



# Multikriteriaanalys av scenarier för biologisk behandling av organiskt avfall

Erik Kärrman  
Mikael Asperö Lind

**Rapportnr: 2009:6**  
**2009**

## INNEHÅLL

Sammanfattning.....	3
Förord .....	4
Inledning.....	5
Syfte.....	5
Metod och genomförande .....	5
Scenarier .....	6
Indikatorer .....	7
Resultat.....	7
Diskussion .....	10
Slutsatser .....	13
Referenser.....	13
Bilaga 1. Underlag för multikriteria workshop 20090526 .....	14

## Sammanfattning

I en gemensam strävan att uppnå miljömålen återföring av växtnäring från samhället initierade Käppalaförbundet och SÖRAB år 2008 projektet Biologisk behandling av organiskt matavfall med hjälp av avfallskvarnar (BOA) med syftet att analysera olika scenarier för rötning av matavfall vid Käppalaverket. I denna delrapport presenteras en multikriteriaanalys som jämför 7 scenarier för omhändertagande av matavfall med hjälp av avfallskvarnar med avseende på kriterierna teknik, arbetsmiljö, ekonomi, kvalitet, juridik och acceptans.

Slutsatsen från multikriteriaanalysen är att scenario 3c – insamling i kärl med transport till förbehandling med kvarn vid Hagby och fortsatt transport med bil till en mottagningsstation vid Käppalaverkets rötkammare är mest gynnsamt sett ur ett långsiktigt hållbarhetsperspektiv. Dock är det så att skillnaderna är små mellan alternativen och därför är det olämpligt att på detta stadium avfärda något scenario.

Om man väger in ytterligare aspekter såsom att man skall klara tidsgränserna i miljömålen kan man komma fram till att scenario 3c, eller möjligen scenario 3b, bör användas som ett bassystem så alla boende i SÖRAB-regionen får möjlighet att återvinna sitt matavfall. Scenarierna 1, 2b och 2c kan användas som kompletterande system där det finns vilja och möjlighet, med förbehåll att anslutningsgraden i scenario 1 aldrig blir så hög att det leder till problem med överbelastning på Käppalaverket och att köksavfallskvarnar endast installeras i hushåll där avloppet leds i avloppsledningar med god kondition.

## Förord

Detta är en delrapport från projektet Biologisk behandling av organiskt matavfall med hjälp av avfallskvarnar (BOA) som slutrapporterar utvärderingsgruppens arbete. Projektägare var SÖRAB och Käppalaförbundet. Miljöanslaget vid Stockholms läns landsting har delfinansierat projektet.

Utvärderingen har genomförts av Erik Kärrman och Anna Norström från CIT Urban Water Management AB samt av Mikael Asperö Lind, examensarbetare från KTH.

Följande representanter från beställarna har deltagit i utvärderingsgruppen: Ingrid Olsson, SÖRAB, Charlotta Skoglund SÖRAB/Grontmij, Merja Niemelä och Torsten Palmgren, Käppalaförbundet.

Författarna vill framföra ett varmt tack till medlemmarna i samtliga arbetsgrupper och referensgruppen till BOA-projektet som bidragit med data och lämnat synpunkter på arbetet.

Författarna, Stockholm i juni 2009

## Inledning

Inom ramen för miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö finns två delmål som rör återföring av växtnäring från samhället:

- senast år 2010 skall minst 35 procent av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling. Målet avser källsorterat matavfall till såväl hemkompostering som central behandling,
- senast år 2015 skall minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark

I en gemensam strävan att uppnå dessa mål initierade Käppalaförbundet och SÖRAB år 2008 projektet Biologisk behandling av organiskt matavfall med hjälp av avfallskvarnar (BOA) med syftet att analysera olika scenarier vad gäller rötning av matavfall vid Käppalaverket. I utredningen ingår kriterierna teknik, arbetsmiljö, ekonomi, kvalitet, juridik och acceptans för systemet. I fas 1 som genomförts under år 2008-2009 genomförs denna utredning för att eventuellt utmyнна i en fas 2 år 2010 kan komma att innehålla praktiska försök kopplade till något av de studerade i systemen i scenarierna.

Arbetet har genomförts i fyra arbetsgrupper: Insamling, Transport, Behandling och Produkt med tjänstemän från SÖRAB och Käppalaförbundet samt representanter för respektive kommunalförbunds medlemskommuner. Utöver detta fanns en utvärderingsgrupp vars resultat presenteras i denna rapport och en referensgrupp som följt projektet med representanter från arbetsgrupperna samt Avfall Sverige, Svenskt Vatten och Urban Water.

## Syfte

Syftet med multikriteriaanalysen var att jämföra scenarier för omhändertagande av matavfall med hjälp av avfallskvarnar med avseende på kriterierna teknik, arbetsmiljö, ekonomi, kvalitet, juridik och acceptans

## Metod och genomförande

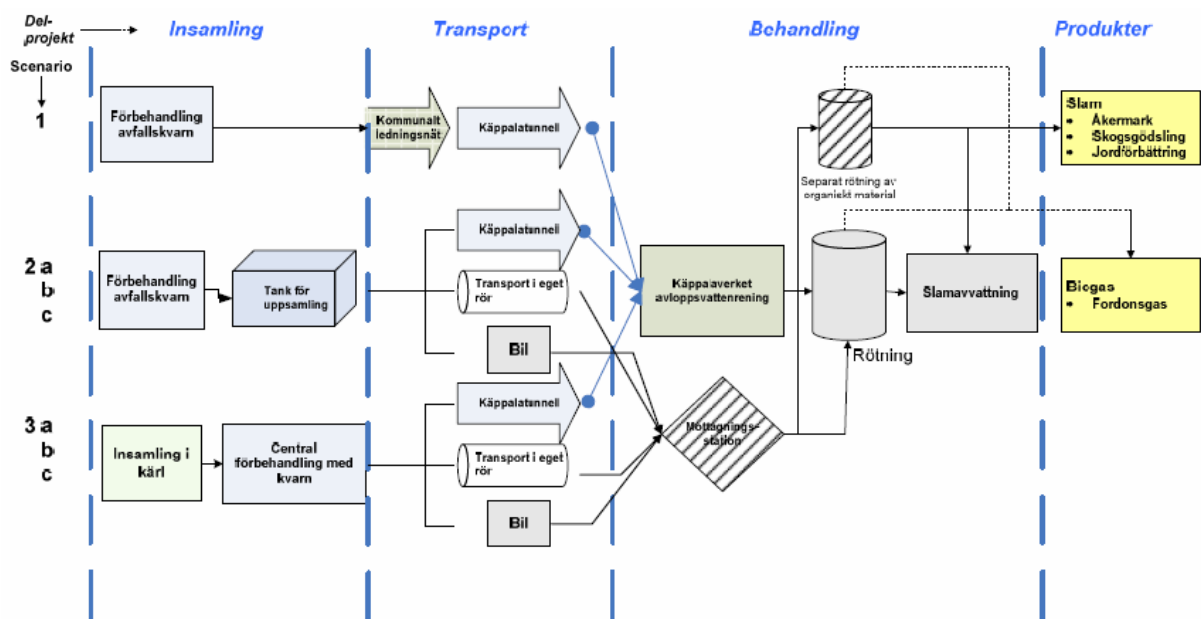
Projektets metod var en multikriteriaanalys som innehöll följande steg

1. **Formulering av indikatorer** som kopplas till kriterierna. Dessa indikatorer identifierades av projektets arbetsgrupper och slutbearbetades av referensgruppen
2. **Kvantifiering och betygsättning av indikatorerna.** Detta gjordes i samarbete mellan examensarbetaren Mikael Asperö Lind och arbetsgrupperna. Underlag till Indikatorer inom områdena miljö, ekonomi och kvalitet beräknades av Mikael Asperö Lind med hjälp av systemanalys (substansflödesanalys, energianalys, riskanalys, livscykelanalys och livscykelkostnad). Denna systemanalys finns rapporterad i en separat examensarbetsrapport (Lind, 2009). För övriga indikatorer gjordes betygsättning av arbetsgrupperna.

- Justering av kvantifiering och betygsättning.** Utvärderingsgruppen träffades vid en workshop den 26 maj 2009 då kvantifieringen/betygsättningen av indikatorerna gick igenom och justerades.
- Viktning.** Utvärderingsgruppen satte vikt faktorer på indikatorerna för att ange deras relativa betydelse. Utgångspunkten för viktningen var ett uthållighetsperspektiv.
- Analys av resultat.** Vid workshopen den 26 maj 2009 gjordes en del reflektioner kring resultatet. Fortsatt analys gjordes av Urban Water

## Scenarier

I projektet användes de scenarierna som formulerats vid den beskrivning av BOA som gjordes före projektets start, se Figur 1.



Figur 1. Flödesschema över scenarierna som utvärderats i BOA projektet.

Scenarierna sorteras i tre huvudgrupper; 1) Avfallsskvarnar i hushållen med transport av det normalda avfallet till spillvattenledning, 2) Avfallsskvarnar i hushållen med ledning till uppsamlingstank, 3) Insamling av källsorterat matavfall via kärl.

Totalt analyserades 7 scenarier för omhändertagande av matavfall som kan beskrivas enligt följande:

- Matavfallet mals ned med en avfallsskvarn som är installerad i hemmet, troligen under diskbänken. Denna är kopplad direkt till avloppsledningsnätet och matavfallet pumpas via käppalatunneln till Käppalaverket.
- Matavfallet mals till en tank som är placerad i eller i anslutning till fastigheten.
  - Tanken töms via biltransport till en anslutningspunkt på käppalatunneln och matavfallet transporteras till Käppalaverket tillsammans med avloppsvattnet.
  - Tanken töms via biltransport till en separat pipeline i tunneln som mynnar ut direkt i Käppalaverkets rötchammare.

- c. Tanken töms och avfallet transporteras med bil till en mottagningsstation i Käppalaverkets rötkammare.
- 3. Insamling av matavfall i kärl, antingen med pappers- eller majsstärkelsepåsar. Avfallet transporteras i en central kvarn vid Hagby.
  - a. Från den centrala kvarnen transporteras matavfallet till en tömningsstation på käppalatunneln varifrån det pumpas till Käppalaverket tillsammans med avloppsvattnet.
  - b. Från den centrala kvarnen transporteras matavfallet via en separat pipeline direkt till Käppalaverkets rötkammare.
  - c. Från den centrala kvarnen transporteras det malda matavfallet med bil till en mottagningsstation vid Käppalaverkets rötkammare.

## Indikatorer

Projektet tar utgångspunkt i 16 indikatorer som koppas till de 7 kriterierna Teknik, Miljö, Arbetsmiljö, Ekonomi, Kvalitet, Juridik och Acceptans (se Figur 2). Dessa indikatorer formulerades i samarbete mellan examensarbetaren Mikael Asperö Lind och arbetsgrupperna, referens- och utvärderingsgruppen.

Teknik	Miljö	Arbetsmiljö	Ekonomi	Kvalitet	Juridik	Acceptans
Driftsäkerhet	Övergödnings-index	Arbetsmiljö	Livscykel-kostnad	Möjlighet att kontrollera matavfallets kvalitet	Tydlighet i ansvars-fördelning	Brukaracceptans för systemet
Energinetto	Tungmetall till recipient			Slamkvalitet (tungmetaller/kg fosfor)		Omgivnings-påverkan
Fordonsgas-produktion	Utsläpp av växthusgaser			Fosfor till produktiv mark		Genomför-andetid
Flexibilitet						

Figur 2. Sammanställning av de 16 indikatorerna sorterade under respektive kriterium

## Resultat

Vid workshopen justerades betygsättningen för ett antal av indikatorerna, se vidare bilaga 1.

Dessutom bestämdes att samtliga indikatorer skulle betygsättas på en skala från 1 - 5 med ett halvt

betygsteg som minsta skalsteg. Samtliga betyg finns sammanställda i Tabell 1. I Tabell 1 redovisas också de vikter som utvärderingsgruppen kom överens om. Man kom fram till att de viktigaste aspekterna är de som kopplar till nationella miljö kvalitetsmålen nämligen Utsläpp av växthusgaser, Energinetto, Fordonsgasproduktion, Fosfor till produktiv mark, Slamkvalitet och Övergödningsindex. Alla dessa indikatorer gavs full vikt (100 %). Full vikt fick även Genomförandetid som gruppen ansåg hade en stark koppling till miljömålen beroende på den betydande miljöpåverkan som pågår fram till dess att systemet är utbyggt och satt i drift.

En indikator med stark koppling till miljömål, tungmetaller till recipient, placerades i gruppen med vikt 75 %. Utvärderingsgruppen menade att denna indikator inte hade samma tydliga koppling till matavfallshantering som de ovan. I gruppen med 75 % vikt placerades även Livscykelkostnad. Detta är en viktig fråga då den har en direkt koppling till avfallstaxan och därmed påverkar alla abonnenter. Omgivningspåverkan och brukaracceptans för hela systemet gavs också 75 % vikt. Dessa indikatorer rymmer viktiga frågor om människors attityder och beteenden, vilket uppfattas som viktiga frågor för systemens hållbarhet. Något mindre viktigt ansågs Flexibilitet, Driftsäkerhet, Arbetsmiljö, Möjlighet att kontrollera matavfallets kvalitet och Tydlighet i ansvarsfördelning. Alla dessa indikatorer fick 50 % vikt. Det är dock viktigt att notera att utvärderingsgruppen ansåg att alla 16 indikatorer var viktiga och detta avspeglar sig i att spridningen på vikt endast är mellan 50 % och 100 %. Mindre viktiga aspekter sorterades bort under processen att välja ut indikatorer.

Tabell 1. Matris med betygsättning av scenarier, viktning och resultat presenterade

Indikatorer	Vikt	Betyg						
		1	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Utsläpp av växthusgaser	100%	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Energinetto	100%	4,0	4,0	5,0	5,0	3,0	4,0	4,0
Fordonsgasproduktion	100%	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0
Fosfor till produktiv mark	100%	4,0	4,0	5,0	5,0	3,5	4,0	4,0
Slamkvalitet	100%	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Övergödningsindex	100%	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0
Genomförandetid	100%	3,0	2,0	1,0	2,0	4,0	3,5	4,0
Livscykelkostnad	75%	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0
Brukaracceptans för hela systemet	75%	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0
Omgivningspåverkan	75%	4,5	3,5	3,5	3,0	3,0	2,5	2,0
Tungmetaller till recipient	75%	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0
Flexibilitet	50%	2,5	2,5	2,0	3,0	3,5	3,0	4,0
Driftsäkerhet	50%	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Arbetsmiljö	50%	4,5	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0
Möjlighet att kontrollera matavfallets kvalitet	50%	1,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
Tydlighet i ansvarsfördelning	50%	4,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Summa utan viktning		49,0	49,0	52,5	54,0	51,5	54,5	55,5
Medelbetyg		3,06	3,06	3,28	3,38	3,22	3,41	3,47
<b>Summering med viktning</b>		<b>39,0</b>	<b>38,3</b>	<b>41,8</b>	<b>42,9</b>	<b>39,5</b>	<b>42,6</b>	<b>43,3</b>

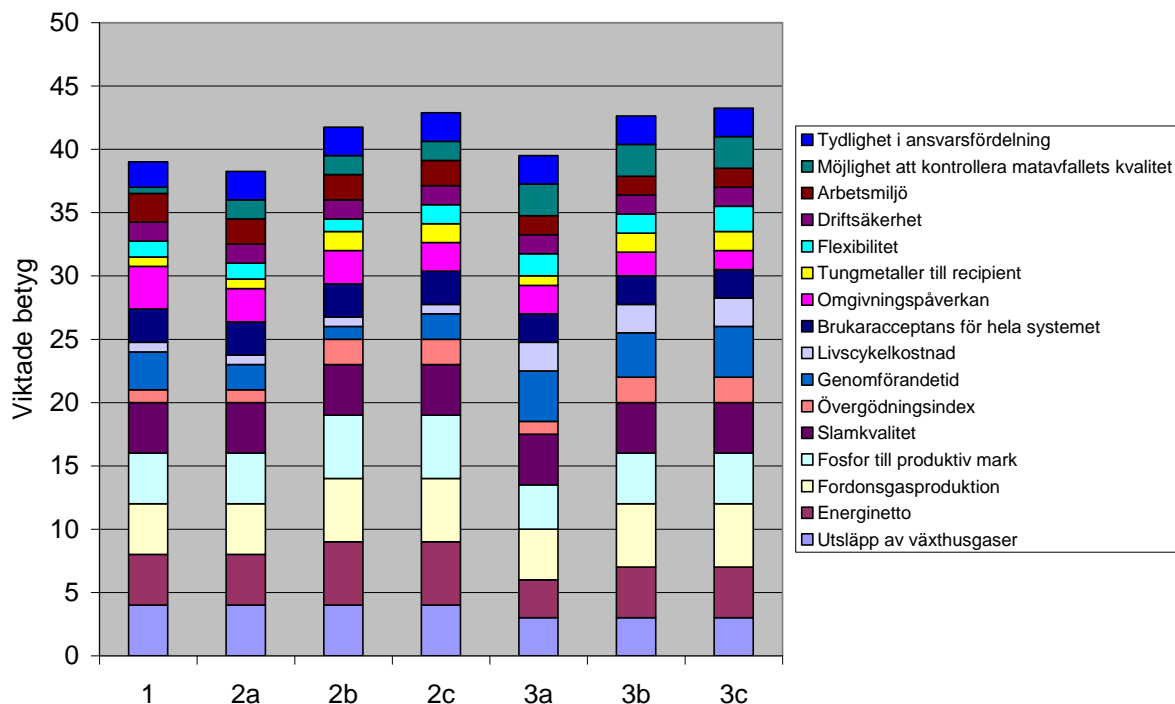


I tabell 1 redovisas slutresultatet i form av summering med viktning som alltså är slutresultatet av multikriterianalysen med viktning. I tabell 2 har en ranking gjorts av scenarierna som visar att scenario 3c faller ut som det mest gynnsammaste följt av 2c, 3b, 2b, 1 och 2a. Avstånden mellan de fyra fördelaktigaste scenarierna är mycket små. I en jämförelse med resultaten utan viktning, se Tabell 1 och 2, blev rankingen nästan lika. Scenario 3b och 2c bytte plats och scenario 1 och 2a hamnar på samma poäng. I övrigt ser rankingen lika ut.

Tabell 2. Ranking av scenarierna med och utan viktning

Ranking	Viktat betygspoäng	Medelbetyg, ej viktat
1	3c (43,3)	3c (3,47)
2	2c (42,9)	3b (3,41)
3	3b (42,6)	2c (3,38)
4	2b (41,8)	2b (3,28)
5	3a (39,5)	3a (3,22)
6	1 (39,0)	1 och 2a (3,06)
7	2a (38,3)	

Om man vill fördjupa analysen av resultatet av de viktade betygen kan man studera betydelsen av indikator för indikator i Figur 3. Om man börjar med de högst viktade indikatorerna som finns i "botten" av stapeldiagrammet framgår att scenario 2b och 2c är de klart mest gynnsamma scenarierna om man endast tittar sammantaget på Utsläpp av växthusgaser, Energinetto, Fordonsgasproduktion, Slamkvalitet och Övergödningsindex. Scenarierna 3b och 3c kommer sedan "ikapp" när man fortsätter uppåt i diagrammet och även beaktar Genomförandetid och Livscykelkostnad. Fortsätter man att titta vidare uppåt i diagrammet ser man att övriga indikatorer slår lite åt olika håll men slutresultatet blir likvärdigt om man räknar med alla indikatorerna jämfört med om man bara räknar med de 8 första indikatorerna från botten av diagrammet och uppåt.



Figur 3. Viktad poängsumma med bidragen från samtliga indikatorer presenterade

## Diskussion

### Scenarierna och resultatet

Från resultaten av systemanalysen samt den efterföljande multikriterieanalysen med viktning visar det sig att scenario 3c med kärllinsamling till förbehandling och sedan transport till rötchammare med bil, är det bäst lämpade med avseende på de valda indikatorerna. En viktig sak är dock att de samlade betygen för alla scenarierna ligger väldigt nära varandra vilket betyder att det egentligen inte finns något scenario i denna systemanalys som helt kan förkastas.

Scenario 1 med avfallskvarn direkt till avloppet ger visserligen lägre fordonsgasproduktion, ett högre utsläpp av tungmetaller och närsalter till recipient och saknar dessutom de kontrollmöjligheter som de andra scenarierna har. Men som ett kompletterande system med ett lägre antal hushåll anslutna blir effekten av ökade utsläpp marginell.

Scenarierna med avfallskvarn till tank har en mycket hög systemkostnad per ton TS in, men det hindrar inte att de också kan vara tänkbara som komplement till kärllinsamling. Scenarierna 2b och 2c ger dessutom de bästa energinettona, detta för att det sker lite förluster av matavfallet i transporten och för att de är relativt energisnåla jämfört med 3-scenarierna. Investeringskostnaden för avfallskvarn till tank är det som måste ses som mest ofördelaktiga vad gäller detta scenario, fast sker det i samband med nybyggnation av ett bostadshus är det inte omöjligt att det vägs upp av den höga bekvämligheten för brukaren.

Scenario 3a är det scenario som anses kan ge störst belastning på reningsverket, något som inte belyses i denna systemanalys men som har framkommit i behandlingsgruppens rapport. Dessutom kan det anses märkligt att bygga ett system där matavfallsströmmen först går separat från avloppsvattnet för att sedan blandas med den samma. Detta har nackdelen att man inte har kvar möjligheten till separat rötning vilket är någonting som kan bli aktuellt med frågor om tungmetaller och miljögifter till produktiv mark.

Scenario 3b med kärllinsamling till separat pipeline är ett scenario som får 3:e högsta betyg och det enda som egentligen talar mot det är genomförandetiden för byggnationerna. Investeringskostnaden kan också ses som ett hinder men som man kan se i resultatet för livscykelkostnadsindikatorn ger inte denna ett så pass stort utslag på grund av den långa ekonomiska livslängden. Eftersom kostnadsunderlaget och genomförandetiden är baserad på en förstudie respektive en kvalitativ bedömning borde detta scenario därför inte helt avskrivas utan förtjänar en djupare utredning.

Scenario 3c är som redan nämnt det scenario med högst poäng men är trots det det scenario som leder till mest utsläpp av fossila växthusgaser. Detta scenario får sitt höga betyg bland annat på grund av en bra fordonsgasproduktion och därmed ett högt energinetto, låg genomförandetid och bra kontrollmöjligheter.

### ***Annorlunda viktning***

I kommentarerna till resultaten ovan framgick att scenarierna 2b, 2c, 3b och 3c är de mest gynnsamma. Vad som också framgår är att scenarierna 2b och 2c - avfallskvarn i hushållen till tank – har sin styrka i låg miljöpåverkan, medan scenarierna 3b och 3c (kärllinsamling) har sin styrka i Genomförandetid och Livscykelkostnad. Om man ökar den relativa vikten för ”miljömålsrelaterade” indikatorer jämfört med andra indikatorer skulle 2c kunna få högst ranking, medan 3c skulle falla ut ännu bättre om viktningfaktorerna för Genomförandetid och Livscykelkostnad ökade. Skulle det då finnas någon möjlighet att något av scenarierna 1, 2a eller 3a skulle kunna bli högst rankat om man viktat annorlunda? Scenario 1 skulle kunna rankas högst om man satte särskilt hög vikt på Arbetsmiljö och Omgivningspåverkan som är de två indikatorer där detta scenario har sin styrka jämfört med övriga scenarier. Scenarierna 2a och 3a har inga styrkor bland indikatorerna som gör att de exklusivt skiljer ut sig från övriga scenarier. Inget av dessa scenarier skulle kunna få högst ranking genom en annorlunda viktning.

### ***Mixade alternativ***

I jämförelsen i denna rapport förutsätts fullt utbyggda renodlade system. I verkligheten kan det bli aktuellt med fler än ett system som tillämpas sida vid sida. Ur denna aspekt är systemet som förutsätts i scenario 1 - avfallskvarnar direkt kopplade till avloppssystemet ett gynnsamt alternativ eftersom det enkelt kan kombineras med andra alternativ. Om detta system införs i måttlig skala behövs inga nya investeringar göras i nya systemkomponenter (utöver själva kvarnen) och man behöver inte ta hänsyn till om systemen införs koncentrerat eller utspritt i kommunerna eftersom ingen insamling av matavfall med bil behöver göras. Ett förbehåll bör dock göras för att avloppsledningssystemet är i god kondition där avfallskvarnar installeras. Mer detaljer om detta beskrivs i transportgruppens delrapport. Alternativen 2a och 2c (avfallskvarn till tank) är också relativt enkla att driva i mindre skala givet att man inför systemet i tillräckligt många hushåll i ett och

samma område så att transporterna blir effektiva. Övriga system innehåller stora nyinvesteringar (pipeline, central kvarn, ny rötchammare etc) och de måste då införas i stor skala för att de skall fungera effektivt. En annan sida av saken är att det kan uppstå problem vid för storskaligt införande av ett system. Behandlingsgruppen lyfter i sin rapport fram att det kommer att uppstå problem vid ett alltför storskaligt införande av 3a. De problem som kan uppstå är problem med självrensning i tunnelsystemet, för stor COD-belastning på Käppalaverket med risk för ökande utsläpp av COD till vatten samt ökad slamproduktion.

## ***Genomförandetid***

I multikriteriaanalysen bedöms scenarier för hantering av matavfall på mycket lång sikt och de tidsgränser som miljömålen anger tas inte hänsyn till. Om man istället skulle låta tidsramarna i miljömålen vara absoluta skulle flera av scenarierna inte vara aktuella. Scenarierna 1 skulle behöva en längre tid på sig för att komma upp i en skala så att man uppfyller målet om 35 % biologisk behandling av matavfall. Det skulle också behövas styrmedel för att överhuvudtaget nå upp till dessa nivåer. Ännu svårare är det för scenarierna 2a, 2b och 2c där det förutom att en kvarn skall installeras i hushållen även en uppsamlingstank skall anläggas. Detta kommer att bli mycket svårt att införa i stora delar av den befintliga bebyggelsen. Lättast att införa är kärllinsamlingssystemen 3b och 3c (3a kan också vara aktuellt dock kan belastningen på Käppalaverket bli ogynnsamt hög). Något av dessa scenarier skulle lämpa sig som basystem i stor skala och sida vid sida med detta skulle tekniken från scenario 1, 2b och 2c kunna tillämpas i mindre skala. På detta sätt skulle målet med 35 % behandling av organiskt avfall kunna uppfyllas inom en rimlig tidsrymd.

## ***Fortsatt arbete***

Under projektet gång har det uppkommit en del frågetecken som inte har kunnat besvaras och i stället har antaganden fått göras. Ett sådant frågetecken är vad som händer med matavfallet när det transporteras i avloppssystemet, vilket inte bara är intressant ur fordonsgassynpunkt utan även för avloppsreningsverkens kväverening, om man som Käppalaverket tillämpar fördenitrifikation. Då multikriterieanalysen främst pekar mot scenarier där matavfallet inte transporteras denna väg kan nog detta vara lågt prioriterat för BOA-projektets medlemmar, men frågan kommer säkert att kunna dyka upp igen om intresset för avfallskvarnar i hushållen blir större än vad som förutsetts, och också i andra kommuners utredningar i hur de ska ställa sig i frågan om avfallskvarnar.

En relaterad fråga till detta är också hur matavfallets kemiska egenskaper förändras vid lagring. I 3-scenarierna med kärllinsamling kan det ta upp till två veckor innan matavfallet transporteras till förbehandlingsanläggningen och därför är frågan huruvida fordonsgaspotentialen minskar under denna tid intressant.

I 3-scenarierna står kärllinsamlingen med sopbil för den större delen av dessa scenariers växthusgasutsläpp. Även om dessa utsläpp är relativt små om man jämför med de totala utsläppen från varje privatperson i Sverige finns det här gott om utrymme för förbättring om man bytte ut dieseln mot bränslen från förnybara källor som till exempel fordonsgas eller elektricitet genererad från svensk elproduktionsmix. Denna lösning skulle även kunna ge minskningar av utsläppen i 2-scenarierna där en viss fordonstransport sker, dock skulle utsläppet bli mycket mindre.

Också relaterat till utsläpp av växthusgaser är läckage av metan från biogasproduktionen och vid uppgraderingen till fordonsgas. I denna studie har ett medelvärde på 1 procent metanläckage antagits i enlighet med RVF (2005). En ordentlig undersökning och uppföljning med åtgärder för att tätare läckage vid Käppalaverkets fordonsgasproduktion skulle kunna minska detta utsläpp vilket inte bara leder till att minska klimatpåverkan utan även ger mer tillgänglig fordonsgas.

I denna multikriteriaanalys värderas slamkvaliteten helt beroende på tungmetallinnehållet. Det fanns i projektets början även en ambition att bedöma innehållet av organiska miljögifter i slammet men på grund av bristande information samt den mycket breda definitionen av begreppet "organiska miljögifter" kunde detta inte genomföras. Utvalda organiska miljögifter bör kvantifieras i slam och i matavfall. Detta kan leda till nya insikter i om matavfallet bör eller inte bör samrötas med avloppsslam.

## Slutsatser

Slutsatsen från multikriteriaanalysen är att scenario 3c – insamling i kärl med transport till förbehandling med kvarn vid Hagby och fortsatt transport med bil till en mottagningsstation vid Käppalaverkets rötkammare är mest gynnsamt sett ur ett långsiktigt hållbarhetsperspektiv. Dock är det så att skillnaderna är små mellan alternativen och där för är det olämpligt att på detta stadium avfärda något scenario.

Om man väger in ytterligare aspekter såsom att man skall klara tidsgränserna i miljömålen kan man komma fram till att scenario 3c, eller möjligen scenario 3b, bör användas som ett bassystem så alla boende i SÖRAB-regionen får möjlighet att återvinna sitt matavfall. Scenarierna 1, 2b och 2c kan användas som kompletterande system där det finns vilja och möjlighet, med förbehåll att anslutningsgraden i scenario 1 aldrig blir så hög att det leder till problem med överbelastning på Käppalaverket och att köksavfallskvarnar endast installeras i hushåll där avloppet leds i avloppsledning med god kondition.

## Referenser

Lind, M. (2009). Biologisk behandling av matavfall med avfallskvarn – en systemanalys. Examensarbete vid Industriell ekologi, KTH

RVF (2005). Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas. RVF Utveckling 2005:07, Avfall Sverige

SÖRAB och Käppala (2009). Delprojekt behandling, BOA-projektet

SÖRAB och Käppala (2009). Delprojekt insamling, BOA-projektet

SÖRAB och Käppala (2009). Delprojekt produkter, BOA-projektet

SÖRAB och Käppala (2009). Delprojekt transport, BOA-projektet

# Bilaga 1. Underlag för multikriteria workshop 20090526

## *Driftsäkerhet*

Denna indikator visar hur pass driftsäkert varje scenario väntas vara. Här har, för varje scenario, olika möjliga orsaker till driftstopp summerats och viktats beroende på hur stor risken att de sker är.

1 = Låg säkerhet 5 = Hög säkerhet	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Betyg	3	3	3	3	3	3	3

- Summering av vad de olika grupperna satt för värden.

Några exempel på gruppernas kommentarer:

### **Insamlingsgruppen:**

- Stopp i KAK: "Varje gång du använder kvarnen kan det bli ett problem. (Kvarn går ca 5 h/år används 2-3 ggr/dag). Konsekvensen är inte så farlig för problemen är oftast inte så svåra att åtgärda och avfallet kan läggas i den brännbara fraktionen."
- Stopp i förbehandling: "Stor konsekvens för systemet. Back upp mellanlagring alt. Förbränning (Balning?)"
- Stopp i fastighetsnät: "Hur sannolikt det är beror på dimensionen och kvalitén på ledningarna i den enskilda fastigheten. Konsekvensen blir allvarlig då det även blir stopp för avlopp- och BDT-vattnet."

### **Transportgruppen**

- Stopp i ledningsnät pga. Matavfall: "Inga rapporterade problem i Surahammar."
- Stopp i separat pipeline: "Konsekvensen blir bräddning till Käppalatunneln."
- Fordonsproblem: "Bilproblem kan snabbt åtgärdas."

### **Behandlingsgruppen**

- Stopp vid mottagningsstation: "Måste finnas redundans i systemet och buffertvolym. Om det finns redundans minskas sannolikheten och konsekvensen"
- Stopp vid inloppet till Käppala: "Om det beror på tillfällig överbelastning kan läget hanteras med extra personalinsats"

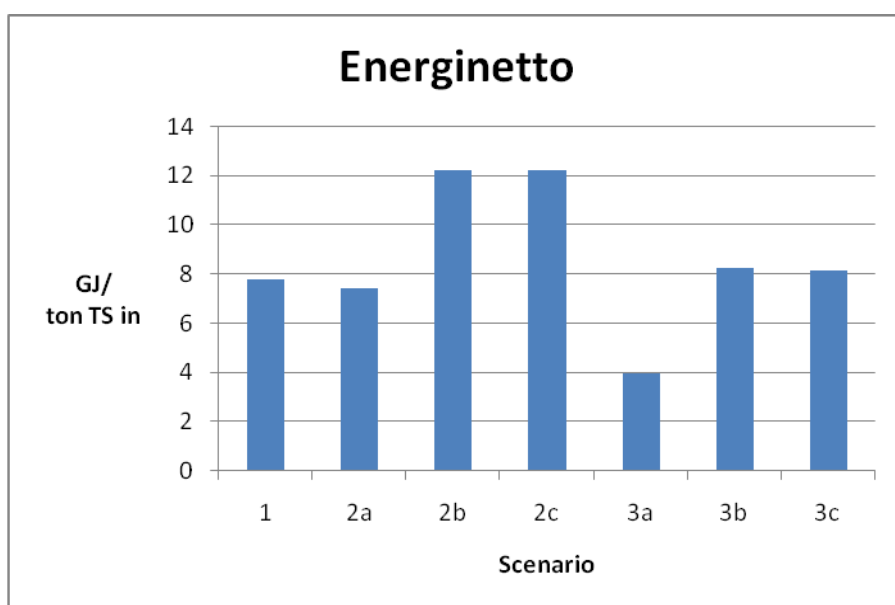
### **Energinetto**

Denna indikator visar nettovinsten av energi som görs i varje scenario. Det är alltså energin från den producerade fordonsgasen minus den energin som stoppats in.

Samtliga scenarier ger ett plus, dvs utvunnen energi är högre än förbrukad. Betygen blir 5 för scenario 2b och 2c som har den högsta energieffektiviteten, betyg 4 för scenario 1, 2a, 3b och 3c och slutligen betyg 3 för scenario 3a. I scenario 3a blir det alltså en förbättring jämfört med idag men energieffektiviteten är inte så god jämfört med övriga scenarier.

*Vad kan man tänka på vid viktning?*

I scenarierna utvinns 4 – 12 GJ/ton TS in eller mellan 32 MJ (9 kWh) per person och år 100 MJ (28 kWh) per år. Den totala energianvändningen per capita i Sverige år 2007 var 70000 kWh. Energinettot i scenarierna motsvarar mellan 0,1 och 0,4 promille.



	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
GJ/ton TS	8	~8	12	12	4	8	8
Betyg	4	4	5	5	3	4	4

Kommentarer till beräkningarna:

- Största energianvändningen kommer från förbehandlingsanläggning, behandling i Käppala och från biltransporter.
- Scenarierna 2b och 2c har minst förluster av matavfall till fordonsgasproduktion. Scenarierna 3b och 3c har också små förluster men stor energianvändning vid insamling och förbehandling.

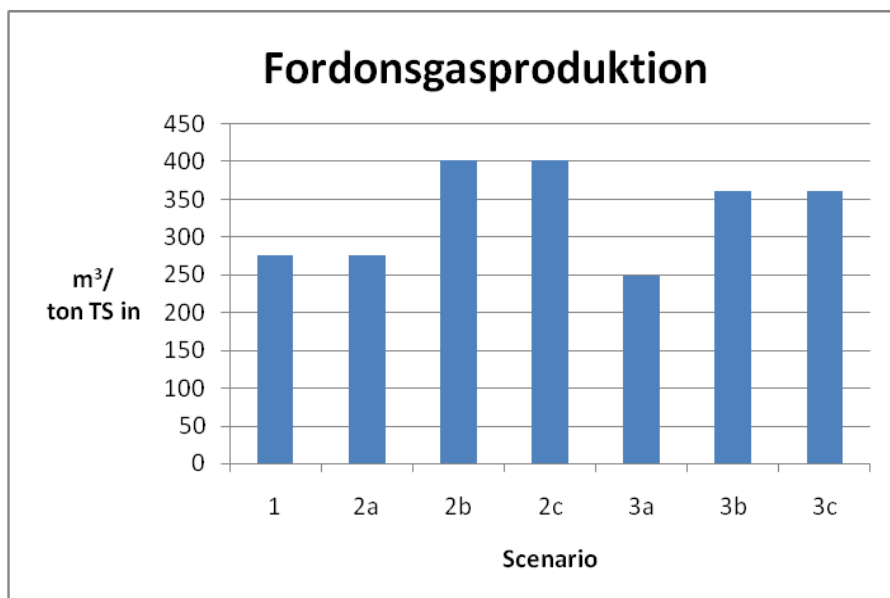
## Fordonsgasproduktion

Denna indikator visar den producerade fordonsgasen per ton TS man stoppar in i varje scenario. Med fordonsgas menas här gas med 98 % metaninnehåll.

Samtliga scenarier innebär en klar förbättring jämfört med idag då ingen fordonsgasproduktion sker från matavfall. Scenarierna 2b, 2c, 3b och 3c får betyget 5 och scenarierna 1, 2a och 3a får betyget 4.

*Vad kan man tänka på vid viktning?*

I scenarierna utvinns 250 – 400 m<sup>3</sup> fordonsgas/ton TS in eller 20 – 32 kWh fordonsbränsle per person och år. Energianvändningen för transporter i Sverige var 130 TWh per år (2007 års statistik) eller 14500 kWh per capita. Tillförseln per capita från matavfallet motsvarar således mellan 1,4 promille och 2,2 promille av användningen för transporter per capita.



	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
M <sup>3</sup> /ton TS	276	276	403	403	249	362	362
Betyg	4	4	5	5	4	5	5

Kommentarer till beräkningarna:

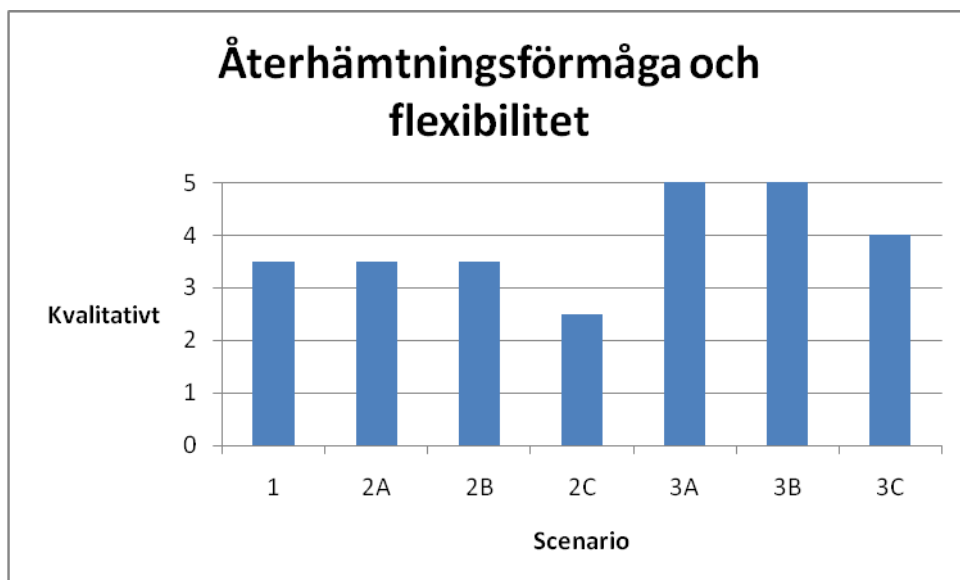
- 10 % förlust av TS i avloppsledning, Scenarierna 1, 2a och 3a.
- 10 % förlust av hela avfallsströmmen vid silning vid Käppala, Scenarierna 1, 2a och 3a.
- ~15% förlust av TS i Käppala, Scenarierna 1, 2a och 3a.



- 10 % förlust av hela avfallsströmmen i förbehandling, Scenarierna 3x.

## Flexibilitet

Denna indikator visar hur flexibelt varje scenario är för oväntade störningar och driftstopp.



1 = Låg flexibilitet 5 = Hög flexibilitet	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Betyg	2,5	2,5	2	3	3,5	3	4

## Insamlingsgruppen

### Robusthet /Flexibilitet

	Robusthet	Kommentar
Scenario 1	2	Ett inbyggt system, svårare att förändra
Scenario 2	2	Ett inbyggt system med hög investeringskostnad, svårare att förändra
Scenario 3	5	Flexibelt system, lätt byta ut kärl mot ny alt. nytt insamlingsystem

## Transportgruppen

<b>Robusthet/Flexibilitet</b>	
	Stor, inarbetad serviceorganisation inom
1	5 VA
2a	5
2b	5
2c	3 Biltransporter ej lika flexibla
3a	5
3b	5
3c	3

### **Övergödningsindex**

Miljömålet "Ingen övergödning" indikeras med ett övergödningsindex som summerar utsläpp av fosfor, kväve och COD till vatten som fosfatekvivalenter. Viktningsfaktorerna är  $P = 3.06$ ,  $N = 0.42$  och  $COD = 0,022$ .

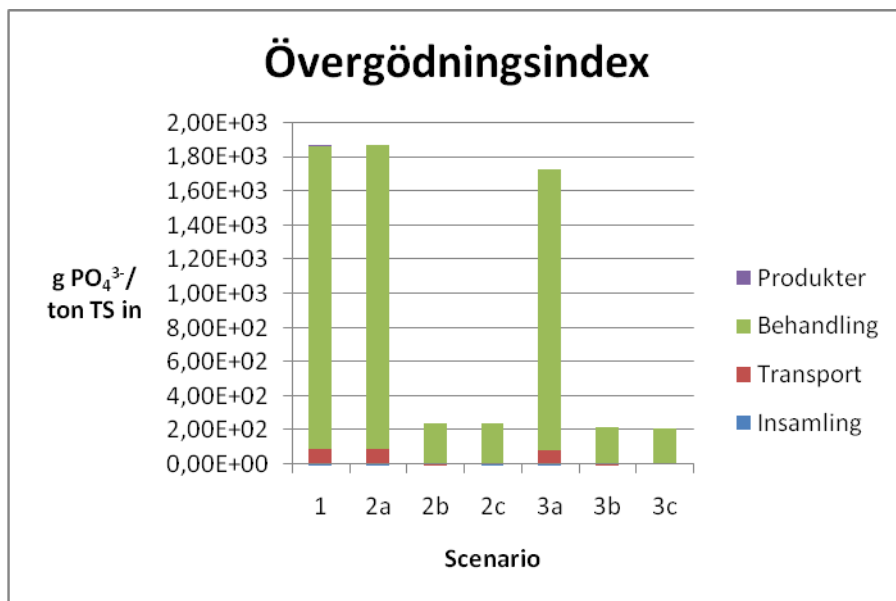
Samtliga alternativ innebär ett tillskott av övergödande ämnen till vatten och får därför betyget 1.

*Vad kan man tänka på vid viktning?*

Fram till år 2010 skall de svenska vattenburna utsläppen av fosforföreningar från mänsklig verksamhet till sjöar, vattendrag och kustvatten ha minskat med minst 20 % samt utsläppen av kväve från mänsklig verksamhet till haven söder om Ålands hav med minst 30 % från 1995 års nivå.

Miljömålsrådet bedömer att delmålet kan nås till år 2010 om fler åtgärder sätts in men scenarierna pekar alltså åt ökade utsläpp av övergödande ämnen. Utsläppen är ca 160 g per ton TS in eller 1.3 g fosfor per person och år. Detta kan jämföras med fosforutsläppen per capita i Sverige som är 450 g per person och år. Tillskottet är alltså i storleksordningen 3 promille jämfört med dagens utsläpp. Motsvarande värden för kväve är 15 kg per person och år i Sverige. Scenarierna bidrar med ca 28 g person år (scenario 2b och 2c) vilket motsvarar ca 2 promille av de årliga utsläppen.

En annan jämförelse är utsläppen från avloppsreningsverk. Käppalaverkets utsläpp är 510 g fosfatekvivalenter per personekvivalent och år. Tillskottet från scenarierna är 14-16 g fosfatekvivalenter per person och år eller ca 3 % jämfört med de specifika utsläppen från Käppalaverket.



	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
g PO4 <sup>3-</sup> / ton TS	1 870	1 870	238	237	1 731	215	213
Betyg	1	1	2	2	1	2	2

Kommentarer till beräkningarna:

- Liten del av utsläppen kommer från produktion av energi.
- I Käppalaverket antas att COD förbrukas i de biologiska stegen.
- NO<sub>x</sub>-utsläpp från fordonstransport har inte tagits med.

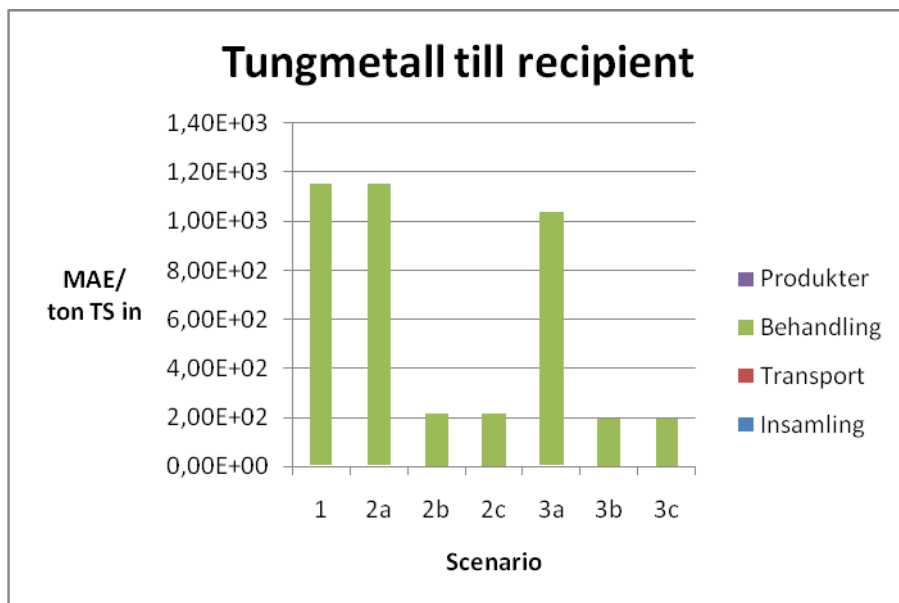
### ***Tungmetall till recipient***

Denna indikator visar utsläppen av tungmetaller från matavfallet till vattenrecipient. För att ge en samlad bedömning har de sju metallerna som beräkningarna gjorts på (kadmium, krom, bly, koppar, kvicksilver, nickel och zink) räknats om till ett giftighetsmått; Marine Aquatic Ecotoxicity (MAE).

Samtliga alternativ innebär ett tillskott av ekotoxiska ämnen till vatten och får därför betyget 1.

*Vad kan man tänka på vid viktning?*

Ingen bra statistik finns tillgänglig vad gäller Sveriges totala utsläpp av tungmetaller till vatten. En jämförelse är dock utsläppen från avloppsreningsverk. Käppalaverkets utsläpp är 2700 kg MAE per personekvivalent och år. Tillskottet från scenarierna är 8- 11 kg MAE per person och år eller ca 3 – 4 promille jämfört med de specifika utsläppen från Käppalaverket.



	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
kg MAE/ton TS in	1153	1 153	217	217	1 037	194	194
Betyg	1	1	2	2	1	2	2

### Utsläpp av växthusgaser

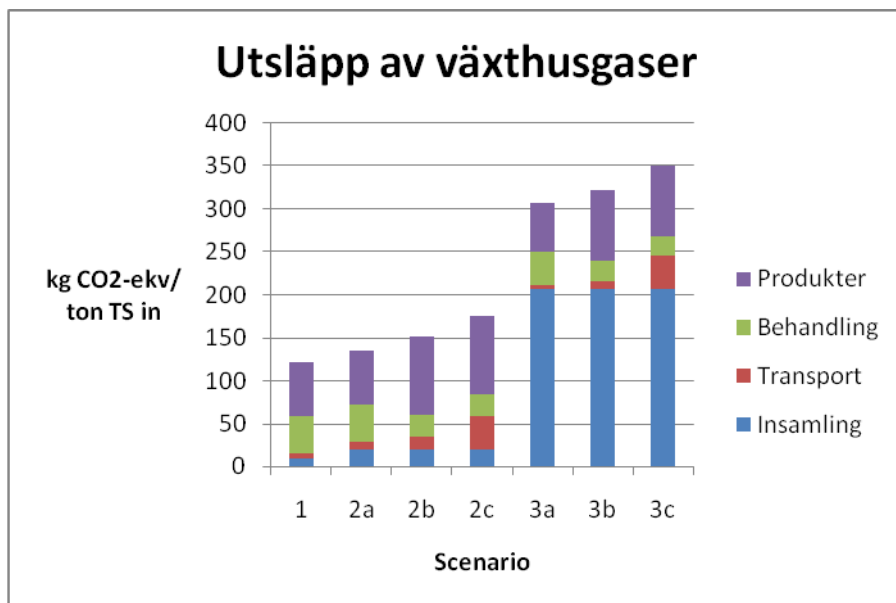
Miljömålet "Bara begränsad klimatpåverkan" indikeras genom beräkning av kg koldioxidekvivalenter per ton TS in i varje scenario. Utsläppen är i form av CO<sub>2</sub> från förbränning av fossila bränslen vid transporter (diesel antaget som bränsle). Dessutom ingår metan- och lustgasutsläpp utsläpp från behandlingen av matavfall.

I jämförelse med dagens insamling och behandling av hushållsavfall beräknas alternativen 1, 2a, 2b och 2 c innebära en minskning av växthusgasutsläppen vilket ger dessa alternativ betyget 4 medan alternativen 3a, 3 b och 3c innebär ungefär lika som idag b och får betyget 3.

*Vad kan man tänka på vid viktning?*

Miljömålsrådet gör prognosen att Sveriges utsläpp år 2010 kommer att ha minskat med minst 4 procent räknat från 1990 års nivå vilket betyder att delmålet kan nås utan ytterligare åtgärder. Bedömningen är också att Sveriges åtagande enligt Kyotoprotokollet, där även vissa utsläpp och upptag från markanvändning ingår, kommer att nås med god marginal.

I jämförelse mellan alternativen kan man finna att de beräknade utsläppen blir 120 – 350 kg CO<sub>2</sub>-ekv per ton TS. Då ett ton TS motsvarar 123 personer kan utsläppen beräknas som mellan 1,0 kg och 2,8 kg per person och år. Utsläppen på koldioxidekvivalenter är 7200 kg per år (2006 års statistik). Matavfallsscenarierna bidrar alltså med 0.1 – 0.4 promille.



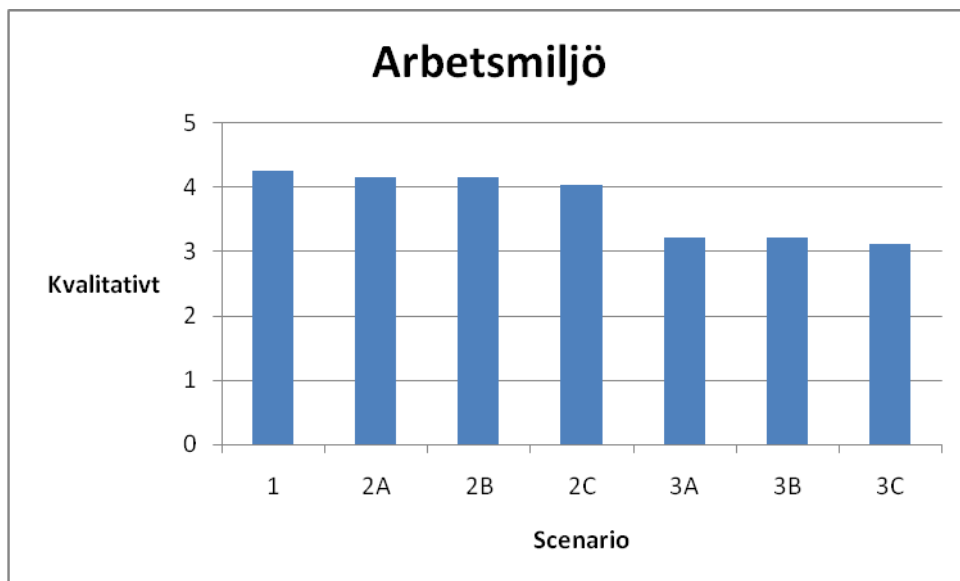
	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
kg CO2-ekv/ ton TS	122	146	162	177	307	322	351
Betyg	4	4	4	4	3	3	3

Kommentarer till beräkningarna:

- Största utsläppen kommer från metangasläckage, förbehandling och biltransporter.
- Andra utsläpp är från övrig energianvändning.

### **Arbetsmiljö**

Denna indikator visar hur bra arbetsmiljöförhållandena förväntas bli för varje scenario. Flera olika kriterier som till exempel smittorisk, tunga lyft, olycksrisk och lukt har aggregerats samman till ett betyg. Insamlingsgruppens bedömningar har här fått vikten 4, transportgruppen vikten 2 och behandlingsgruppen vikten 1.



1 = Låg säkerhet 5 = Hög säkerhet	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Gruppernas betyg summerat	4,5	4,0	4,0	4,0	3,0	3,0	3,0

Några exempel på gruppernas kommentarer:

#### **Insamlingsgruppen:**

- Tunga lyft vid KAK-system: "Kvarnsystem ger en bättre arbetsmiljö än kärphantering för insamlingspersonalen."
- Mikrobiell påverkan vid tanksystem: " De allmänna bakterieanalyser som genomfördes visade inte på någon tillväxt av mikroorganismer under lagringen och ingen generering av besvärande lukt kunde spåras till lagertanken."
- Kärldsystem: " Erfarenheter visar att kärl för matavfall från verksamheter riskerar att bli tunga och förvaring av matavfall i kärl kan också medföra arbetsmiljömässiga olägenheter i form av lukt och sporbildning. Den mikrobiologiska arbetsmiljön är ungefär densamma vid separat insamling av matavfall som vid insamling av en traditionell brännbar fraktion."

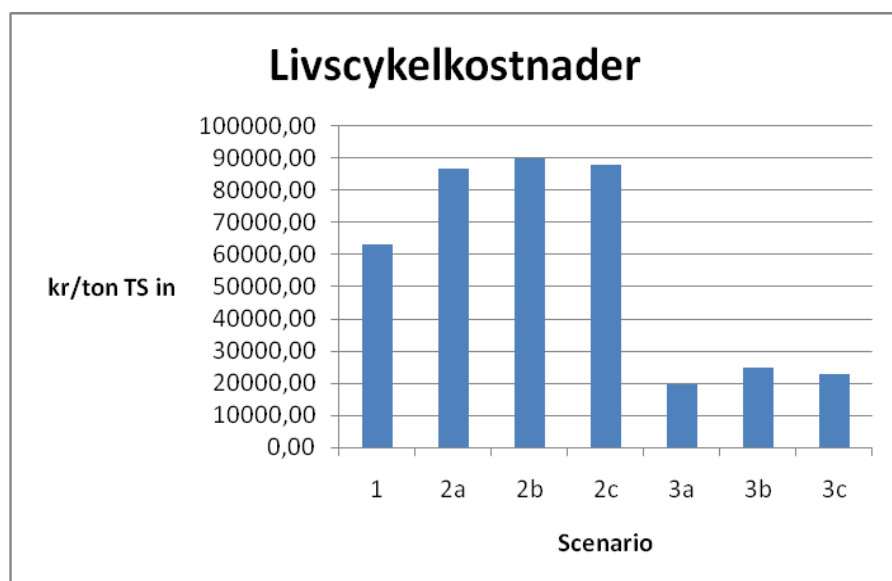
#### **Transportgruppen**

- Förgiftningsrisk vid pipeline och avlopp: "Svavelväteförgiftning kan leda till dödsfall men är inte så sannolikt."
- Smittorisk: " Smittorisk vid tömning och tvätt av pumpbilar"

## Livscykelkostnad

Denna indikator mäter den totala systemkostnaden för varje scenario. Här förutsätts fullt utbyggda system i varje scenario och ingen hänsyn tas till vem som står för kostnaden.

Enligt Avfall Sveriges statistik 2008 betalar ett villahushåll i snitt 1940 kr per år i avfallsavgift. Kostnaderna för scenarierna är mellan 330 kr per hushåll och år (scenario 3a) och 1530 kr per hushåll och år. Scenarierna 3a, 3b och 3c ligger sannolikt inom ramen för dagens avgiftsnivåer vilket ger betyg 3 medan scenarierna 1, 2a, 2b och 2c medför väsentliga kostandsökningar och ger betyg 1.



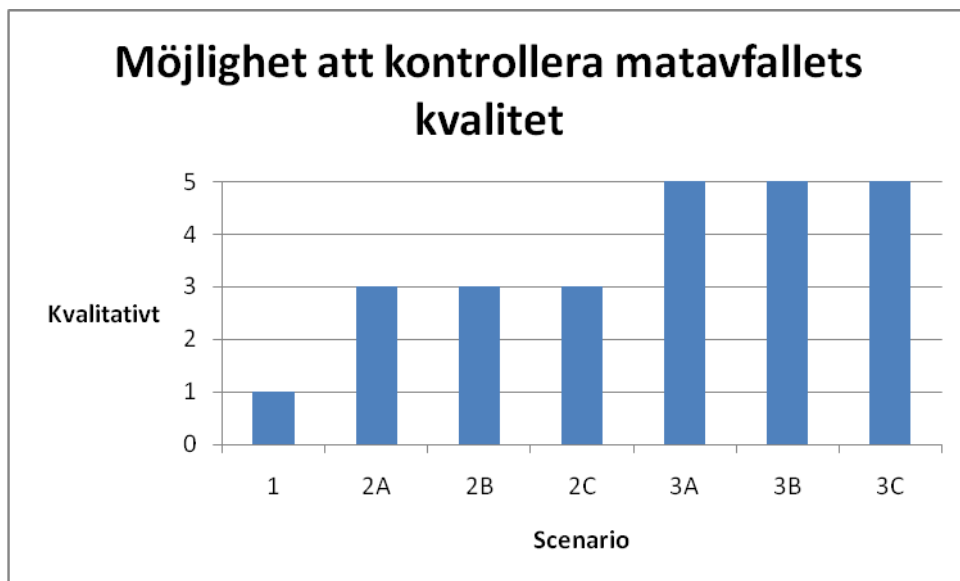
	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
kr/ton TS in	63 299	86 738	89 903	87 819	19 523	24 899	22 627
Betyg	1	1	1	1	3	3	3

Kommentar till beräkningarna:

- Har antagit att fordon inte behöver köpas in. Kostnader för insamling och transport av matavfall har tagits från vad Sollentuna betalar entreprenörer.

## Möjlighet att kontrollera matavfallets kvalitet

Denna indikator visar hur stora möjligheter för kvalitetskontroll av matavfallet de olika scenarierna har. Med kvalitet menas i det här fallet matavfallets innehåll av till exempel plast, fimpar, läkemedel, och annat som inte borde finnas med.



1 = Få möjligheter 5 = Stora möjligheter	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Gruppens värdering	2	3	3	3	4	4	4

### Insamlingsgruppens motiveringar

- Scenario 1: "Ingen möjlighet till kontroll av utsorterat material, typ eller mängd."
- 2-scenarierna: "Möjlighet till kemisk analys vid källan av utsorterat material, verksamheter, men även flerbostadshus ex BO01"
- 3-scenarierna: "Möjlighet till plockanalys och att avvisa dålig kvalitet från systemet, kvalitetsuppföljning. Lokal plockanalys i soprum möjlig- med återkoppling till hushåll och aktuell BRF."

### **Slamkvalitet**

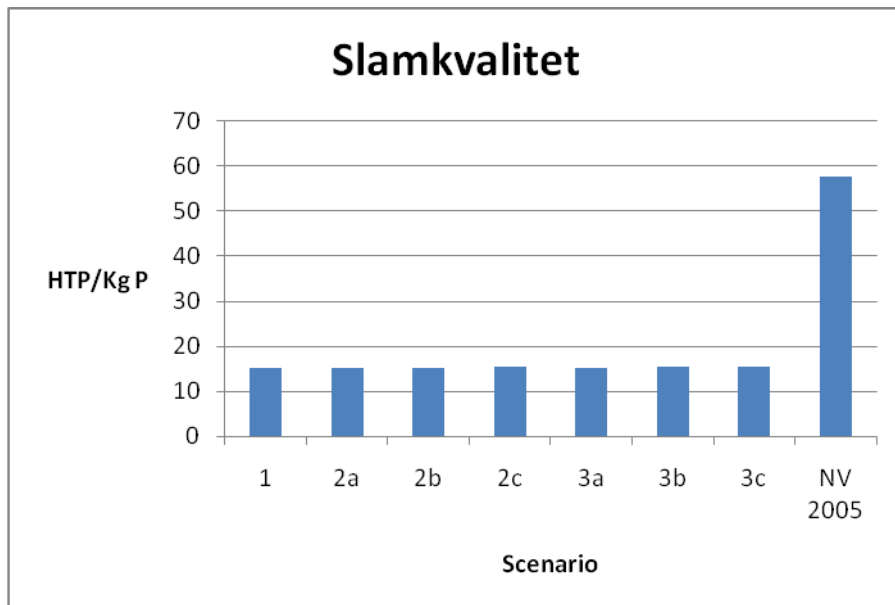
Indikatorn visar produktens (rötresten eller slammets) potentiella humantoxicitetspåverkan beroende på tungmetallinnehållet i förhållande till fosforinnehållet. I grafen nedan visas även Naturvårdsverkets gränsvärden år 2005 omräknat till HTP.

Tungmetallinnehållet i separat rötat matavfall innehåller inget tillskott (eller mycket litet tillskott) av tungmetaller från andra källor än matavfallet i sig självt. Slam från samrötning innebär tillskott av tungmetaller från andra källor som t ex dagvatten och spillvatten. Av denna anledning får separat rötning av matavfall i alternativ 2b, 2c, 3b och 3c betyget 3 ur tungmetallperspektiv (förutsatt separat rötning) och alternativen 1, 2a och 3a får betyget 1.



Vad kan man tänka på vid viktning?

Omräknat till humantoxicitetsindex hamnar alternativen på mellan 8 HTP/kg P för separat rötning 15 för samrötning. Detta kan ställas mot Naturvårdsverkets gränsvärde för spridning av slam på jordbruksmark som med samma index hamnar på 58. I samtliga scenarier hamnar produkterna således långt under gränsvärdet.

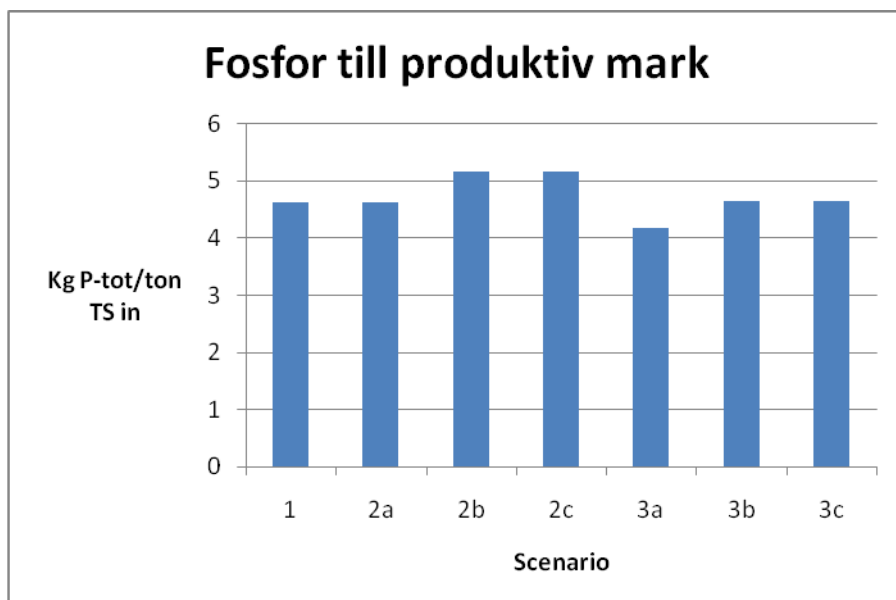


Scenario	HTP/kg P	Betyg
1	15	4
2a	15	4
2b	15	4
2c	15	4
3a	15	4
3b	15	4
3c	15	4
Naturvårdsverkets gränsvärden 2005	57,63	

## Fosfor till produktiv mark

Denna indikator visar hur mycket fosfor som Kn återvinns via rötrest eller slam per ton TS som stoppas in i varje scenario.

Samtliga scenarier innebär en mycket hög potentiell återvinning av fosfor.



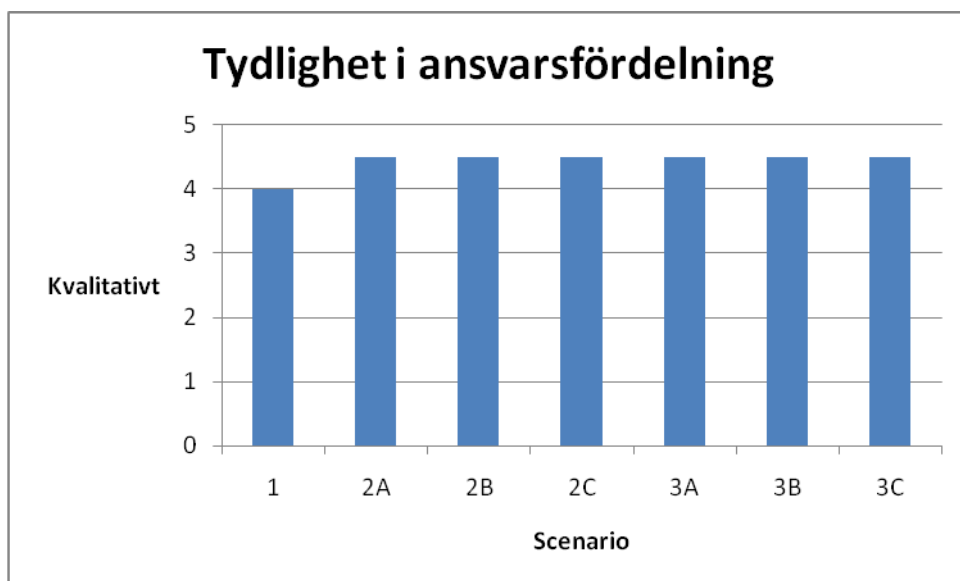
	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Kg P-tot/ ton TS in	4,64	4,64	5,16	5,16	4,17	4,64	4,64
Betyg	4	4	5	5	3,5	4	4

Kommentar till beräkningarna

- Det skiljer sig inte så mycket mellan scenarierna och det främst skälet är den bra fosforavskiljningen i Käppalaverket (~97% till slam).

## Tydlighet i ansvarsfördelning

Denna indikator visar om det finns några otydligheter i ansvarsfördelningen, främst mellan VA- och avfallsorganisationerna.



1 = Liten tydlighet 5 = Stor tydlighet	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Gruppernas värderingar summerat	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

### Insamlingsgruppen

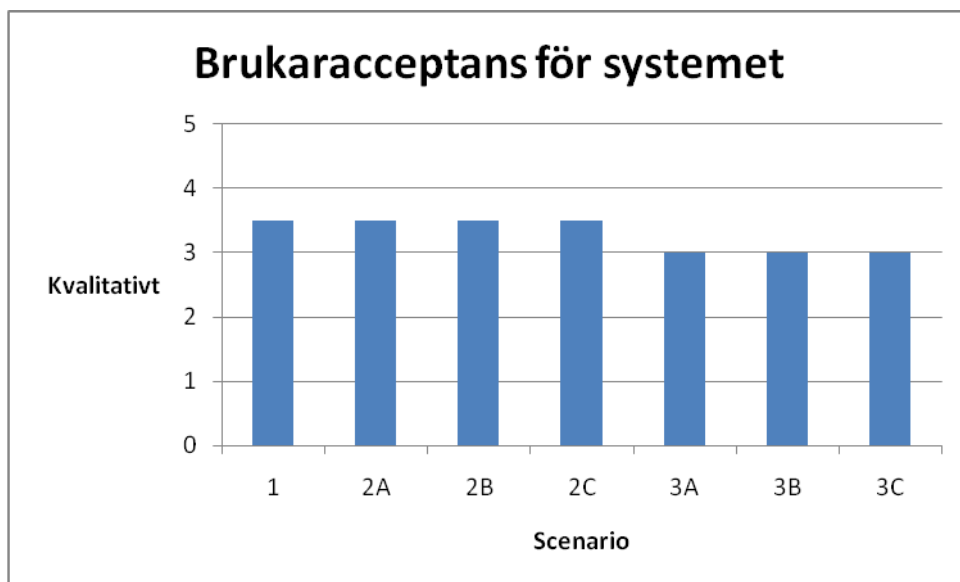
Insamlingsgruppen ser inga otydligheter i ansvarsfördelningen. "Fastighetsägaransvaret ska regleras i renhållningsordningen."

### Transportgruppen

Transportgruppen ser stor otydlighet i ansvarsfördelningen i de scenarier där matavfallet går med avloppsnätet. "Vem äger avfallet och vems ansvar är det när matavfall går genom avloppsledningarna?"

## Brukaracceptans för hela systemet

Denna indikator visar hur hög acceptansen för de olika scenarierna kommer vara, sett ur ett brukarperspektiv. Här har flera olika kriterier så som lukt, bekvämlighet, upplevd miljönytta och pedagogik bedömts och aggregerats till ett betyg.



1 = Dålig acceptans 5 = Bra acceptans	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Betyg	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0

## Insamlingsgruppen

Insamlingsgruppen har värderat scenarierna med en mängd olika kriterier som sedan summerats ihop:

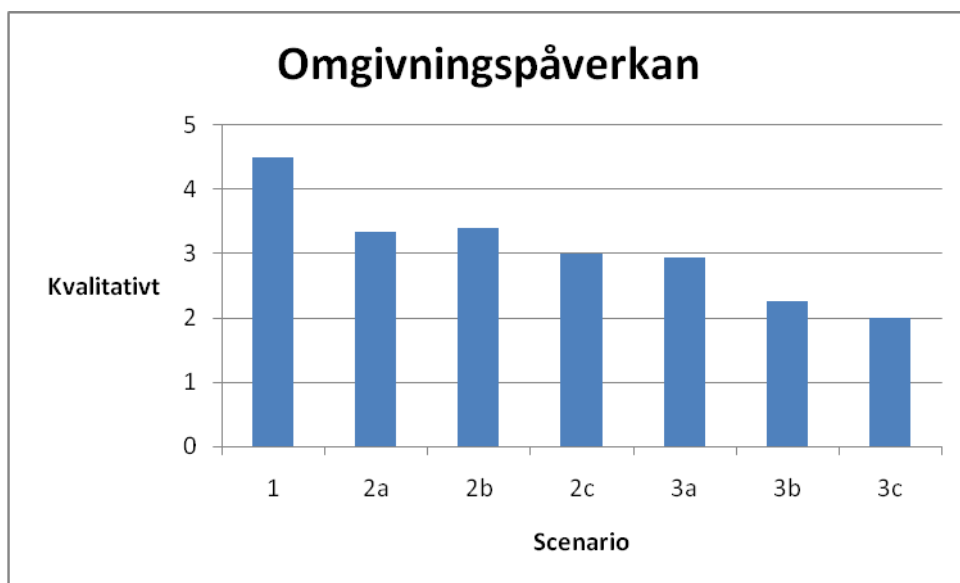
	Föreskrifter	Taxa	Infostrategi	Bekvämlighet	Pedagogik	Miljö
Scenario 1	3	5	3	4	1	4
Scenario 2	3	4	4	5	3	5
Scenario 3	3	5	2	2	5	3

## Transportgruppen

Transportgruppen har bedömt att scenarierna med biltransporter är de som kan ge upphov till irritation för brukarna, sett ur transportsynpunkt.

## Omgivningspåverkan

Denna indikator mäter hur stora negativa påverkningar som de olika scenarierna skulle kunna ha på omgivningen, alltså de som inte är direkt inblandade i systemet. I omgivningspåverkan ingår lukt, buller och transporter. Ju högre värdering grupperna har satt desto mindre negativ påverkan.



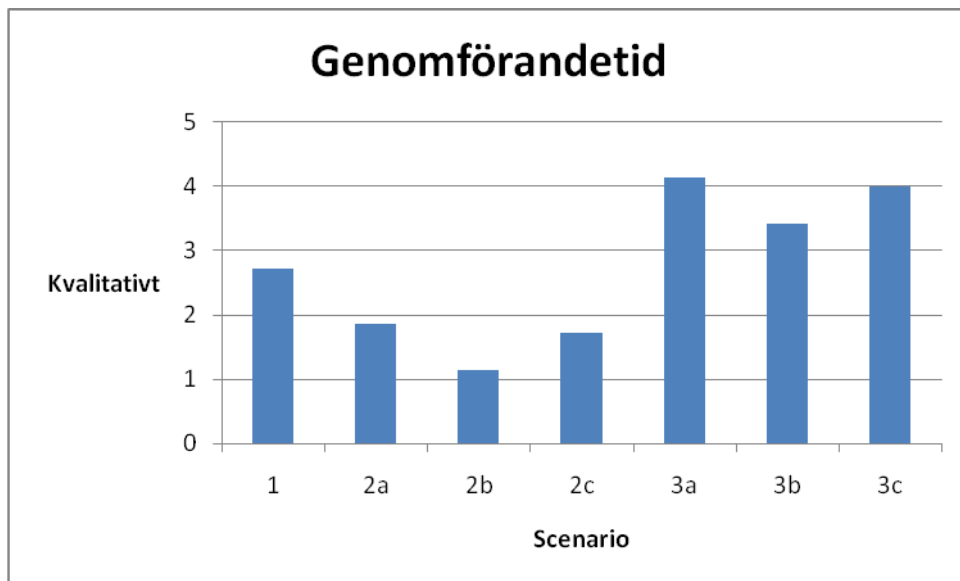
	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Gruppernas värdering	4,5	3,5	3,5	3,0	3,0	2,5	2,0

Kommentarer till beräkningarna:

- Scenarierna med flera biltransporter och scenarierna med förbehandlingsanläggning bedöms som de med störst negativ påverkan på omgivningen.
- Scenario 1 anses ha väldigt låg negativ påverkan på omgivningen, de enda störningar som skulle kunna uppstå är vid Käppalaverket om en hög anslutningsgrad av köksavfallskvarnar nås.

## Genomförandetid

Denna indikator visar på hur snabbt varje scenario skulle kunna driftsättas. Observera att det är tiden för fullt utbyggda system som antagits. Ju högre värde desto snabbare kan scenariot gå i drift.



	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C
Gruppernas samlade betyg	3,0	2,0	1,0	2,0	4,0	3,5	4,0

Kommentarer till beräkningarna:

- Betygen är en sammanräkning av Insamlingsgruppens, (vikt 4) transportgruppen (vikt 2) och behandlingsgruppens (vikt 1) betygsättning.