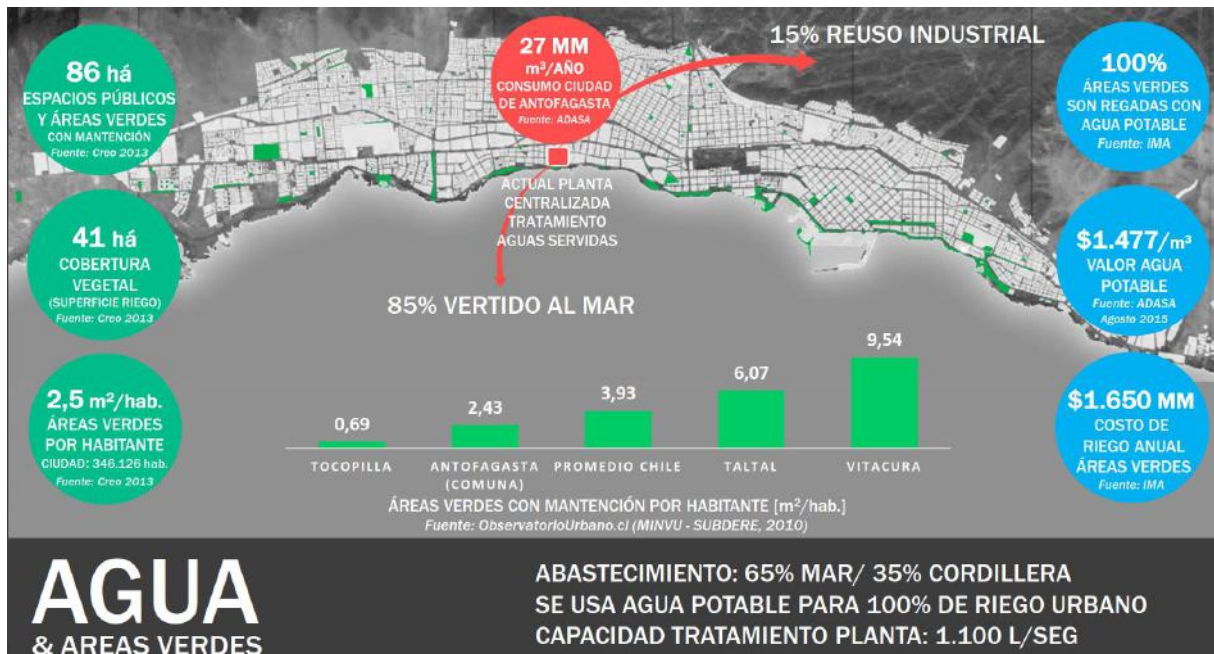
- Vad gäller stadens infrastruktur och stadsbyggnad ansvarar kommunen för stadens utvecklingsplaner. Den regionala regeringen ansvarar för de regionala utvecklingsriktlinjerna. Dessutom finns det en offentlig-privat samverkansorganisation som heter CREO Antofagasta med följande mål: Förbättra livskvaliteten och den fysiska miljön;
- Diversifiera stadens ekonomiska bas;
- Samordna produktion och hamnfunktioner med de urbana funktionerna;
- Tillhandahålla stads- och miljötjänster i världsklass;
- Locka och behålla befolkningen genom att vara en ekonomiskt, socialt och miljömässigt hållbar stad;
- Stöd till excellens inom stadsförvaltning;
- Främja en stad som är socialt integrerad, med lika möjligheter för alla stadens invånare;
- Främja en strategi för hållbar utveckling.

#### 5.1.2 VA och avfall

Aguas de Antofagasta (ADASA) levererar dricksvatten och avloppsreningstjänster till sex kommuner i regionen, inklusive Antofagasta och Calama.

Sedan 2003 tillhandahåller ADASA tjänster åt 162 851 kunder (motsvarande 546 000 invånare) i sex kommuner. Totalt producerar ADASA:s anläggningar 2,11 m<sup>3</sup>/s dricksvatten, varav 30% kommer från avsaltning av havsvatten. ADASA driver avsaltningsanläggningar i Taltal och Antofagasta. Avsaltningsanläggningen i Antofagasta är den största i Latinamerika, med en produktion på 600 liter per sekund.

Vattenanvändning och vattenrening i Antofagasta år 2015 sammanfattas i följande bild:



Figur 5-1 Vattenanvändning och vattenrening i Antofagasta år 2015 (källa: CREO Antofagasta)

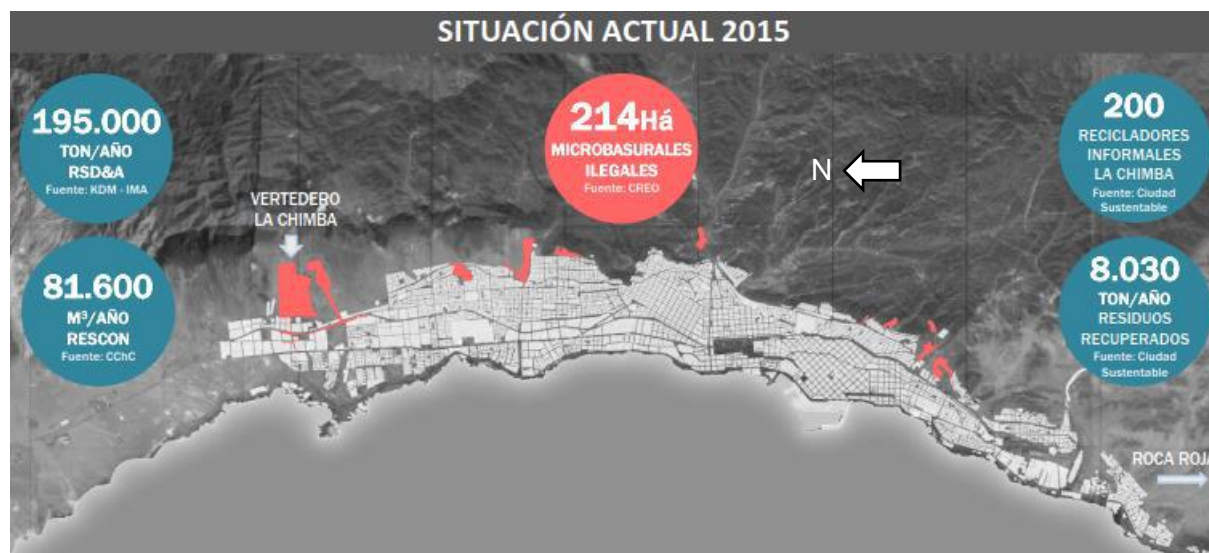
Vattenanvändningen är ca 27 miljoner m<sup>3</sup>/år varav ca 85% släpps ut till havet efter rening. 100% av grönytor i staden bevattnas med dricksvatten. Priset på dricksvatten är ca 20 kr/m<sup>3</sup>.

CREO och kommunen har tagit fram en plan för att återanvända det renade avloppsvattnet i parker samt att utöka de gröna ytorna i staden. Målet är att 100% av de gröna ytorna ska bevattnas med renat avloppsvatten. Priset på det renade avloppsvatten förväntas bli ca 4 kr/m<sup>3</sup>. Observera att det renade avloppsvattnet inte håller dricksvattenkvalitet.



Figur 5-2 Planerad bevattning av gröna ytor 2015–2035. Gröna ytor i röd zon bevattnas med renat avloppsvatten från det centrala avloppsreningsverket. Gröna ytor i blå zon (hög zon) bevattnas med vatten från decentraliserade reningsanläggningar (källa: CREO Antofagasta)

Vad gäller fast avfall finns idag inget övergripande system för källsortering. Det samlas in 195 000 ton avfall/år varav ca 8 000 ton/år återvinns. Det finns en stor kommunal deponi i den nordöstra delen av staden (Vertedero La Chimba).



Figur 5-3 Översikt avfallshantering Antofagasta år 2015 (källa: CREO Antofagasta)

CREO och kommunen tagit fram en plan 2015–2035 för att införa sortering av organiskt avfall. Målet är att högst 50% av avfallet ska deponeras. Organiskt avfall ska behandlas i en ny komposteringsanläggning och kommer att användas som jordförbättringsmedel i stadens parker och grönytor.



Figur 5-4 Förslag avfallshantering Antofagasta år 2015–2035 (källa: CREO Antofagasta)

### 5.1.3 Drivkrafter

Fremsta drivkraften för att införa källsorterande system i Antofagasta är att öka möjligheter för vattenåteranvändning och därmed minska användning av färskvatten.

En annan drivkraft är att underlätta sorteringen av organiskt avfall för att minska mängden avfall som

går till deponi och använda det organiska avfallet för att producera jordförbättringsmedel.

## **5.2 Möjligheter för källsorterande teknik i Antofagasta**

Utifrån förutsättningarna och drivkrafterna som beskrivits ovan anses att följande tekniker, som har vidareutvecklats i samband med MACRO, kan vara intressanta för Antofagasta:

- Framtagning av näringsämnen/gödsel för parker genom indunstning och biokolsfiltrering;
- Matavfallskvarnar med låg vattenanvändning för att underlätta insamling av organiskt avfall;
- Snålspolande eller vakuumtoaletter för att minska vattenanvändning;
- Metoder för att rena BDT-vatten som är robusta och kostnadseffektiva som t ex tagits fram för Munga.

Som nämndes i avsnittet 5.1.2 planeras decentraliserade reningsanläggningar i den höga zonen av staden. På grund av hälsoriskerna kommer det vara intressant att separera BDT- och klosettwater där BDT-water rensas i de planerade decentraliserade reningsanläggningarna och används för bevattning i parker.

## 6 Diskussion och vägen framåt

Från de studiefall vi har analyserat har vi dragit följande slutsatser:

- Det finns en potential för sorterande system i Sverige och även andra världsdelar.
- Behovsbilden ser dock annorlunda ut i städer i Sverige eller Norra Europa jämfört med städer i länderna där det råder vattenbrist. I de sistnämnda fallen är vattenåteranvändning huvudfokus medan det i Norra Europa är viktigare med energiåtervinning och kretslopp av näringsämnen.
- Även om det har funnits en viss teknikutveckling och införande av källsorterande system inom ramen för MACRO-projektet har man bara hunnit fram till driftskede i Munga (Arbetspaket 3). I övriga fall är man på pilot- eller laboratorieskala (t ex näringsladdning av biokol), i planeringsstadiet (t ex Norra Djurgårdstaden) eller i byggskedet (t ex Oceanhamnen). Därför finns det inte så mycket underlag för att utvärdera driftskedet av de tekniker och lösningar som har utvecklats inom ramen för projektet. Det är positivt att det finns en viss erfarenhet av de nya metoderna för sortering av avloppsfraktioner men det behövs erfarenheter från driften av ett större utvecklingsområde under längre tid som underlag för att kunna rekommendera och guida en uppskalning av källsorterande system.
- Det är en fördel om större organisationer vill utveckla eller implementera källsorterande system, åtminstone i en del av deras verksamhetsområde med bra förutsättningar för dessa system. Om större organisationer tar på sig denna roll kan man vinna värdefulla erfarenheter som kan användas av mindre aktörer. Idag kräver en implementering av källsorterande system mycket resurser som de små aktörerna tyvärr inte har.
- I synnerhet behövs vidare arbete med behandlingsmetoder för att rena sorterade avloppsfraktioner, avskilja näringsämnen, och för att rena BDT-vatten. Om man lyckas utveckla och implementera energi- och kostnadseffektiva processer och tekniker för ovan ändamål kan det finnas en stor potential för sorterande avloppssystem i Sverige och andra länder.

MACRO projektet är finansierat av VINNOVA.



MACRO slutrapporteras på en konferens den 27 november 2018, se [www.macrosystem.se](http://www.macrosystem.se) för mer information.

MACROs 18 parter representerar kommuner, branschorganisationer, näringsliv och akademi.

