

Analyse af indsamlings- systemer til madaffald

Rapport

28. AUGUST 2020

Indhold

1	Baggrund	4
1.1	Formål	4
1.2	Tre valgte modeller	4
1.2.1	Afgrænsning	5
2	Analysemetode	6
3	Beskrivelse af de fire oplande	6
3.1	Organisatoriske forhold	7
3.2	Antal indbyggere og boligtyper	7
3.3	Mængder, potentialer og indsamlingseffektiviteter	8
3.4	Nuværende indsamlingsordninger	9
3.4.1	Aarhus	10
3.4.2	Reno Djurs	12
3.4.3	Renosyd	13
3.4.4	Favrskov Forsyning	14
4	Scenarier	15
4.1	Fælles forudsætninger	16
5	Scenarie 1: Enzymbehandling	17
5.1	Beskrivelse af teknologi og erfaringer	17
5.1.1	Beskrivelse af værdikæden	18
5.2	Beskrivelse af Scenarie 1: Enzymbehandling	20
5.2.1	Omlastning og transport	21
5.3	Beregning af enzymbehandlingsscenarierne 1A og 1B	21
5.3.1	Mængder	21
5.3.2	Genanvendelsesmuligheder	23
5.3.3	Miljø	24
5.3.4	Klima	25
5.3.5	Økonomi	26
5.3.6	Opmærksomhedspunkter i værdikæden	27
5.3.7	Service for borgerne	27
5.4	Opsamling enzymbehandlingsscenarie	28
6	Scenarie 2: Posesortering	29
6.1	Beskrivelse af teknologi og erfaringer	30
6.1.1	Beskrivelse af værdikæden	31

6.2	Beskrivelse af Scenarie 2: Posesortering	33
6.2.1	Omlastning og transport	34
6.3	Beregning af posesorteringsscenarierne 2A-2E	34
6.3.1	Mængder	34
6.3.2	Genanvendelsesmuligheder	35
6.3.3	Økonomi	36
6.3.4	Opmærksomhedspunkter i værdikæden	38
6.3.5	Service for borgerne	38
6.4	Opsamling posesorteringsscenarie	39
7	Scenarie 3: Indsamling af madaffald i 2-kammerbeholder	40
7.1	Beskrivelse af teknologi og erfaringer	40
7.1.1	Beholdere	41
7.1.2	Biler og tømning	42
7.1.3	Beskrivelse af værdikæden	44
7.2	Beskrivelse af scenarie 3 for indsamling af madaffald i 2-kammerbeholder	45
7.2.1	Omlastning og transport	46
7.3	Beregning af 2-kammerbeholderscenarierne 3A-3E	48
7.3.1	Mængder	48
7.3.2	Genanvendelsesmuligheder	48
7.3.3	Økonomi	49
7.3.4	Opmærksomhedspunkter i værdikæden	50
7.3.5	Service for borgerne	51
7.4	Opsamling 2-kammerbeholderscenarie	52
8	Fællesvurderinger for scenarie 2 og 3	53
8.1	Forbehandling af madaffald med henblik på biogasproduktion	53
8.2	Biogasproduktion	54
8.3	Miljø	56
8.4	Klima	57
9	Samarbejdsmodeller og -muligheder	58
10	Sammenstilling og vurdering	64
11	Litteraturliste	71
Appendix 1: Bruttoliste over forudsætninger		

1 Baggrund

På grundlag af EU's Affaldsdirektiv fra 2018, artikel 22, forventes det, at der vil blive stillet krav til kommunerne om særskilt indsamling og behandling af madaffald senest ved udgangen af 2023. Artikel 22 tilskynder endvidere medlemsstaterne til, at madaffaldet komposteres og bioforgasses med et højt niveau af miljøbeskyttelse og høj kvalitet af outputtet. Endvidere tilskyndes til hjemmekompostering.

Hjemmekompostering af madaffald omfatter ofte også haveaffaldet af hensyn til nedbrydningsprocessen. Komposten kan i et vist omfang erstatte borgernes brug af spagnum og handelsgødning i haven. Komposteres mad- og haveaffaldet på centrale anlæg, foregår komposteringen mere optimalt, bl.a. opnås en begrænsning af diffuse emissioner af drivhusgasser (metan og lattergas) og komposten vil være ukrudtsfri gennem en kontrolleret komposteringsproces. Livscyklusanalyser viser dog generelt, at madaffald, der anvendes til biogas, er bedre end central kompostering¹, da energien i madaffaldet udnyttes og emissionerne af drivhusgasser reduceres, samtidig med at næringsstofferne kan genanvendes som gødning på markerne.

Indtil videre er det uvist, hvorledes EU-direktivets bestemmelser vil blive gennemført i dansk ret, idet der bl.a. kan søges om visse undtagelsesbestemmelser, og der nationalt kan stilles forskellige krav til f.eks. indsamlings- og behandlingsmetode.

Miljøstyrelsen har siden 2018 arbejdet med såkaldte branchefælles standarder for sorteringskriterier og indsamlingsordninger med det formål at gøre affaldsordningerne i kommunerne mere ensartede.

Den 16. juni 2020 blev der indgået en politisk aftale mellem regeringen og Venstre, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet om "Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi". I aftalen står bl.a., at kommunerne skal indsamle 10 affaldsfraktioner, herunder madaffald, husstandsnaert. Kravet gælder fra 1. juli 2021 (tekstiler dog fra 2022). Den politiske aftale skal herefter udmøntes i en national affaldsplan og tilhørende lovgivning, der nærmere vil fastlægge rammer og krav.

Valg af løsning i de enkelte kommuner skal træffes i god tid, inden en indsamlingsordning kan iværksættes, så der kan udarbejdes de nødvendige udbud for bl.a. beholdere, indsamling og behandling af madaffaldet.

1.1 Formål

Formålet med projektet er at få belyst, hvorledes indsamling og behandling af madaffald mest fordelagtigt kan foregå, når der skal tages hensyn til de forskellige boligtyper, der findes. Der findes i selskabernes geografier en række forskellige områdetyper, som hver giver deres udfordringer: Fra store sommerhusområder i Reno Djurs, over parcelhusområder i alle geografier og til Midtbyen i Aarhus.

1.2 Tre valgte modeller

Renosyd, Reno Djurs, Favrskov Forsyning og AffaldVarme Aarhus (AVA), der samlet dækker seks kommuner, har derfor indgået et samarbejde om nærværende analyse og sammenligning af miljøforhold, service for borgerne og økonomi ved tre modeller til indsamling og behandling af madaffald. Analysen belyser endvidere muligheder for mellemkommunalt samarbejde ved de tre modeller. Følgende tre overordnede modeller er valgt til analyse:

1. Indsamling af restaffald uden kildesortering af madaffaldet med efterfølgende sortering gennem enzymbehandling og afsætning af biopulp til biogasanlæg.

Det er valgt at analysere denne løsning nærmere, da den indebærer store fordele ved, at borgerne ikke skal kildesortere affaldet, det nuværende indsamlingssystem kan bibeholdes, fejlsorteringer og procestab begrænses, og de potentielle mængder til bioforgasning er større. Imidlertid er der også en

¹ Morten Carlsbæk, præsentation ved DAKOFA konference den 19. juni 2018 om øget sortering af madaffald.³

række tunge udfordringer ved løsningen, der vurderes nærmere.

2. Indsamling af restaffald og kildesorteret madaffald i to forskelligt farvede poser, der lægges i samme beholder og efterfølgende sorteres centralt på posesorteringsanlæg. Madaffaldet sendes til forbehandling ved pulpning og videre til biogasanlæg.

Det er valgt at analysere denne løsning nærmere, da den indebærer den store fordel, at indsamlingssystemet kan bibeholdes stort set uændret, og at borgerne ikke skal have en ekstra beholder. Det kan bl.a. være en stor fordel i sommerhusområder samt i midtbyer, hvor pladsen er trang, og hvor indsamlingssystemet, som i Aarhus, er baseret på nedgravede beholdere, der er dyre at opdele. Samtidig er der ved indsamlingen ikke det kapacitetstab, der opstår i 2-delte beholdere og 2-delte indsamlingsbiler. Også dette system har en række udfordringer, der vurderes nærmere.

3. Indsamling af restaffald og kildesorteret madaffald i dobbeltbeholder med efterfølgende pulpning og bioforgasning.

Det er valgt at analysere denne løsning nærmere, da denne i dag er udbredt i mange kommuner og har vist sig at kunne fungere i praksis. Selve behandlingen er den samme som ved model 2, hvor poserne sorteres på et centralt posesorteringsanlæg. Fordelen ved løsningen er, at der ikke skal etableres et nyt posesorteringsanlæg med investerings- og driftsomkostninger. Ulemperne er bl.a., at der skal investeres i dobbeltkammerbeholdere og nye særskilte beholdere til madaffald ved flerfamilieboliger. Endvidere er der et kapacitetstab i beholderne, idet kammeret til madaffald ikke er fyldt, når beholderen skal tømmes, ligesom indsamlingsbilens kapacitet også reduceres.

I alle tre modeller er der taget udgangspunkt i afsætning af det forbehandlede madaffald til biogasanlæg, der kan opgradere gassen, så det kan sendes i naturgasnettet og anvendes til transportformål. Den afgassede pulp anvendes om muligt ved udspreddning på landbrugsjord, hvor næringsstofferne kan genanvendes. Det vurderes, at denne slutbehandlingsform som alternativ til forbrænding med energiudnyttelse er den mest miljømæssigt fordelagtige blandt de løsninger, der i dag er praktisk og teknologisk tilgængelige og i tråd med de politiske målsætninger om øget genanvendelse af affaldsressourcerne.

1.2.1 Afgrænsning

Central milekompostering er praktisk og teknologisk muligt, og næringsstofferne kan også genanvendes ved denne behandlingsløsning. Imidlertid er der ved denne løsning ingen energiudnyttelse, og der er en emission af drivhusgasser, der samlet gør løsningen uhensigtsmæssig for opnåelse af klimamål. Derfor er denne løsning ikke nærmere analyseret.

Hjemmekompostering af den vegetabiliske del af madaffaldet er også en mulighed, hvor næringsstoffer potentielt kan genanvendes. Imidlertid kan løsningen kun anvendes på ca. 20 % af madaffaldet, og kun hvor borgerne reelt har praktiske muligheder for at hjemmekompostere. Samtidig er der også ved hjemmekompostering en diffus emission af drivhusgasser og ingen energiudnyttelse. Løsningen vil næppe heller stå som eneste mulighed ved en kommende lovgivning om separat indsamling af madaffaldet. Derfor er denne løsning ikke nærmere analyseret.

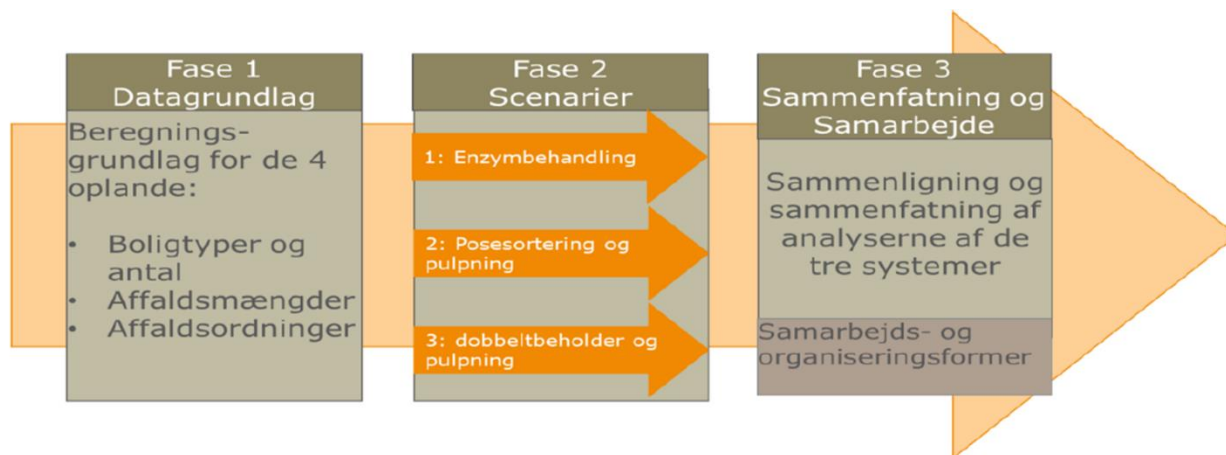
En løsning, hvor madaffaldet afsættes til renseanlæg, er ikke medtaget, dels fordi udrådningstanke på renseanlæg har et mindre biogasudbytte end afsætning til biogasanlæg, og dels fordi madaffaldet blandes med spildevandsslam. En opblanding kan gøre en genanvendelse af næringsstoffer til jordbrugsformål usikker, da nogle kommuner, f.eks. Aalborg Kommune, ikke tillader udspreddning af spildevandsslam på markerne.

En løsning, hvor restaffaldet behandles i et Ecogi-anlæg, er heller ikke medtaget, da anlægget i dag ikke behandler restaffald, og der mangler derfor viden og data om, hvorvidt en sådan løsning vil være mulig.

2 Analysemetode

Analysen er gennemført som angivet på nedstående Figur 2.1 på baggrund af eksisterende viden, litteraturstudier samt data fra de enkelte selskaber.

Figur 2.1 Analysemetode



I fase 1 er der blevet etableret et beregningsgrundlag for de fire oplande som de fire selskaber repræsenterer, hvor data for bl.a. boligtyper, affaldsmængder og -ordninger er blevet indhentet. Disse data har dannet grundlag for de efterfølgende scenarieberegninger.

Fase 2 har omfattet beregninger af tre overordnede scenarier for hhv. et enzymbehandlingsanlæg, et posesorteringsanlæg samt etablering af en ny indsamlingsordning for madaffald i 2-kammerbeholdere.

Endelig er der i fase 3 gennemført en beskrivelse og vurdering af muligheder for samarbejde og organiseringsformer ift. de forskellige scenarieløsninger.

3 Beskrivelse af de fire oplande

De fire oplande omfatter kommunerne Syddjurs, Norddjurs inkl. Anholt, Odder inkl. Tunø, Skanderborg samt Aarhus. De fire selskabers oplande ses på kort 1 med orange markering.

Kort 1. Oversigt over de fire oplande



Som det ses af kortet omfatter de fire oplande tilsammen et sammenhængende område mod øst i Region Midtjylland. Området udgør ca. 3.140 km² ud af regionens 13.053 km² (24 %) og huser 560.000 indbyggere (43 %) af regionens 1,3 mio. indbyggere. De fire selskaber repræsenterer dermed langt den største andel af borgere ift. areal.

3.1 Organisatoriske forhold

De fire oplande er repræsenteret gennem fire selskaber, hhv. AffaldVarme Aarhus (AVA), Reno Djurs, Renosyd og Favrskov Forsyning. De fire selskaber er organiseret som enten interessentselskaber eller aktieselskaber, hvilket fremgår af Tabel 1.

Tabel 1 Organisationsformer hos de fire selskaber

Selskab	Selskabsform	Kommuner
AVA	Aktieselskab	Aarhus
Reno Djurs	Interessentselskab	Syddjurs og Norddjurs inkl. Anholt
Renosyd	Interessentselskab	Odder og Skanderborg
Favrskov Forsyning	Aktieselskab	Favrskov

Selskabernes organisationsformer har f.eks. betydning for, hvilke samarbejdsmuligheder, der vil være ift. at etablere fælles løsninger for indsamling og behandling af madaffald fra husholdningerne.

3.2 Antal indbyggere og boligtyper

Fordelingen mellem antal boligtyper og indbyggere i de fire oplande fremgår af Tabel 2. Tilsammen bor der ca. 560.000 indbyggere i de fire oplande fordelt på ca. 126.300 enfamilieboliger, ca. 88.000 etageboliger, 35.000 midtbyboliger og ca. 18.450 sommerhuse. Institutioner er ikke særskilt omfattet af undersøgelsen.

Tabel 2 Antal boligtyper og indbyggere i de fire oplande

Boliger - antal						
	Enfamilie	Etage	Midtby	Sommerhuse	Boliger, i alt	Indbyggere
Reno Djurs	32.354	6.362	-	15.332	54.048	80.448
Renosyd	22.043	14.472	-	2.252	38.767	85.522
Aarhus	57.661	60.925	34.775	761	154.122	345.332
Favrskov	14.200	5.870	-	102	20.172	48.374
I alt	126.258	87.629	34.775	18.447	267.109	559.676

Den procentvise fordeling mellem boligtyperne i de fire oplande fremgår af Tabel 3. Det ses, at andelen af enfamilieboliger for Reno Djurs og Renosyd er omkring 60 %. Til gengæld af andelen af etageboliger for de to selskaber meget forskellige, idet etageboliger hos Reno Djurs kun udgør 12 %, hvorimod de for Renosyd udgør 37 %. Aarhus har langt flere etageboliger inkl. midtbyen (63 %) end enfamilieboliger (37 %). Favrskov har til sammenligning flest enfamilieboliger (70 %) end etageboliger (29 %). For sommerhuse har Reno Djurs langt den højeste andel (28 %) ift. de andre selskaber.

Tabel 3 Den procentvise fordeling mellem boligtyperne i de fire oplande

Boliger - %					
	Enfamilie	Etage	Midtby	Sommerhuse	I alt
Reno Djurs	59,9	11,8		28,4	100
Renosyd	56,9	37,3		5,8	100
Aarhus	37,4	39,5	22,6	0,5	100
Favrskov	70,4	29,1		0,5	100

3.3 Mængder, potentialer og indsamlingseffektiviteter

Det fremgår af Tabel 4, at de fire oplande tilsammen indsamlede 113.892 tons restaffald i 2018. Endvidere er den potentielle mængde madaffald i restaffaldet beregnet til ca. 53.800 tons, hvoraf det forventes, at ca. 27.100 tons kan realiseres ved etablering af en indsamlingsordning for madaffald. Mængderne af restaffald er fordelt mellem de fire oplande sådan, at Aarhus indsamler den største mængde (57 %), mens Reno Djurs og Renosyd repræsenterer hhv. 19 % og 15 % og Favrskov 9 %.

Tabel 4 Mængder af restaffald, potentiale for madaffald samt indsamlet madaffald 2018

Mængder ton/2018				
	Restaffald, nuværende situation	Madaffald, potentiale heraf	Madaffald, forventet reelt indsamlet	%-fordeling mellem selskaberne af reelt indsamlet
Reno Djurs	18.300	9.276	5.182	19 %
Renosyd	18.994	7.896	4.128	15 %
Aarhus	66.936	32.352	15.561	57 %
Favrskov	9.662	4.281	2.300	9 %
I alt	113.892	53.805	27.171	100 %

Af Tabel 5 fremgår det, hvordan den forventede indsamlede mængde madaffald fordeler sig på boligtyper. Det ses, at den største mængde forventes at kunne indsamles fra enfamilieboliger (58 %), mens mængden fra sommerhusene er meget begrænset (2,6 %).

Tabel 5 Indsamlede mængde madaffald i ton fordelt på boligtype

Indsamlede mængder, ton					
	Enfamilie	Etage	Midtby	Sommerhuse	I alt
Reno Djurs	4.035	569	-	578	5.182
Renosyd	2.749	1.294	-	85	4.128
Aarhus	7.190	5.449	2.893	29	15.561
Favrskov	1.771	525	-	4	2.300
Samlet antal	15.744	7.838	2.893	695	27.171

Beregningerne for potentialer og forventede realiserede mængder madaffald ved indsamling er baseret på potentialemængder og indsamlingseffektiviteter fordelt på boligtyper, som fremgår af Tabel 6.

Tabel 6 Potentialemængder og indsamlingseffektiviteter for boligtyper²

	Enfamilie	Etage	Midtby	Sommerhuse
Potentiale kg/husstand/år	215	208	208	65
Effektivitet %	58	43	40	58

Som det ses af Tabel 5 **Error! Reference source not found.** og Tabel 6 Tabel 6 indsamles der relativt få mængder madaffald fra sommerhuse. Der findes på nuværende tidspunkt meget få undersøgelser og erfaringsdata om mængder af madaffald genereret i sommerhusområder samt sorteringseffektiviteter. Resultaterne fra eksisterende undersøgelser viser stor spredning i mængder og sorteringseffektiviteter. Dette skyldes bl.a. store variationer i de enkelte sommerhusområder, som f.eks. graden af udlejning, hvor stor en del af året sommerhuset anvendes, sommerhusbrugernes adfærd og nationalitet, logistik mv. I Miljøprojekt 2115³ om indsamlingsordninger for bl.a. sommerhuse er den samlede mængde madaffald fra sommerhuse f.eks. estimeret til at udgøre 4 % af den samlede mængde madaffald i Danmark – hvilket nok er for højt sat, når det omregnes til mængden for hvert sommerhus. Det er derfor ikke muligt, at uddrage valide nøgletal fra litteraturen. Beregningen af mængden af madaffald, der potentielt kan indsamles fra sommerhuse i de fire selskabers oplande, er derfor baseret på erfaringstal om indsamling af restaffald fra sommerhuse fra Renosyd. Denne vurdering viser at ca. halvdelen er madaffald og indsamlingseffektivitet er på 58 % som for enfamilieboliger. Det giver ca. 38 kg madaffald/år. Dette er samtidig på niveau med tidligere estimater hos Reno Djurs.

3.4 Nuværende indsamlingsordninger

Madaffald indsamles i dag ikke separat i de fire oplande, men indsamles sammen med restaffaldet. Indsamlingen af restaffaldet i de fire oplande beskrives herunder.

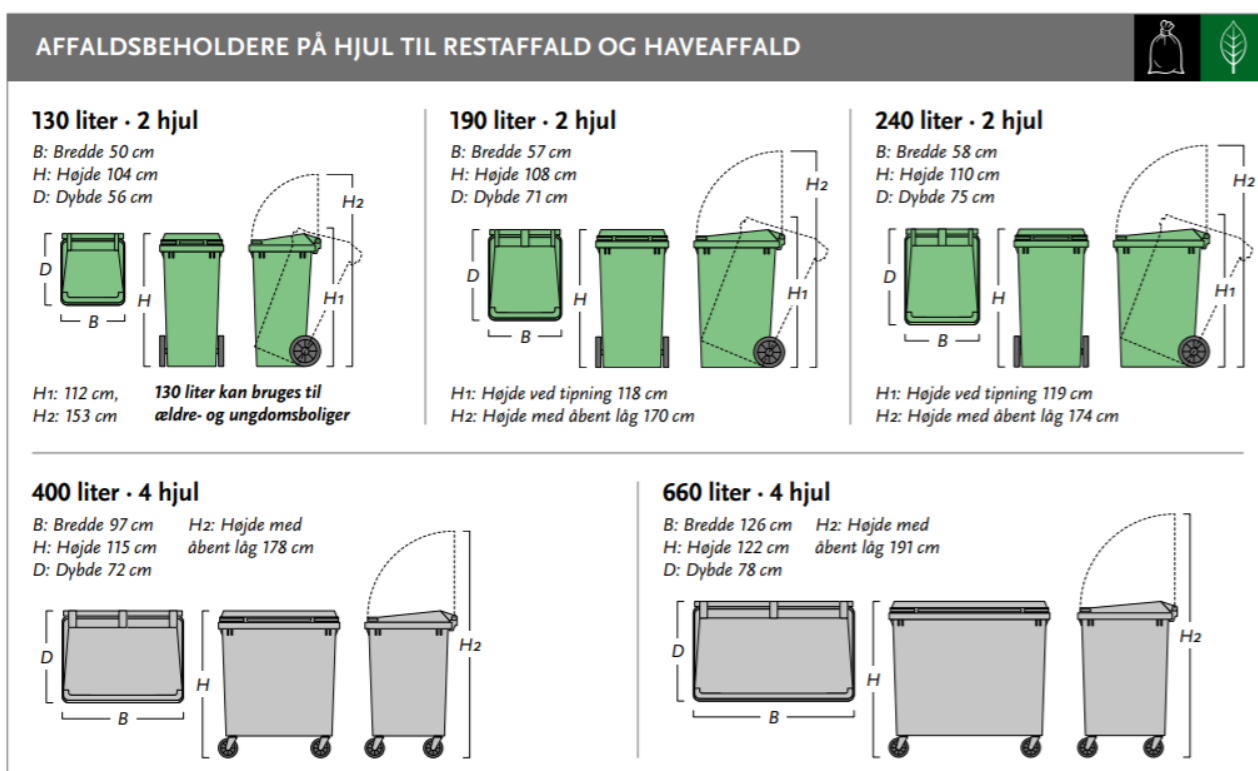
² Baseret på Miljørapport nr. 2059

³ Miljøprojekt nr. 2115, 2019 "Indsamlingsordninger for sommerhuse, haveforeninger/kolonihaver samt ikke-brofaste øer". <https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2019/dec/indsamlingsordninger-for-sommerhuse-haveforeningerkolonihaver-samt-ikke-brofaste-oer/>

3.4.1 Aarhus

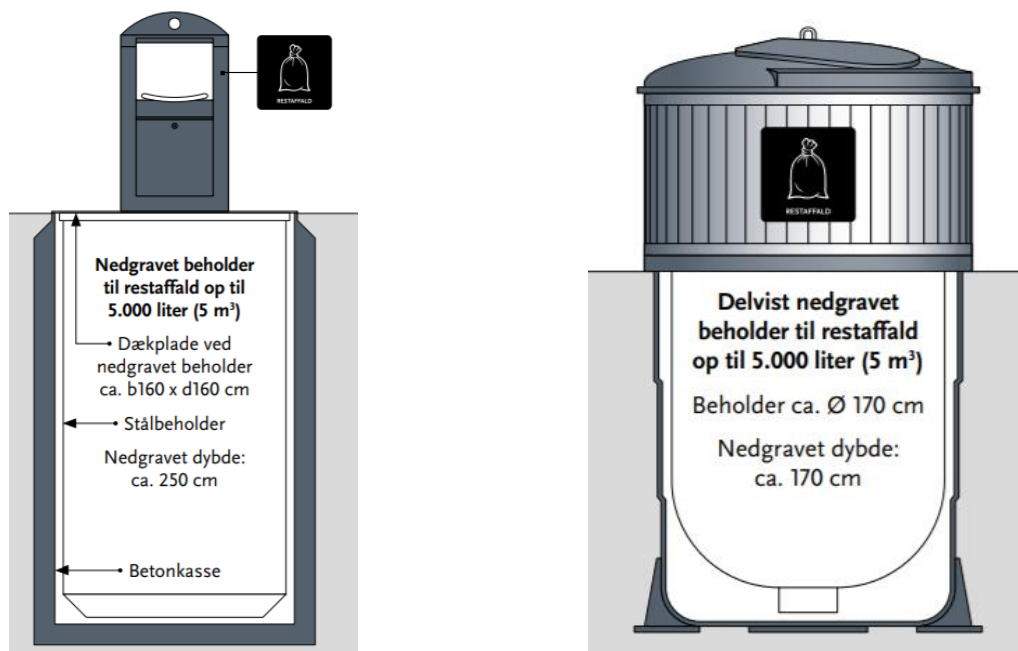
I Aarhus Kommune indsamles madaffaldet ikke særskilt men indsamles som en del af restaffaldet. Borgere i Aarhus, som har egen beholder (enfamilieboliger og sommerhuse), kan benytte de beholdertyper og størrelser som ses på billede 1.

Beholderne tømmes hver 2. uge. Sommerhuse kan dog vælge mellem almindelig sommerhustømning (uge 14-41), udvidet sommerhustømning (uge 12-45) eller helårstømning. Udover de viste beholderstørrelser benyttes også en 370 L beholder.



Billede 1. Beholdertyper og -størrelser til indsamling af restaffald for enfamilieboliger og sommerhuse

Borgere med fællesløsninger (etageboliger, rækkehus, klyngehus mv.), kan benytte samme beholdertyper og -størrelser som borgere med egne beholdere (billede 1) samt nedgravede beholdere, som ses på billede 2. Beholderne tømmes med varierende interval.



Billede 2. Nedgravede beholdere til fællesløsninger (etageboliger, rækkehuse, klyngehuse mv.)

Beboerne i midtbyen benytter offentlige, nedgravede beholdere, der tømmes efter behov. Et eksempel på en nedgravet beholder ses på billede 3 herunder.



Billede 3: Eksempel på nedgravet beholder i Aarhus Midtby.

Antallet af beholdere, der benyttes til restaffald i Aarhus, ses i nedenstående Tabel 7.

Tabel 7 Antal beholdere i Aarhus Kommune

Beholderstørrelse	Antal
130 L	1.937
190 L	35.200
240 L	20.478
370 L	939
400 L	1.823
660 L	6.500
Beholdere i alt	66.877
Nedgravede beholdere i bymidten	565
Nedgravede beholdere i etageboliger	645

3.4.2 Reno Djurs

I kommunerne Syddjurs og Norddjurs inkl. Anholt indsamles madaffaldet i dag ikke særskilt, men indsamles som en del af restaffaldet. Borgerne kan vælge følgende fire beholdertyper til restaffaldet, der kan tømmes enten hver 14. dag eller hver uge:

- 140 liter beholder
- 240 liter beholder
- 400 liter container
- 600 liter container

Sommerhusejere kan vælge mellem de fire ovennævnte forskellige beholderstørrelser og fem forskellige tømningfrekvenser, som fremgår herunder:

- Sommerhus 23 (23 årlige tømninger): Tømning hver 14. dag i april, maj, juni og september. Juli og august tømmes hver uge. Tømning hver 4. uge i vinterhalvåret.
- Sommerhus 30 (30 årlige tømninger): Tømning hver 14. dag i alle måneder undtagen juli og august, hvor der tømmes hver uge.
- Sommerhus 32 (32 årlige tømninger): Tømning hver uge i sommerhalvåret (uge 14 til og med uge 39). Tømning hver 4. uge i vinterhalvåret (uge 40 til og med uge 13)
- Sommerhus 39 (39 årlige tømninger): Tømning hver uge i sommerhalvåret (uge 14 til og med uge 39). Tømning hver 14. dag i vinterhalvåret (uge 40 til og med uge 13)
- Sommerhus 52 (52 årlige tømninger): Tømning hver uge, hele året rundt.

Antallet af beholdere og andet indsamlingsmateriel, der benyttes til restaffald i Reno Djurs, ses i nedenstående Tabel 8.

Tabel 8 Antal beholdere i kommunerne Syddjurs og Norddjurs inkl. Anholt

Beholderstørrelse	Antal
140 L	23.756
240 L	20.785
400 L	644
600 L	1.776
Beholdere i alt	46.961
Sække 125 L	16
Nedgravede beholdere mv.	71

3.4.3 Renosyd

I kommunerne Odder inkl. Tunø og Skanderborg indsamles madaffaldet i dag ikke særskilt men som en del af restaffaldet. Borgerne har en række valgmuligheder ift. beholdertype, størrelse samt tømmehyppighed, som ses i Tabel 9 herunder.

Tabel 9 Beholderstørrelser og tømmehyppigheder i kommunerne Odder og Skanderborg

Boligtype	Beholderstørrelse	Tømmehyppighed	Bemærkninger
Helårsbolig	140 L	Hver uge / hver 2. uge	Mulighed for ugetømning 1. maj til 31. august.
	190 L	Hver uge / hver 2. uge	
	240 L	Hver uge / hver 2. uge	
	400 L	Hver uge / hver 2. uge	
	660 L	Hver uge / hver 2. uge	
	770 L	Hver uge / hver 2. uge	
Fælles løsninger	400 L	Hver uge / hver 2. uge	Mulighed for aftale om tømning 2 x uge samt tømning af frontload, nedgravede mv.
	660 L	Hver uge / hver 2. uge	
	770L	Hver uge / hver 2. uge	
Sommerhuse	140 L	Hver 2. uge	Tømmes 18 gange årligt. Tilkøb af 6 ekstra tømninger.
	190 L	Hver 2. uge	
	240 L	Hver 2. uge	
	400 L	Hver 2. uge	
	660 L	Hver 2. uge	
	770 L	Hver 2. uge	

Beholdertyperne fra 140-400 L ses på billede 4 herunder.



Billede 4. Benyttede beholdertyper og -størrelser

Antallet af beholdere og andet indsamlingsmateriel, der benyttes til restaffald i Renosyd ses af Tabel 10.

Tabel 10 Antal beholdere i kommunerne Odder inkl. Tunø og Skanderborg

Beholderstørrelse	Antal
140 L	2.038
190 L	21.788
240 L	4.472
400 L	900
660 L	1.140
770 L	946
Beholdere i alt	31.284
Sække 100 L	52
Div. Containere	101

3.4.4 Favrskov Forsyning

I Favrskov Kommune indsamles madaffaldet i dag ikke særskilt men som en del af restaffaldet. Borgerne i Favrskov Kommune kan vælge at få hentet restaffaldet hver uge eller hver 14. dag. Standardløsningen i husstandsindsamlingen af dagrenovation er i udgangspunktet sække, men borgerne kan dog vælge en fast beholder. Der er mulighed for at vælge mellem følgende forskellige stativer og beholdere, som ses på billede 5.



Billede 5. Benyttede beholdere og stativer i Favrskov Kommune

Borgere, der bor i fællesbebyggelser/etageejendomme, kan vælge mellem beholderstørrelser på 400, 600 og 800 liter.

Antallet af beholdere, der benyttes til restaffald i Favrskov ses i nedenstående Tabel 11.

Tabel 11 Antal beholdere i Favrskov Kommune

Beholderstørrelse	Antal
140 L	1.800
240 L	1.370
400 L	360
660 L	320
800 L	360
Beholdere i alt	4.210
Sække 110 L	14.000
Nedgravede beholdere	21

4 Scenarier

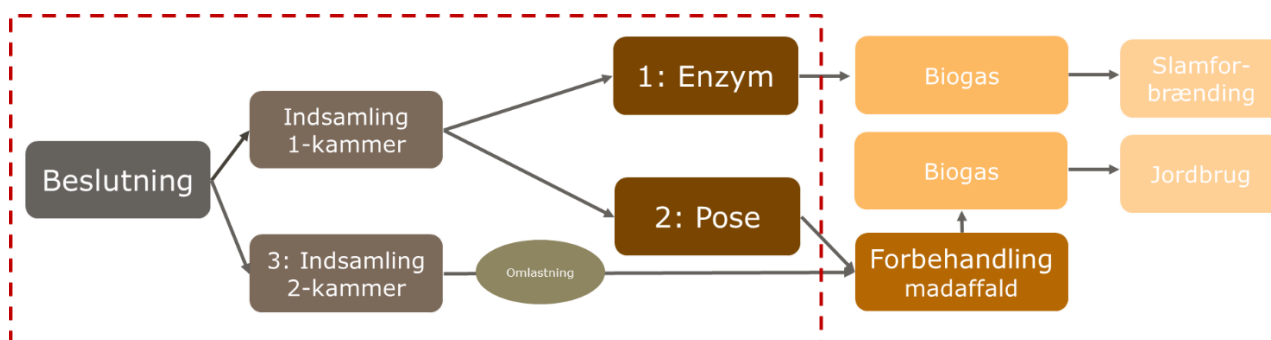
Der er opstillet følgende tre hovedscenarier for indsamling af madaffald:

1. Enzymbehandling af restaffaldet, hvor madaffaldet separeres i en biovæske
2. Posesortering af madaffald og restaffald i hhv. grønne og sorte poser
3. Indsamling af madaffald i grøn pose og restaffald i 2-kammerbeholder

De tre hovedscenarier er illustreret i Figur 4.1, hvor også afgrænsningen af scenarierne er markeret med en rød stiplede kasse. Scenarieberegningerne omfatter ikke forbehandling af madaffald, den videre afsætning af enzymbehandlet, sorteret eller forbehandlet madaffald til biogas og efterfølgende jordbrugsformål.

Som det ses af figuren, er det første led i kæden "beslutning". Beslutningsleddet omfatter den politiske proces, herunder undersøgelser, notater, forberedelsen arbejder mv., som danner grundlag for en eventuel beslutning om et samarbejde mellem de fire selskaber om fælles indsamlingsordning for madaffald.

Figur 4.1 Illustration af hovedscenarier og afgrænsning



De tre hovedscenarier er opdelt i fælles- og delscenarier. Fælles- og delscenarier fremgår af Tabel 12.

Tabel 12 Opstilling og vurdering af hoved- og delscenarier

Scenarie	1: Enzym	2: Posesortering	3: 2-kammerbeholder
Hovedscenarie	1A: Fælles	2A: Fælles	3A: Fælles
Delscenarie	1B: Aarhus/AVA alene	2B: Aarhus/AVA alene	3B: Aarhus/AVA alene
Delscenarie		2C: Reno Djurs alene	3C: Reno Djurs alene
Delscenarie		2D: Renosyd alene	3D: Renosyd alene
Delscenarie		2E: Favrskov alene	3E: Favrskov alene

Scenarierne beskrives ud fra følgende parametre:

- Beskrivelse af teknologi og udviklingsstadiet
- Beskrivelse af løsningen
- Mængder
- Udnyttelse af affald (energi og (rest)produkter)
- Miljø i øvrigt
- Klima
- Økonomi og risici
- Service for borgerne
- Mulige samarbejder
- Fordele/ulemper

Samarbejdsmuligheder ift. de tre fællesscenarier beskrives separat i kapitel 9.

4.1 Fælles forudsætninger

Scenarierne er beregnet ud fra en række forudsætninger, hvoraf de væsentligste forudsætninger, der er fælles for alle scenarierne, fremgår af Tabel 13. Herudover listes en række specifikke scenarieforsudsætninger under hvert enkelt scenarie. I appendix 1 findes en samlet bruttoliste over alle forudsætninger.

Tabel 13 Fælles forudsætninger for alle scenarieberegninger

Forudsætninger	Kr.	Enhed	Kilde	Bemærkning
Beholdere				
2-kammerbeholder 240 L	400	Kr./beholder	Joca	
Beholder 140 L	200	Kr./beholder	Joca	
Nedgravet 2-delt indsats	30.000	Kr./indsats	AVA	
Afskrivning beholdere	8	År	Projektgruppen	
Afskrivning nedgravede	15	År	Projektgruppen	
Antal boliger 140 L	15,3	Boliger/beholder	Beregning	Til madaffald ved fællesløsninger
Antal boliger 660 L	5,5	Boliger/beholder	Aarhus	Til restaffald ved fællesløsninger
Udbringning 2 hjulede beholder	50	Kr./Beholder	Joca	
Udbringning 4 hjulede beholder	75	Kr./beholder	Joca	
Fyldningsgrader fællesløsninger	75	%	Vurdering	Gennemsnit for rest- og madaffald ved fællesløsninger
Rest- og madaffald				
Madaffald potentiale enfamilie	215	Kg/husstand/år	Miljøprojekt 2059	
Madaffald potentiale etage	208	Kg/husstand/år	Miljøprojekt 2059	
Madaffald potentiale midtby	208	Kg/husstand/år	Miljøprojekt 2059	
Madaffald potentiale sommerhus	65	Kg/husstand/år	Projektgruppen	
Madaffald effektivitet enfamilie	58	%	Miljøprojekt 2059	Anvendt gennemsnit af interval på 55-60%
Madaffald effektivitet etage	43	%	Miljøprojekt 2059	Anvendt gennemsnit af interval på 40-45%
Madaffald effektivitet midtby	40	%	Projektgruppen	
Madaffald effektivitet sommerhus	58	%	Miljøprojekt 2059	Anvendt gennemsnit af interval på 55-60%
Madaffald vægtfylde	250	Kg/m ³	Miljøprojekt 2059	Foreliggende tilstand
Restaffald vægtfylde	60	Kg/m ³	Miljøprojekt 2059	Foreliggende tilstand
Restaffald inkl. madaffald nedgravede	82	Kg/m ³	AVA	Erfaringer Aarhus
Tømmefrekvenser				
Tømmefrekvens enfamilie	26	Antal/år	Projektgruppen	
Tømmefrekvens etage	52	Antal/år	Projektgruppen	
Tømmefrekvens midtby	89	Antal/år	Projektgruppen	For 2-delte nedgravede beholdere
Tømmefrekvens midtby	74	Antal/år	Projektgruppen	For 1-kammer nedgravede beholdere
Tømmefrekvens sommerhus	23	Antal/år	Projektgruppen	

Tømmepriser				
Beholder 140 L	18	Kr./tømning	Meldgaard	
Beholder 240 L 2-kammer	20	Kr./tømning	Meldgaard	
Beholder 660 L	30	Kr./tømning	Meldgaard	
Nedgravet 2-delt	160	Kr./tømning	AVA	Tømning af to kamre.
Merpris tømning 2-kammer	11	%	Beregning pba. priser fra Meldgaard	Pga. mindre komprimering, mindre bilkapacitet
Merpris tømning posesortering	10	%	Estimat	Pga. mindre komprimering
Behandlingspriser				
Forbrænding	490	Kr./ton	AVA	

5 Scenarie 1: Enzymbehandling

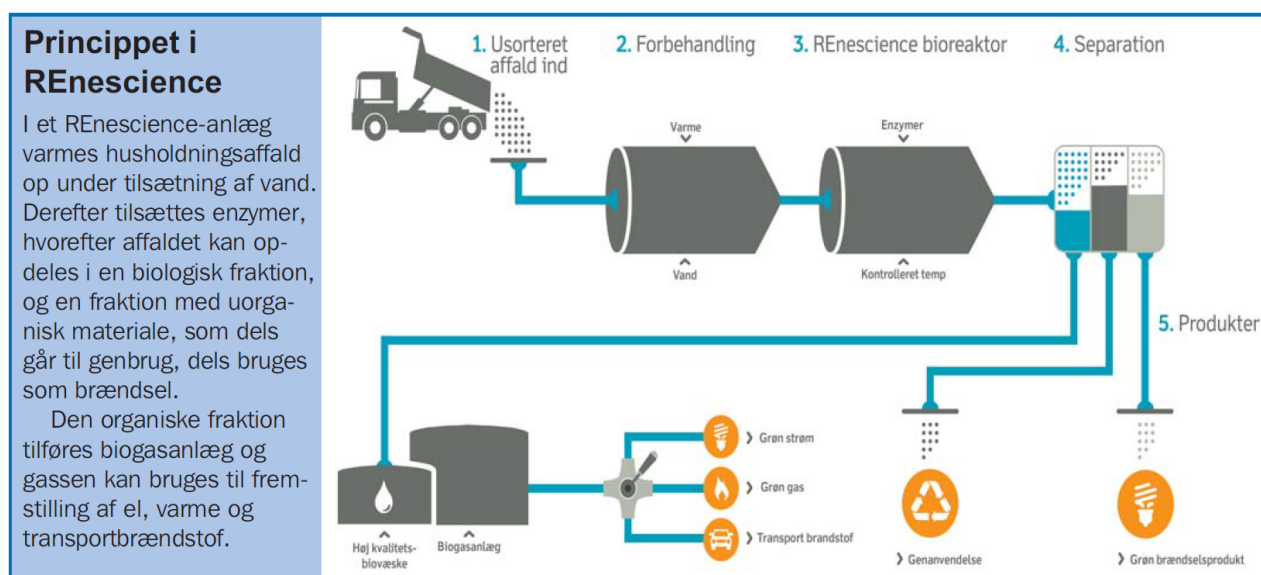
Enzymbehandling af affald er en relativ ny behandlingsmetode, hvor den bionedbrydelige del af affaldet ved hjælp af enzymer opløses til en flydende biovæske. Derefter kan biovæsken skilles fra det øvrige affald, der stadig er fast, og metoden kræver derfor ikke kildesortering af madaffaldet. RENescience er den eneste leverandør af anlæg til enzymbehandling. Teknologien er patenteret.

5.1 Beskrivelse af teknologi og erfaringer

I det følgende beskrives teknologien, herunder massebalance og kapaciteter samt udviklingsstadiet og erfaringer fra RENescience enzymanlæg.

Processen ved behandling af affald med enzymer, som den foregår i RENescience-anlægget, er illustreret i nedenstående Figur 5.1. Der gøres opmærksom på, at figuren omfatter produktion af biogas fra den producerede biovæske, hvilket ikke er omfattet i scenarieberegningen.

Figur 5.1 Principskitse over processen ved enzymatisk behandling af affald⁴



Som det ses af figuren tilføres restaffaldet anlæggets affaldsbunker, hvorfra det føres ind i anlæggets første processtrin. Her bliver affaldet behandlet termisk. Det vil sige, at affaldet tilføres vand og opvarmes til 50° C.

⁴ <http://www.biopress.dk/PDF/forste-renescience-anlaeg-i-fuld-skala>

Den opvarmede masse fødes herefter ind i to seriekoblede reaktorer, hvor det behandles med enzymer i ca. 20 timer. Efter enzymbehandlingen er det organiske materiale (inkl. en stor del af papir og pap) blevet flydende, og den såkaldte biovæske kan separeres fra den faste, ikke-biologiske del af affaldet. Biovæsken ledes til en opsamlingsbeholder og tilføres herefter et biogasanlæg.

Det faste ikke-biologiske affald sorteres med traditionelle sorteringsmetoder som magnetseparator, ballistisk separator etc. i en såkaldt 2D fraktion, en 3D fraktion, en metal del og en inert del.

2D fraktionen, der primært består af plastfolier og andre flade elementer, tilføres en mekanisk skruepresse for afvandning, hvorefter fraktionen vaskes i en tromlevaskemaskine. 2D fraktionen vaskes i rensede spildevand og vand fra afvandringsprocessen, hvorefter det atter presses i skruepressen for afvandning. RDF fraktionen kan herefter afsættes som brændsel. Der arbejdes på at afsætte 2D fraktionen til plastsorteringsanlæg.

3D fraktionen består af alle andre affaldsfraktioner som f.eks. plastflasker, hård plast, træ, tekstiler mv. 3D fraktionen vaskes på samme måde som 2D fraktionen, før den er klar til yderligere anvendelse.

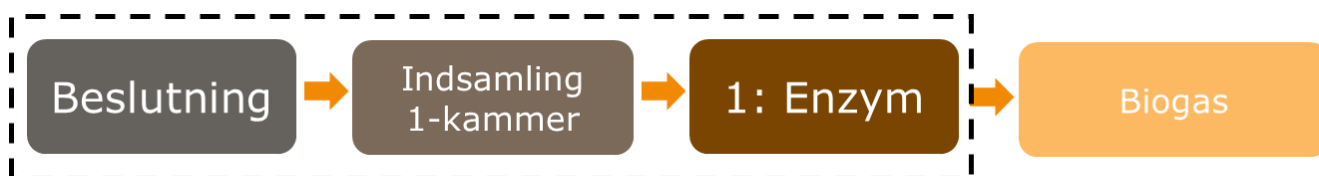
Metal udsorteres til genanvendelse, og den inerte fraktion af f.eks. sten, grus, glas mv. deponeres.

REnescience-teknologien kan fungere som en 'stand-alone'- eller 'front-end'-løsning til forskellige projekter. Den kan bruges i kombination med affaldssortering i husholdninger eller i stedet for kildesortering.

5.1.1 Beskrivelse af værdikæden

Værdikæden for Scenarie 1: Enzymbehandling ses i Figur 5.2. Den stiplede kasse viser, hvilke dele af værdikæden, der er omfattet af scenariet. Det betyder, at biovæske afsat til biogasproduktion ikke er omfattet af scenariet på anden måde, end det er vurderet, hvor meget biogas, der kan produceres af biovæsken samt biovæskens genanvendelighed med det formål, at sammenligne biogasproduktionen med de øvrige scenarier og vurdere klimaeffekter. Endvidere er omlastning ikke omfattet af scenariet, da der ikke er behov for omlastning.

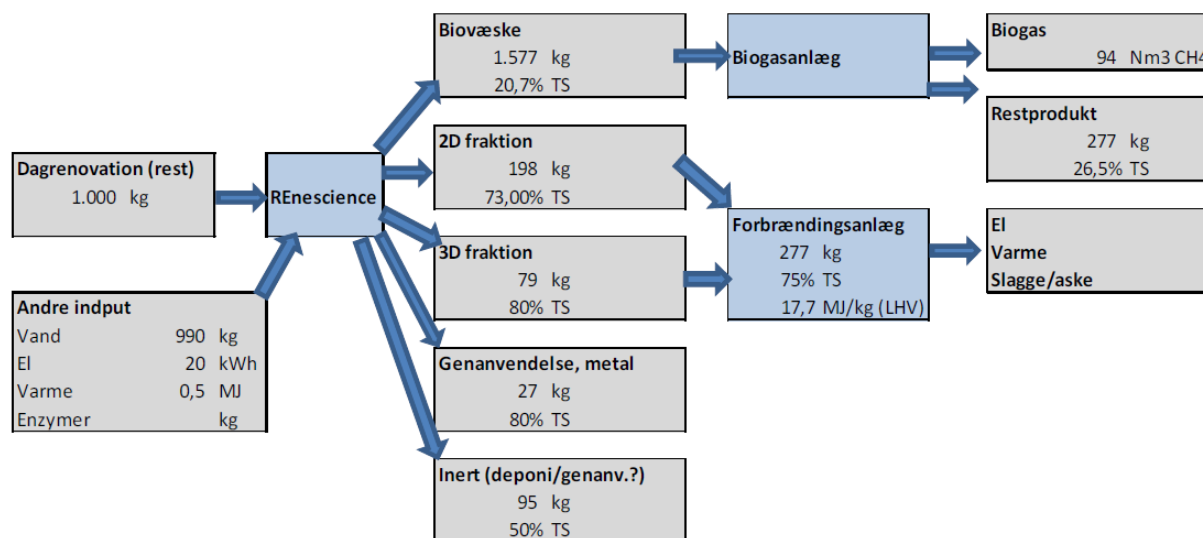
Figur 5.2 Værdikæde for scenarie 1: Enzymbehandling



Foruden biovæske resulterer enzymbehandlingen i en række forskellige fraktioner, som fremgår af Figur 5.3, der viser massebalancen for 1 ton restaffald behandlet på et RENescience-anlæg. Massebalancen stammer fra Miljøstyrelsens notat om Renescience-anlægget⁵. Det fremgår ikke af massebalancen, hvor mange kg enzymer, der anvendes til behandling af 1 ton restaffald. Det antages, at det skyldes konkurrencemæssige hensyn.

⁵ Samfundsøkonomi og miljøforhold for Renescience, Miljøstyrelsen Notat 1. november 2012.

Figur 5.3 Massebalance for 1 ton enzymbehandlet restaffald (REnescience-anlæg)



Som det ses af figuren vil behandling af 1 ton affald på anlægget resultere i en produktion af 1.577 kg biovæske med et tørstofindhold på 20,7 %, 198 kg 2D fraktion (plastfolier og andre flade elementer), 79 kg 3D fraktion (hård plast, træ, tekstiler mv.), 27 kg metal og 95 kg inert materiale til deponi (glas, sten mv.). Som det endvidere fremgår af massebalancen, vil der blive produceret 94 Nm³ metan og 277 kg digestat med en tørstofindhold på 26,5 % af biovæsken. Plasten brændes og udnyttes til el og varme, og metallet afsættes til genanvendelse. På grund af opvarmningen af affald og vand anvendes en del energi, hvorfor det er en fordel, hvis anlægget placeres i nærheden af et anlæg med overskydende varme.

Der findes et RENescience-anlæg i fuld industriel skala i Northwich i England. Forud for etableringen af Northwich anlægget, har teknologien været demonstreret og udviklet på et pilotanlæg på ARC i København.

Northwich anlægget skal behandle op til 120.000 tons affald om året, hvilket svarer til affald fra ca. 110.000 britiske hjem⁶. Biovæsken, som efter biogasprocessen er omdannet til digestat, kan i England bruges til gødning af kortvarige energiafgrøder, som ikke er fødevarer, f.eks. pil og elefantgræs. Der arbejdes fortsat på, at afsætte platen og den inerte del til genanvendelse, men det er endnu på forsøgsniveau. Der produceres derfor i øjeblikket et brændselmateriale, kaldet RDF (Refuse Derived Fuel), af de ikke-genanvendelige dele som sko, træstykker, tekstiler, folier mv. RDF materialet afsættes til cementovne og/eller andre forbrændingsanlæg.

Ørsted har budgetteret med 600 mio. kr. til opførelsen af Northwich anlægget, som efter planen skulle være åbnet i 2017. Forskellige tekniske udfordringer har dog forsinket projektet, og i september 2019 kørte anlægget med halvdelen af den planlagte kapacitet⁷.

Når anlægget kører stabilt med den planlagte kapacitet, kan man med en vis ret betragte teknologien som moden. I forbindelse med affaldsbehandling er der dog en række andre forhold, der kan have indflydelse på, hvor-

⁶ <https://orsted.com/da/Our-business/Bioenergy/Renescience>

⁷ <https://www.endswasteandbioenergy.com/article/1660738/renescience-northwich-operating-50-capacity>

vidt det samlede system som teknologien indgår i er modent. I forhold til REnescience teknologien kan en anderledes affaldssammensætning og borgeradfærd give anledning til behov for tilpasning af anlægget til lokale forhold.

En del af de tekniske udfordringer, man har oplevet på Northwich anlægget, har været relateret til den ballistiske separator, som sorterer hård og blød plast, hvor to nye separatore er blevet installeret⁸. Teknologien kan derfor ikke betragtes som fuldstændig moden, før man har en stabil og velfungerende løsning til at separere biovæsken fra de faste elementer. Der har også været udfordringer med at nå en kvalitet på plastfraktionerne, der muliggør afsætning af platen til genanvendelse, men da enzymbehandlingen ikke skal erstatte kildesortering af plast, betragtes dette ikke umiddelbart som et problem i forhold til teknologiens modenhed.

Der har endvidere været klager over lugtgener, som har ført til etablering af en lugtplan samt udskiftning af filteret⁹.

5.2 Beskrivelse af Scenarie 1: Enzymbehandling

Beregningen af scenarie 1 er baseret på en fællesløsning for de fire oplande (scenarie 1A) samt en løsning, hvor Aarhus Kommune etablerer et enzymbehandlingsanlæg alene (scenarie 1B).

Scenariet er baseret på, at indsamlingsordningerne for restaffaldet er uændrede. I stedet for at aflevere det indsamlede restaffald til forbrændingsanlægget, køres affaldet til enzymbehandlingsanlægget. Det forudsættes, at enzymbehandlingsanlægget placeres i umiddelbar nærhed af forbrændingsanlægget i Lisbjerg ved Aarhus.

Beregningen er for scenarierne 1A og 1B er baseret på følgende forudsætninger, som fremgår af Tabel 14.

Tabel 14 Forudsætninger for beregning af enzymbehandlingsscenarioet

Forudsætninger Enzymbehandlingsanlæg	1A Fælles	1B Aarhus	Kilde
Kapacitet tons/år	120.000	100.000	
Anlægsinvesteringer (bygning + produktionsanlæg), mio. kr.	500	370	Københavns Kommune - notat, 2016
Vedligehold, mio. kr./år	15	10	KBH-notat. Antaget vedligehold i 1B er 2/3 af 1A
Personaleomkostninger mio. kr./år	5	8	Miljøstyrelsen - notat, 2012 DST LONS20, kategori 1324 1B 2-holdsskift
Enzymforbrug, kr./ton affald	100	100	Miljøstyrelsen - notat, 2012
Vandpris, kr./m ³ ekskl. moms	37	37	Aarhus Vand
Elpris, kr./MWH	301	301	Elprisstatistik, 1. halvår 2019
Forbrænding kr./ton	490	490	AVA
Deponering kr./ton ekskl. afgift	715	715	Reno Djurs
Metal kr./ton	500	500	Markedspris
Gasproduktion Nm ³ metan/ton biovæske	50	50	Tyge Kjær, RUC
Biovæske (afvanding 467 kr./ton og slamforbrænding 700 kr./ton) kr./ton*	1.167	1.167	Miljøstyrelsen - notat, 2012
Organisk affald, % af 1 ton restaffald	38	38	AVA: Data fra Ørsted
Forbrænding, % af 1 ton restaffald	60	60	AVA: Data fra Ørsted
Deponering, % af 1 ton restaffald	1	1	AVA: Data fra Ørsted
Metal, % af 1 ton restaffald	1	1	AVA: Data fra Ørsted

⁸ <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/mechanical-challenges-delay-orsted-bioliquid-plant/>

⁹ <https://www.northwichguardian.co.uk/news/17613393.odour-management-plan-approved-at-lostock-waste-treatment-plan/>

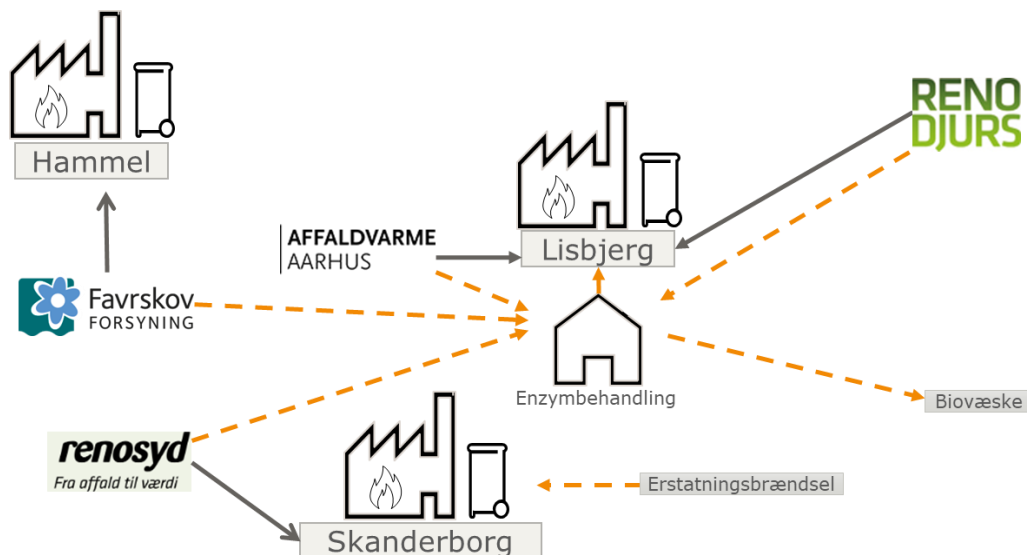
* For afsætning af biovæsken har Aalborg Renseanlæg været kontaktet med henblik på en vurdering af, om biovæsken kan afsættes til udrådning sammen med spildevandsslammet samt et prisoverslag. Det har desværre ikke været muligt at indhente disse oplysninger inden for projektperioden, da det kræver en nærmere undersøgelse. Derfor er der anvendt en afsætningspris for biovæsken baseret på Miljøstyrelsens notat nov. 2012 om REnescience.

5.2.1 Omlastning og transport

Det forudsættes, at enzymbehandlingsanlægget placeres i umiddelbar nærhed af forbrændingsanlægget i Lisbjerg ved Aarhus. Det er derfor vurderet, at omlastning og transport ikke er relevant at inddrage i scenariet, da restaffaldet køres direkte til enzymbehandlingsanlægget. Det antages endvidere, at restprodukterne fra enzymanlægget brændes på forbrændingsanlægget i Lisbjerg.

Figur 5.4 viser transporten af restaffaldet til enzymbehandling sammenholdt med transportsituationen i dag. De grå pile viser, hvordan restaffaldet transporteres i dag, og de stiplede orange pile viser, hvordan affaldet teoretisk vil blive transporteret til et fælles enzymbehandlingsanlæg i Lisbjerg.

Figur 5.4 Transport ifm. Enzymbehandling sammenholdt med transport i dag



Som det ses af figuren, betyder enzymbehandlingsscenariet imidlertid, at Renosyds forbrændingsanlæg i Skanderborg vil miste den mængde restaffald, som de i dag forbrænder. Det vil derfor være nødvendigt, at Renosyd indhenter tilsvarende mængder brændbart affald fra andre kilder. Der kan f.eks. indgås en aftale om udveksling af brændbart affald med de andre selskaber. Favrskov Forsyning udbyder i dag deres restaffald til forbrænding, hvorfor en fremtidig afsætning af restaffaldet til enzymbehandling ikke vil kræve udveksling af brændbart affald med kraftvarmeanlægget i Hammel, som brænder Favrskovs restaffald i dag.

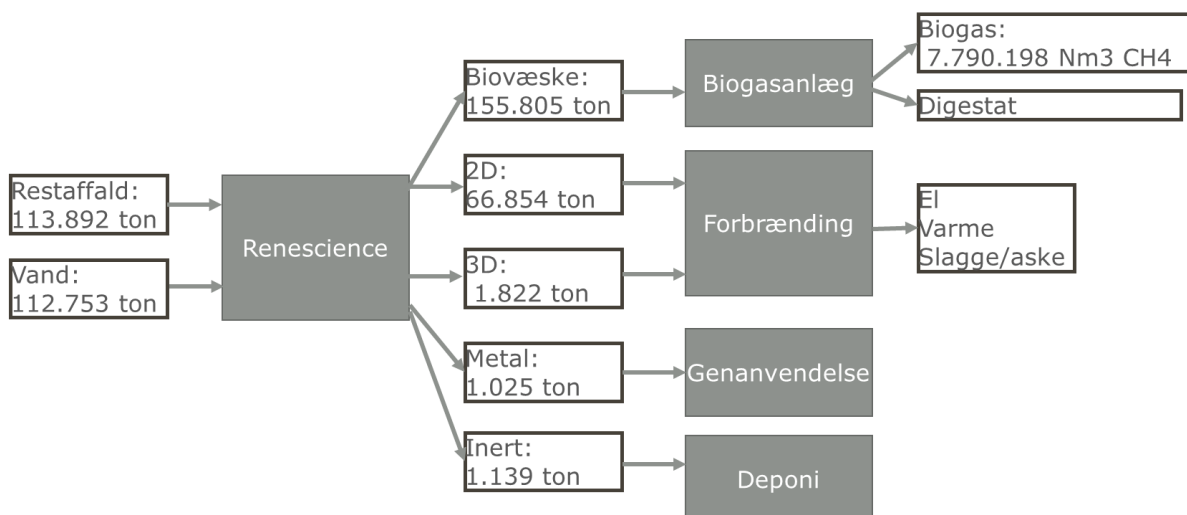
5.3 Beregning af enzymbehandlingsscenarierne 1A og 1B

I det følgende beskrives scenarieberegningerne for hhv. scenarie 1A (fælles) og 1B (Aarhus alene).

5.3.1 Mængder

For scenarie 1A – Fællesløsning fremgår massebalancen for et input på 113.900 tons restaffald af Figur 5.5. Massebalancen er baseret på data fra Ørsted om, hvordan 1.000 kg restaffald fra Aarhus vil fordele sig i et REnescience-anlæg og er derfor forskellige fra massebalancen vist i Figur 5.3.

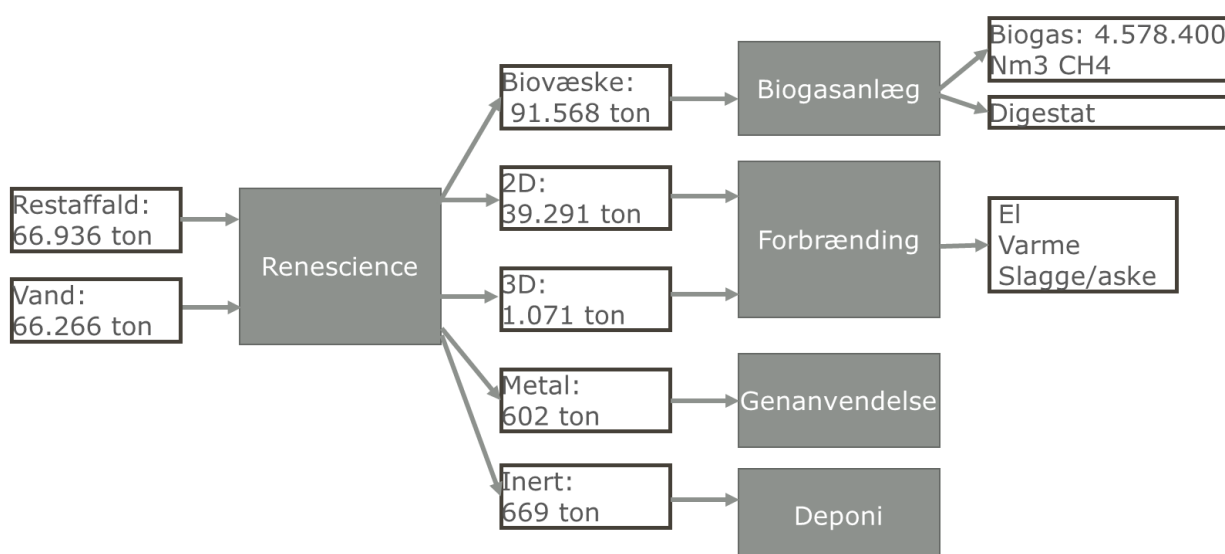
Figur 5.5 Massebalance for Enzymbehandling scenarie 1A - Fællesløsning



Som det fremgår af massebalancen, vil enzymbehandling af 113.892 tons restaffald resultere i ca. 156.000 tons biovæske til biogasproduktion, ca. 67.000 ton 2D fraktion, som indeholder den bløde plast og andre flade elementer, og ca. 2.000 tons 3D fraktion (træ, hård plast mv.) til forbrænding. Herudover ca. 1.000 tons metal til genanvendelse og ca. 1.100 tons inert affald til deponering. Der vil blive fremstillet ca. 8 mio. Nm³ biogas af biovæsken samt digestat indeholdende næringsstoffer. Da Digestatet ikke kan anvendes til jordbrugsformål i Danmark og derfor ikke kan afsættes til traditionelle biogasanlæg jf. afsnit 5.3.2, vil det være nødvendigt at bortskaffe den på anden vis, f.eks. til Aalborg renseanlæg til afgangning sammen med spildevandsslam eller afvanding og tørring med efterfølgende forbrænding.

For scenarie 1B – Aarhus alene fremgår massebalancen for et input på 66.936 tons restaffald af Figur 5.6, som er baseret på data fra Ørsted ift. behandling af restaffaldet på et REnescience-anlæg. Det ses, at der bliver ca. 92.000 tons biovæske, som resulterer i ca. 4,6 mio. Nm³ metan. Herudover ca. 39.000 tons 2D fraktion og ca. 1.000 tons 3D fraktion, 600 tons metal og ca. 700 tons inert affald.

Figur 5.6 Massebalance for Enzymbehandling scenarie 1b – Aarhus alene



5.3.2 Genanvendelsesmuligheder

Som det fremgår af massebalancen vil en enzymbehandling resultere i følgende output:

- Biovæske
- 2D fraktion
- 3D fraktion
- Metal
- Inert affald

I det følgende beskrives hver outputfraktion ift. genanvendelsesmuligheder. Sluttelig beskrives selve enzymbehandlingsprocessen ift. krav i EU's Affaldsdirektiv.

Biovæske

Det har ikke været muligt at få godkendt digestatet som egnet til jordbrugsformål iht. *Affald til jord bekendtgørelsens* regler¹⁰, da indholdet af uønskede stoffer i biovæsken er for høj. På denne baggrund vurderes det, at en afsætning af biovæsken til et eksisterende biogasanlæg i Danmark ikke er muligt, da alle anlæg i dag afsætter deres digestat til jordbrugsformål. Det vurderes, at f.eks. plastfraktionen kan udgøre et problem, når massen opvarmes i processen, hvorved uønskede stoffer fra platen kan frigives og vandre over i biovæsken. Enzymbehandlingsanlægget kan i kombination med kildesortering af tørre genanvendelige fraktioner muligvis øge kvaliteten af biovæsken, men dette er endnu ikke blevet eftervist.

En mulig afsætning af digestatet kan være til et renseanlæg, f.eks. i Aalborg, hvor biovæsken udnyttes til biogasproduktion og digestatet afvandes og tørres til forbrænding hos f.eks. Aalborg Portland. En anden løsning kan være etablering af et dedikeret biogasanlæg til biovæsken med efterfølgende tørring og afbrænding af digestatet, men denne løsning er ikke omfattet af nærværende projekt. Ved begge løsninger genanvendes næringsstofferne ikke.

Der produceres ca. 50 Nm³ metan pr. ton biovæske, hvilket er mindre end for biopulp produceret på særskilt madaffald alene (se afsnit 6.3.1 og 7.3.1). Dette skyldes, at biovæsken indeholder et højere indhold af cellulosefibre og kalk fra papir og pap, som er sværere at omsætte til metan. Til gengæld udnytter teknologien madaffaldet 100 % samt andet organisk materiale som f.eks. papir og pap.

I henhold til EU's definitioner vurderes det, at enzymbehandlingsløsningen ikke vil kunne anerkendes som genanvendelse, når det organiske materiale anvendes som brændsel.

I henhold til EU's Affaldsdirektiv, er genanvendelse defineret som *"enhver nyttiggørelsesoperation, hvor affaldsmaterialer omforarbejdes til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten de bruges til det oprindelige formål eller til andre formål..... men ikke energiudnyttelse og omforarbejdning til materialer, der skal anvendes til brændsel eller til opfyldningsoperationer."*

Nyttiggørelsesoperationer er defineret som *"enhver operation, hvis hovedresultat er, at affald opfylder et nyttigt formål ved at erstatte anvendelsen af andre materialer, der ellers ville være blevet anvendt til at opfylde en bestemt funktion, eller som er forberedt med henblik på at opfylde den bestemte funktion i anlægget eller i samfundet generelt."*

Det vurderes derfor, at hvis digestatet (madaffaldet) skal anerkendes som genanvendelse, skal det afsættes til jordbrugsformål, hvor næringsstofferne erstatter kunstgødning.

¹⁰ <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2018/1001>

RDF/2D og 3D fraktionerne

Fraktionerne 2D og 3D afsættes i øjeblikket til forbrænding som RDF brændselsmateriale til cementovne og/eller andre forbrændingsanlæg¹¹. Dette skyldes, at udsortet plast fra 2D- og 3D fraktionerne, på nuværende tidspunkt, ikke har en kvalitet, der muliggør afsætning til genanvendelse. RENescience-anlægget i Northwich arbejder dog på at afsætte plasten i 2D-fraktionen til fremstilling af nye plastprodukter. Teknologien muliggør ikke udnyttelse af ressourcerne i 3D fraktionen, f.eks. hård plast, til genanvendelse, hvilket har konsekvenser for udledning af CO₂.

Metal

Enzymbehandlingsanlægget frasorterer metal (både magnetisk og ikke-magnetisk) til genanvendelse ved hjælp af forskellige teknologier som f.eks. Eddy Current og magnetbånd, og metallet afsættes til genanvendelse.

Inert affald

Den inerte fraktion, som består af glas, sten, sand mv., deponeres pt., men der arbejdes for at den i fremtiden kan genanvendes til eksempelvis vejkonstruktioner.

Enzymbehandlingsprocessen

Enzymbehandlingsprocessen vil næppe kunne opfylde de nye krav i EU's Affaldsdirektiv om særskilt indsamling af madaffald fra husstanden. I direktivets artikel 22 om bioaffald står der, at bioaffald senest den 31. december 2023 skal indsamles særskilt og ikke blandes med andre former for affald. Kun affald der har *"tilsvarende egenskaber hvad angår bionedbrydelighed og komposterbarhed, der opfylder de relevante europæiske standarder eller eventuelle tilsvarende nationale standarder for emballage, som kan genanvendes ved kompostering og bionedbrydning, indsamles sammen med bioaffald."*

Der er dog mulighed for, at medlemsstaterne (dvs. Miljø- og Fødevareministeriet) kan søge om dispensation fra Affaldsdirektivets krav, men det vil kræve, at mindst en af følgende betingelser er opfyldt:

- a) *Samlet indsamling af visse typer affald påvirker ikke deres potentiale for at blive forberedt med henblik på genbrug, genanvendelse eller på anden måde nyttiggjort i overensstemmelse med artikel 4, og kvaliteten af outputtet fra disse operationer er sammenlignelig med den, der opnås via særskilt indsamling.*
- b) *Særskilt indsamling giver ikke det bedste miljøresultat, når man betragter den samlede miljøvirkning af håndteringen af de relevante affaldsstrømme.*
- c) *Særskilt indsamling er ikke teknisk mulig under hensyntagen til god praksis inden for affaldsindsamling.*
- d) *Særskilt indsamling vil medføre uforholdsmæssigt høje økonomiske omkostninger set i forhold til de omkostninger, der er forbundet med negative miljø- og sundhedsmæssige påvirkninger af blandet affaldsindsamling og -behandling, potentialet for energieffektivitetsforbedringer i indsamling og behandling af affald, indtægter fra salg af sekundære råstoffer samt anvendelsen af princippet om, at forureneren betaler, og udvidet producentansvar.*

Det vurderes derfor, at Enzymbehandlingsprocessen ikke vil kunne opfylde EU's krav om særskilt indsamling af madaffald, samt at det ikke vil være realistisk at få godkendt en ansøgning om dispensation fra kravet.

5.3.3 Miljø

Et notat fra Miljøstyrelsen, udarbejdet af COWI og DTU Miljø¹², vurderer, at de mest betydende miljøbelastninger knytter sig til fremstillingen af energi og enzymer, hvilket primært gælder for drivhuseffekt. Overordnet set vurderer notatet, at enzymbehandling (RENescience) med hensyn til drivhuseffekt er sammenlignelig med forbrænding.

¹¹ <https://orsted.com/da/Our-business/Bioenergy/Renescience>

¹² https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/RENescience_notat_121101_Final.pdf

Enzymbehandling af restaffald vil medføre en mere effektiv separering af madaffaldet og andet biologisk materiale i forhold til en særskilt indsamling af madaffaldet alene. En bedre udnyttelse af det biologiske materiale i restaffaldet betyder, at hvis digestatet fra biogasproduktion af biovæsken fra enzymbehandlingsanlægget kunne overholde kravene i *Affald til jord bekendtgørelsen*, så kunne fosforindholdet teoretisk udnyttes fuldt ud.

I 2010 blev biovæsken fra enzymbehandlingsanlægget "REnescience" prøvetaget og fosforindholdet i biovæsken vurderet til at ligge i intervallet 0,5-0,9 kg P/ton biovæske, eller 6-9 kg P/ton TS i biovæsken¹³. Derved kunne biovæsken teoretisk fortrænge samme mængde fosfor-kunstgødning.

Med hensyn til indhold af kvælstof i biovæsken vil der (som for anden organisk gødning) være en generel øget risiko for nitratudvaskning og dermed en øget næringssaltbelastning i forhold til anvendelse af handelsgødning¹⁴, hvis biovæsken kunne anvendes til jordbrugsformål.

For 2D og 3D fraktionerne kan der i fremtiden være mulighed for at kunne genanvende plastaffaldet til genanvendelse eller fremstilling af organiske materialer. I et notat fra Miljøstyrelsen om enzymbehandlingsteknologien vurderes det dog, at:

*"en yderligere separering og genanvendelse af plast fra restaffaldet giver ikke på tilsvarende vis væsentlige miljøforbedringer i forhold til forbrænding. Dette afhænger dog af mængden og kvaliteten af plast i restaffaldet, hvilket påvirkes af kildesortering og indsamlingssystem. Det vurderes dog generelt, at det kan være vanskeligt at opnå en tilstrækkelig høj kvalitet af det udsorterede plastaffald (dvs. for REnescience især 2D-plast og til dels 3D-plast fraktionerne)."*¹⁵

Enzymbehandlingsteknologien vurderes dog at give mere lagerbare, faste brændsler end for forbrænding af restaffald inklusiv madaffald.

Udsorteringen af metaller til genanvendelse, særligt ikke-magnetiske metaller, vurderes at bidrage væsentligt ift. sparede emissioner sammenlignet med forbrænding især ift. drivhuseffekt og forsurening¹⁶. Endvidere vurderes det, at enzymprocessen muliggør en yderligere sortering af metal ift. udsortering af metaller fra forbrændingsslagge.

5.3.4 Klima

Som det er nævnt i afsnit 5.3.3, er enzymbehandlingsteknologien generelt vurderet at være sammenlignelig med forbrænding, når det gælder drivhuseffekt. Dog kan det fremhæves, at enzymbehandlingsteknologien producerer en biovæske, der kan anvendes til biogasproduktion, som er en CO₂-neutral energi og bidrager til at opfylde de politiske energimålsætninger om CO₂-neutralitet i 2050 (se afsnit 8.2).

I scenarierne 1A (fælles) og 1B (Aarhus alene) vil biovæsken blive afsat til biogasproduktion, hvor biogassen opgraderes og afsættes til gasnettet. Dermed vil biogassen fortrænge naturgas, som vil bidrage til at opfylde de danske energipolitiske målsætninger. I Tabel 15 ses, hvor meget biogas og opgraderet biogas biovæsken vil resultere i samt, hvilke CO₂-besparelser der opnås.

Tabel 15 Biogasproduktion samt CO₂ besparelser for Enzymbehandlingsscenarioet

Scenarie	Biovæske tons	Biogas Nm ³ CH ₄	Biogas brændværdi MJ/Nm ³	Opgraderet biogas MJ/Nm ³	CO ₂ besparelse tons
1A – Fælles	155.804	7.790.198	179.174.564	103.921.247	5.876
1B – Aarhus	91.568	4.578.408	105.303.385	61.075.963	3.453

¹³ https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

¹⁴ https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

¹⁵ https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

¹⁶ https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

I scenarie 1A (fælles) vil der være en CO₂-besparelse på ca. 5.900 tons ved at opgradere biogassen til gasnettet og for scenarie 1B vil besparelsen være ca. 3.500 tons CO₂.

Endvidere vil der være en yderlige CO₂-besparelse i forbindelse med genanvendelse af metallerne ift. forbrænding, da der separeres mere metal i en bedre kvalitet fra enzymbehandlingsprocessen end ved sortering af forbrændingsslagge (som nævnt i afsnit 5.3.3).

Hvis plastfolier fra 2D fraktionen i fremtiden kan genanvendes til nye plastprodukter, vil dette også være forbundet med CO₂-besparelser. Ved at genanvende 1 ton plast spares der 2,8 tons CO₂¹⁷, og der kunne derfor teoretisk spares hhv. ca. 98.000- 169.000 tons CO₂ i de to beregnede scenarier, hvis det antages at 90 % af 2D fraktionen består af plast. Det er dog endnu ikke teknisk muligt at genanvende plasten fra hverken 2D eller 3D fraktionerne, og det er uvist, hvornår det bliver muligt.

5.3.5 Økonomi

Resultatet af den økonomiske beregning af enzymbehandlingsscenarierne er opsamlet i Tabel 16.

Tabel 16 Økonomisk beregning af enzymbehandlingsscenarierne 1A og 1B

Enzymbehandling	1A Fælles	1B Aarhus alene
Biovæske (organisk affald og vand) ton/år	155.804	91.568
Behandlet mængde rest- og madaffald ton/år	113.892	66.936
Investering inkl. anlæg og bygninger kr.	500.000.000	370.000.000
Investering afskrivning kr./år	29.978.783	22.184.300
Drift og vedligehold kr./år	37.185.966	32.985.875
Anlægs- og driftsomkostninger kr./år	67.164.749	55.170.174
Deponering kr./år	814.326	478.591
Afvanding og slamforbrænding kr./år	100.372.846	58.990.518
Udgifter i alt kr.	168.351.921	114.639.284
Metal genanvendelse kr./år	512.513	301.211
Besparelse forbrænding kr./år	22.155.370	13.021.019
Indtægter i alt kr./år	22.667.883	13.322.230
Meromkostninger i alt kr.	145.684.038	101.317.053
Årlig meromkostning (mad + rest) kr./ton	1.279	1.514
Årlig meromkostning madaffald kr./tons	3.384	4.004
Antal husstande og sommerhuse	267.109	154.122
Årlig meromkostning – kr./husstand	545	657
Genanvendelse - procentpoint ny EU beregning *	0	0

*Det er ikke muligt at beregne bidrag til genanvendelsesprocenten, da biovæsken ikke kan genanvendes.

Som det fremgår af Tabel 16, vil fællesscenariet (1A) være det billigste scenarie, da stordriftsfordelene kan udnyttes. Vælger Aarhus Kommune at etablere et enzymbehandlingsanlæg alene, vil meromkostningen for et ton

¹⁷ Faktaark fra Miljø og Fødevareministeriet

affald (restaffald + madaffald) være 1.514 kr. pr. ton mod 1.279 kr. i fælles scenariet. Endvidere vil meromkostningen pr. husstand i fællesscenariet være 545 kr. og 657 kr. i Aarhus scenariet.

Følsomhedsanalyse

Der er foretaget følsomhedsanalyse på følgende parametre:

- Prisen på anlægget - +/- 20 %
- Bortskaffelse biovæske - +/- 25 %

Ved ændring af prisen på anlægget med 20%, påvirkes prisen pr. ton affald og pr. husstand med 4-4,5% og ved ændring af omkostninger til bortskaffelse af biovæske med 25% påvirkes fællesscenariet (både pr. ton affald og pr. husstand) med 17,2% og scenariet for Aarhus med 14,6%. En ændring i omkostningerne til bortskaffelse af biovæske har således langt større effekt, end en ændring i anlægsomkostningerne.

5.3.6 Opmærksomhedspunkter i værdikæden

De mest kritiske punkter i værdikæden er følgende:

- Det vurderes, at enzymbehandling af restaffald i udgangspunktet ikke opfylder EU's krav om særskilt indsamling madaffaldet, og at muligheden for at opnå en dispensation herfra ikke er realistisk.
- Biovæsken har i dag en så dårlig kvalitet, at den ikke kan anvendes til jordbrugsformål i Danmark, og dermed vil madaffaldet ikke kunne indgå i beregning af genanvendelsesprocenten.
- Der findes kun et enzymanlæg af sin art i England, og dette anlæg kører endnu ikke på fuld kapacitet pga. af en lang række problemer med teknologien. I England er biovæsken dog godkendt til anvendelse af dyrkning af energipil og andre lignende, ikke-fortærbare afgrøder, herunder at den heller ikke anvendes til foder. Øvrige restprodukter kan i dag ikke genanvendes med undtagelse af metallet. Det betyder, at enzymbehandlingsteknologien umiddelbart vurderes at have større usikkerhedsmomenter end de øvrige undersøgte alternativer.
- Et enzymbehandlingsanlæg er forbundet med en stor investering, som på lang sigt binder indsamlingssystemet til én bestemt løsning, nemlig af affaldet enzymbehandles.

Da København Kommune skulle evaluere deres enzymbehandlingsprojekt om Renaissance-anlægget i 2016, fravalgte borgerrepræsentationen løsningen med følgende begrundelse:

"Man kunne sådan set godt skabe den biogas, som vi gik efter. Vi kunne dog ikke få det jordforbedringsmiddel, som vi også gerne ville bruge københavnernes madaffald til. Som vi gør nu, kan vi både få biogas og jordforbedringsmiddel, og det var det, vi ville. Det andet kunne ikke lade sig gøre (med Renaissance, red.). Det var simpelthen ikke rent nok til at komme ud på landbrugsjorden, siger Merete Kristoffersen, der er enhedschef i Teknik- og Miljøforvaltningen i Københavns Kommune, og som sad med ved bordet, da Renaissance blev testet"¹⁸.

5.3.7 Service for borgerne

Enzymbehandlingsanlægget vil ikke have konsekvenser for borgernes nuværende affaldshåndtering eller for logistikken i affaldsindsamlingen. I dette scenarie vil borgerne forsat sortere deres restaffald som i dag og placere det i de samme beholdere. Det vil således ikke give forandringer for borgerne ift. affaldsadfærd, plads til beholdere i køkken og/eller udenfor, affaldsinformation eller lign.

Enzymbehandlingsløsningen vil endvidere ikke give anledning til f.eks. lugtgener eller problemer med maddiker eller lign. som særskilt indsamling af madaffald kan give anledning til, særligt om sommeren.

¹⁸ <https://nyheder.tv2.dk/business/2019-08-05-problemer-hos-oersted-anlaeg-forsinket-mere-end-to-aar>

Borgerundersøgelser viser generelt, at borgerne gerne vil sortere mere. Aarhus Kommune har f.eks. i deres undersøgelse¹⁹ fundet, at 80 % af borgerne i høj eller meget høj grad vil sortere mere i fremtiden, end de gør i dag. Det er primært den gruppe af borgere, der i forvejen selv vurderer, at de allerede i høj grad sorterer deres affald. Hver tredje borger (34 %) er mest villig til at sortere mere madaffald. 66 % af borgerne i kommunen med egne affaldsbeholdere er villige til at have yderligere én eller flere affaldsbeholdere for at kunne sortere mere, end de gør i dag.

Muligheden for at sortere madaffald særskilt har endvidere vist sig at øge borgernes bevidsthed om madspild. Vejle Kommune har f.eks. erfaret, at mængden af indsamlet madaffald er faldet efter, at kommunen har indført ny indsamlingsordning for madaffald i 2-kammerbeholdere. Denne effekt vil ikke opnås i enzymbehandlingsscenariet.

5.4 Opsamling enzymbehandlingsscenarie

Beregning og vurdering af enzymbehandlingsscenariet er opsamlet i tabel 17, hvor fordele og ulemper ved scenariet er beskrevet.

Tabel 17 Opsamling af enzymbehandlingsscenarie

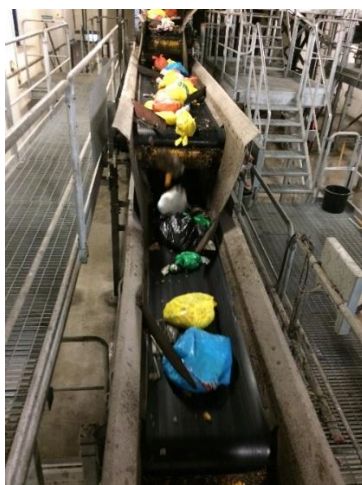
Scenarie 1 Enzymbehandling	Fordele	Ulemper
Teknologi / teknik	<ul style="list-style-type: none"> Indsamlingssystemet forbliver uændret. Eksisterende materiel, biler, logistik mv. bibeholdes. 	<ul style="list-style-type: none"> Der eksisterer i dag ikke anlæg i Danmark. Det gør behandlingskapaciteten usikker ved f.eks. produktionsstop, nedbrud og lignende. Eksisterende anlæg i England har store tekniske problemer og kører endnu ikke med fuld kapacitet. Anlægget vurderes til at være sårbart. Anlægget har vist sig følsomt over for slitage og stort affald. REnescience teknologien vurderes at have større usikkerhedsmomenter end de øvrige alternativer. På grund af energiforbruget bør anlægget placeres tæt ved et anlæg med overskydende varme, f.eks. et forbrændingsanlæg.
Miljø	<ul style="list-style-type: none"> Mindre ressourceforbrug, da eksisterende indsamlingsmateriel og biler kan anvendes. 100 % udnyttelse af organisk materiale. Stort ressourceforbrug af enzymer, vand og energi. 	<ul style="list-style-type: none"> Teknologien vurderes ikke, at kunne blive anerkendt som særskilt indsamling af madaffald iht. EU-krav, og det er ikke realistisk, at en evt. ansøgning om dispensation vil blive godkendt.
Genanvendelse	<ul style="list-style-type: none"> Udsorteret metal fra anlægget, der genanvendes. 	<ul style="list-style-type: none"> Biovæsken er ikke godkendt til genanvendelse til jordbrugsformål og bidrager derfor ikke til genanvendelsesprocenten. Det vurderes, at biovæsken ikke kan afsættes til biogasanlæg, da de afsætter digestatet til jordbrugsformål. Plastaffald fra anlægget kan ikke genanvendes. Inert affald deponeres.

¹⁹ Kundemåling: Rapport | Version 3 | AffaldVarme | 15. januar 2020

Scenarie 1 Enzymbehandling	Fordele	Ulemper
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Der kan produceres biogas af biovæsken, som kan opgraderes og afsættes til gasnettet. • Gaspotentialet i madaffaldet og andet organisk materiale i restaffaldet kan udnyttes fuldt ud, da enzymerne sikrer, at alt organisk materiale frasorteres • Biogas fortrænger naturgas på gasnettet og bidrager til at reducere CO₂ udledning. • Biogasproduktion bidrager til den klimapolitiske målsætning. • Co₂ besparelse ved metalgenanvendelse. 	<ul style="list-style-type: none"> • I forhold til drivhuseffekt er enzymbehandling sammenlignelig med forbrænding.
Økonomi		<ul style="list-style-type: none"> • Anlægget er forbundet med en stor investering, der binder affaldsbehandlingen til teknologien. • Meromkostningen til enzymbehandling er høj.
Service for borgeren	<ul style="list-style-type: none"> • Giver ikke anledning til ændringer for borgerne ift. den nuværende situation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Løsningen bidrager ikke til øget bevidsthed hos borgerne om madspild

6 Scenarie 2: Posesortering

Ved posesortering, sorteres fraktionerne i forskellig farvede poser hos borgerne, og poserne placeres i den samme beholder (1-kammerbeholder). Poserne indsamles og sorteres efterfølgende automatisk efter farve på et optisk sorteringsanlæg. På billede 6 ses beholderen med de farvede poser, de farvede poser, som transporteres til sortering på anlægget og endelig udsorterede grønne poser med madaffald.

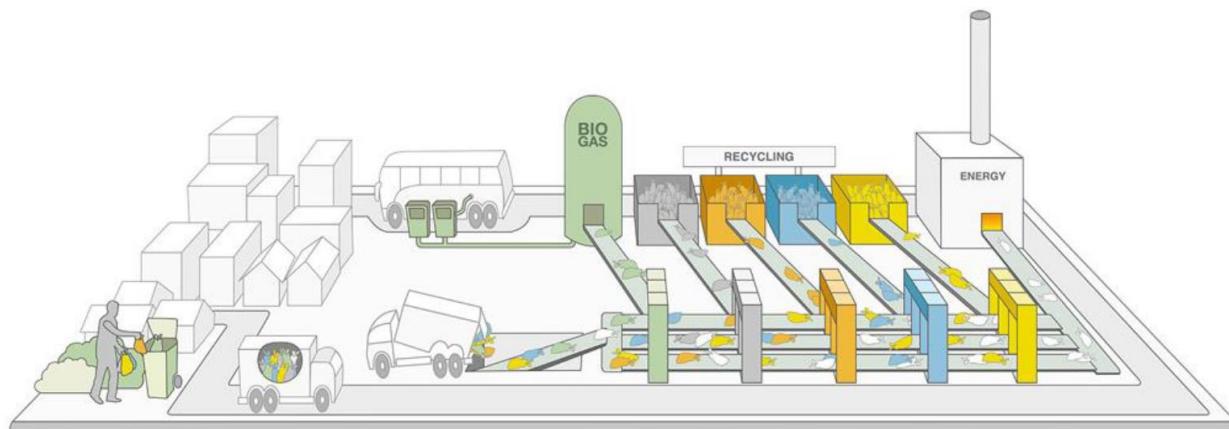


Billede 6. Posesortering – affaldsbeholder og sortering på anlægget

6.1 Beskrivelse af teknologi og erfaringer

I det følgende beskrives teknologien, herunder massebalance og kapaciteter samt udviklingsstadiet og erfaringer fra andre anlæg af samme type. Processen i et posesorteringsanlæg er illustreret i nedenstående Figur 6.1.

Figur 6.1 Processen i et posesorteringsanlæg²⁰



Et posesorteringsanlæg består af følgende komponenter:

- Modtagebuffer
- Transportbånd
- Optiske læsere og afslagere
- Containere

De indsamlede farvede poser læses af i en modtagebuffer, hvorefter poserne transporteres via et transportbånd ind i anlægget. Inde i anlægget passerer poserne en række optiske sensorer, som registrerer posernes farver. Den enkelte sensor reagerer kun på den farve, som sensoren er programmeret til at registrere, eksempelvis grøn. Når en grøn pose passerer sensoren, giver den et signal til en skubber (mekanisk arm), som derefter skubber posen ud på en andet transportbånd, der transporterer den grønne pose til en container, hvor alle andre grønne poser også transporteres til. Poser eller andet løst affald, som ikke genkendes af sensorerne, forbliver på transportbåndet og opsamles i en container til rejekt for enden af transportbåndet. Rejekt afsættes til forbrænding.

Når de farvede poser er sorteret i anlægget (grønne i én container, blå i en anden container osv.) transporteres de farvesorterede poser til videre oparbejdning på andre anlæg. Madaffald transporteres f.eks. til et forbehandlingsanlæg med efterfølgende afsætning til biogasproduktion.

Et optisk posesorteringsanlæg kan håndtere fra to til i princippet et ubegrænset antal farvede poser. Eksisterende anlæg sorterer i op til seks fraktioner. For at anlægget kan kende forskel på poserne, skal der anvendes bestemte farvede plastposer til de fraktioner, der ønskes sorteret. Det betyder, at der skal udleveres poser til

²⁰Notat om optisk sortering, Vestforbrænding <https://furesoe.meetingsplus.dk/welcome-da/udvalg/udvalg-for-natur-miljo-og-gron-omstilling/udvalg-for-natur-miljo-og-gron-omstilling/protocol/51-notat-om-optisk-sortering-bag-grundsnotat-fureso-kommunepdf?downloadMode=open>

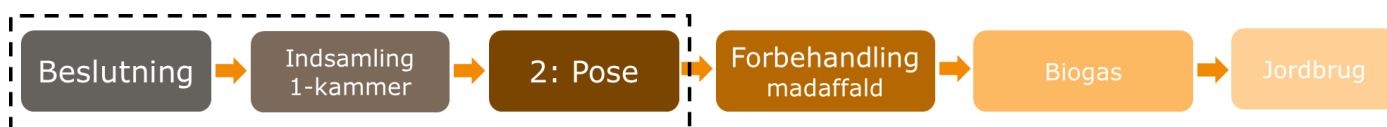
borgerne. Anlægget kan designes til forskellige kapaciteter alt efter antal poser, ligesom anlægget kan drives i flere skift, hvorved kapaciteten øges.

Ved indsamling af det posesorterede affald, kan det eksisterende indsamlingsmateriel anvendes. Det posesorterede affald kan dog ikke komprimeres ligeså meget som ikke posesorteret restaffald pga. risiko for at poserne går i stykker.

6.1.1 Beskrivelse af værdikæden

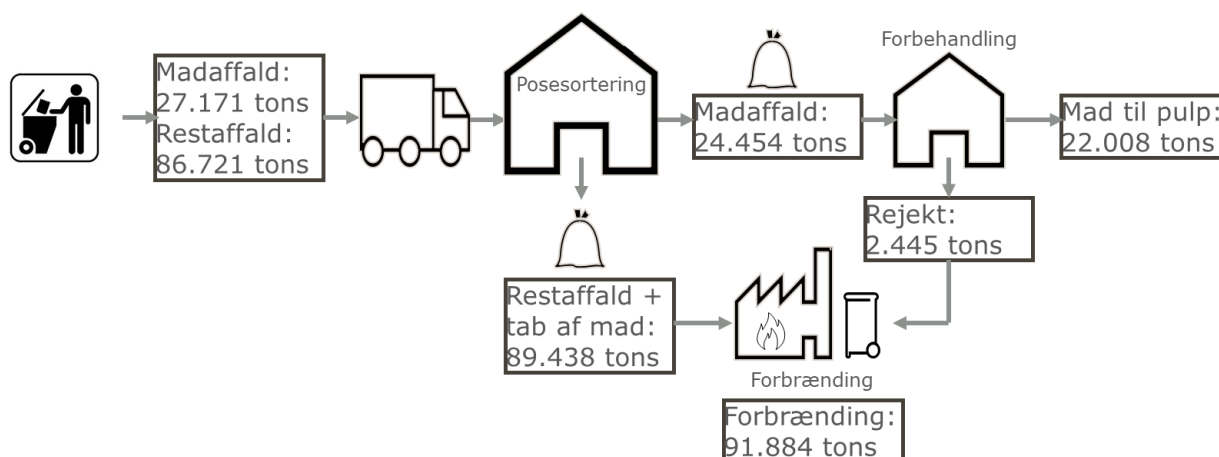
Værdikæden for Scenarie 2: Posesortering ses i Figur 6.2. Den stiplede kasse viser, hvilke dele af værdikæden, der er omfattet af scenariet. Det betyder, at forbehandlingsanlægget af det posesorterede madaffald ikke er omfattet af scenariet, men at omkostningen ved afsætning af det posesorterede madaffald til forbehandling er inkluderet samt en kort beskrivelse af forbehandlings- og biogasmulighederne i Danmark i afsnit 8.1 og 8.2. Endvidere vurderes den mulige mængde af biogas produceret fra madaffaldet, klimaeffekter og kvaliteten af digestatet ift. jordbrugsformål med det formål at sammenligne med de øvrige scenarier.

Figur 6.2 Værdikæde for posesorteringsscenarioet



Ved optisk sortering vil der være nogle tab af materialer i behandlingskæden²¹. I Figur 6.3 ses massebalancen for posesorteringsscenarioet ift. mængder af rest- og madaffald fra indsamling gennem posesortering til output af biopulp fra forbehandling. Der tilsættes vand til madaffaldet på forbehandlingsanlægget, som indgår som en del af biopulpen. Vandet er IKKE medtaget i beregning i figuren, hvorfor outputtet fra forbehandlingsanlægget er benævnt "Mad til pulp:".

Figur 6.3 Mængder og tab i behandlingskæde for optisk sortering - fællesscenarie



Som det ses af Figur 6.3 vil en indsamlet mængde madaffald hos borgerne på 27.171 tons reduceres gennem værdikæden til 22.008 tons, der efter endt forbehandling kan afsættes til biogasproduktion. Det ses også, at der vil være tab af madaffald i posesorteringens anlægget og i den efterfølgende forbehandling.

²¹ Tab er vurderet på baggrund af eksisterende undersøgelser fra optiske sorteringsanlæg i Norden bl.a. anlæg i Oslo i Norge og Eskilstuna i Sverige.

Det sorterede madaffald i poser transporteres efterfølgende til et forbehandlingsanlæg, hvor madaffaldet pulpes til en biopulp, der afsættes til biogasproduktion. Poser og fejlsorteringer sorteres fra og brændes. Der er dog et forbehandlingsanlæg, der har udviklet en vaskeproces for poser og andet plastemballage, hvor den rengjorte plast afsættes til produktion af affaldsplastposer. Et andet forbehandlingsanlæg overvejer at afsætte plastaffaldet til et nyt anlæg, der er under opstart og som anvender pyrolyseteknologi til at omdanne plasten til olie til produktion af nye plastprodukter (se afsnit 6.3.2). Restaffaldet transporteres til affaldsforbrænding.

Anlæg til optisk sortering af affald i farvede poser har i en årrække været anvendt i kommerciel skala mange steder i bl.a. Norge og Sverige og anvendes stadigvæk. Herunder ses en liste over fungerende kommercielle anlæg i Norge og Sverige:

- Oslo
- Tromsø
- Halmstad
- Eskilstuna
- Linköping
- Kalmar

Teknologien er velafprøvet og må betegnes som moden. Anlægget kræver lille bemanding og kan køre i skift. Det kræver dog daglig rengøring. Erfaringerne fra Sverige og Norge er, at det er relativt nemt at indføre posesortering, fordi det kun kræver at etablere selve sorteringsanlægget og at borgerne blot sorterer madaffaldet i en grøn pose og restaffaldet i en sort pose. Resten af indsamlingssystemet (beholdere, indsamlingsbiler mv.) er uændret. Systemet er velegnet i tyndt befolkede områder, men anvendes også i byer, tætte bykerne og sommerhusområder, hvor der er begrænset plads til affaldssortering, smalle veje eller lignende.

Til trods for flere velfungerende posesorteringsanlæg i drift, overvejer Oslo Kommune delvis lukning af deres anlæg. Årsagen er manglende tillid fra borgene til at madaffaldet reelt frasorteres og bl.a. derfor ikke binder dobbeltknuder på poserne til madaffald, med tab af madaffald til følge i værdikæden. Endvidere er borgernes sorteringsgrad også medvirkende til tab af madaffald. Ydermere har de haft problemer med, at renovatøren komprimerede affaldet for hårdt i renovationsbilerne, hvilket har medført yderligere tab. Der er erfaringer fra Sverige og Norge, hvor rumvægten i en komprimatorbil er nedsat fra ca. 450 kg/m³ til ca. 300 kg/m³ for at undgå iturevne poser. Oslo Kommune håber på, at en ændring i indsamlingsordningen kan få en mere positiv start og større tiltro fra borgerne og dermed medføre, at en større mængde madaffald kan blive genanvendt. Hovedårsagen til lukningen er altså ikke posesorteringsanlægget, men derimod borgernes og renovatørens adfærd.

I Danmark er det kun Vejle Kommune og Aarhus Kommune, der har erfaringer med posesortering af affald i farvede poser. Vejles posesorteringsanlæg blev etableret i 1989 og var i drift indtil 2016. Der har generelt været tilfredshed med sorteringsanlægget²². Vejle Kommune besluttede alligevel at nedlægge anlægget og indsamle madaffald særskilt i 2-kammerbeholdere. Baggrunden for beslutningen var bl.a., at anlægget var nedslidt, der var et stort spild af poser, samt etablering af nye ordninger på andre affaldsfraktioner mv.

I Aarhus etableredes et posesorteringsanlæg i 2001 til restaffald (sorte poser) og madaffald (grønne poser). Aarhus Kommune valgte at lukke anlægget i 2004, da en opgørelse over energiforbruget og tab af madaffald i forbehandlingsanlægget til adskillelse af madaffald og poser var for stort. Kun 1/3 af det sorterede madaffald havnede i biogasanlægget²³.

²² DAKOFA konference 04.04.11, præsentation Karen Lübben.

²³ <https://mst.dk/media/90784/Fremtid%20organisk%20affald%20og%20erfaringer%20Hel-sing%C3%B8r%20%C3%85rhus.pdf>

Halsnæs Forsyning og kommunerne Gribskov og Frederikssund har undersøgt mulighederne for optisk sortering af affaldet i hhv. fire og seks fraktioner²⁴. Halsnæs Forsyning gennemførte efterfølgende et forsøg med indsamling af affaldet i fem fraktioner²⁵ men valgte ikke at gå videre med projektet, da der ikke var interesse fra andre kommuner.

Som for andre særskilte affaldsindsamlingsordninger afhænger kvaliteten af outputtet fra systemet bl.a. af, at borgerne sorterer korrekt og husker at binde knude på poserne. Ved sortering i poser er det ikke muligt at komprimere affaldet i samme grad som ved indsamling af restaffald, da poserne risikerer at gå i stykker, og løst madaffald bliver frasorteret som restaffald på posesorteringsanlægget. Det er derfor vigtigt, at der indkøbes poser af en kraftigere kvalitet, som ikke går i stykker så let.

6.2 Beskrivelse af Scenarie 2: Posesortering

Beregningen af scenarie 2 for posesortering er baseret på en fællesløsning for de fire oplande (scenarie 2A) samt et scenarie for hver af de enkelte selskaber hhv. 2B: Aarhus, 2C: Reno Djurs, 2D: Renosyd og 2E: Favrskov Forsyning.

Scenariet er baseret på benyttelse af eksisterende affaldsbeholdere. Madaffald og restaffald sorteres hos borgeren i hver sin farvede pose (grøn og sort), og poserne placeres i eksisterende beholdere til restaffald. Det posesorterede affald indsamles med eksisterende indsamlingsbiler og køres til det optiske sorteringsanlæg. Poserne farvesorteres og transporteres til videre behandling (rest i sorte poser til forbrænding og mad i grønne poser til forbehandling). Det forudsættes, at posesorteringsanlægget placeres ved forbrændingsanlægget i Lisbjerg ved Aarhus. Alternativt kan der etableres to posesorteringsanlæg - et stort anlæg ved forbrændingsanlægget i Lisbjerg og et lille anlæg hos Renosyd. Dette scenarie er dog ikke omfattet af scenarieberegningen. Beregningen er for scenarierne 2A-2E er baseret på følgende forudsætninger, som fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 18 Specifikke forudsætninger for beregning af posesorteringsscenarie

Forudsætninger posesortering	2A Fælles	2B Aarhus	2C-E Reno Djurs, Renosyd, Favrskov	Kilde
Sorteringskapacitet, ton/time	36	18	9	ENVAC
Driftstid, timer pr. dag	14	14	14	ENVAC
Beregnet elforbrug, KW/ton	3	3	3	ENVAC
Elpris, kr. /MWH	301,30	301,30	301,30	Elprisstatistik, 1. halvår 2019
Bemanding, fuldtidsarbejde pr. skift	2	1	1	ENVAC
Antal skiftehold	2	1	1	ENVAC
Anlægsinvestering, mio. kr.	62	35	14	ENVAC
Bygning, mio. kr.	29	29	15	Beregnet baseret på <i>Vurdering af modeller for sortering af husholdningsaffald, Fredensborg</i>
Forventet levetid, år	20	20	20	
Kalkulationsrente (realrente)	2%	2%	2%	
Service og vedligehold mv., kr./år	380.000	190.000	69.000	ENVAC
Poser, indkøb kr./bolig	48	48	48	Beregning
Poser, kr./stk.	0,12	0,12	0,12	Vejle Kommune

²⁴ Økonomi og vurdering af optisk posesortering. Januar 2016: <https://genanvend.mst.dk/media/160802/rapport-opnords22-final.pdf>

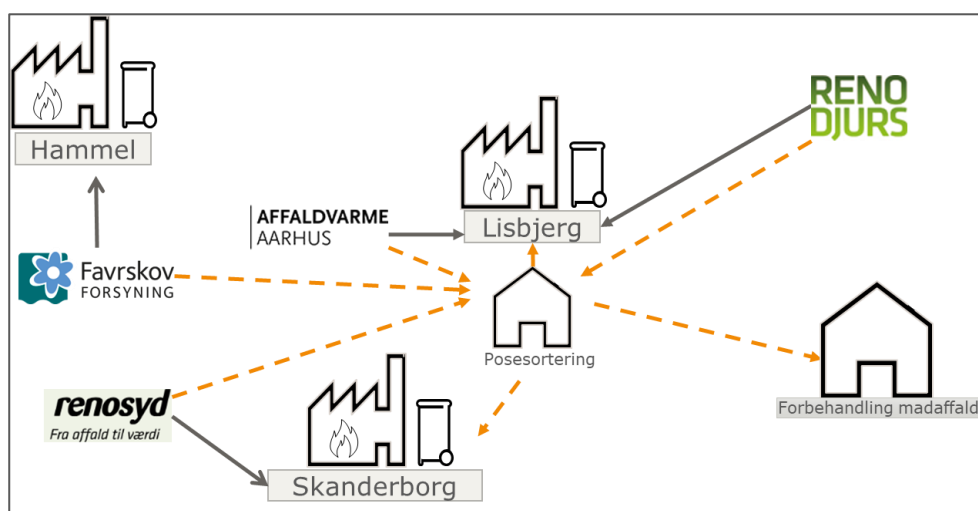
²⁵Affald i farver - Forsøg med optisk posesortering, oktober 2017 <https://genanvend.mst.dk/media/189940/rapport-2017-11-01-forsoeg-med-optisk-posesortering.pdf>

Antal poser stk./bolig/fraktion/år	200	200	200	Projektgruppen
Antal tømninger pr. år for midtby	74	74	74	AVA
Behandlingspris forbehandling kr./ton	200	200	200	Oplysning anlæg
Poser udbringning, kr./bolig	20	20	20	Joca
Posestativ inkl. udbringning, kr./bolig	22	22	22	Joca
Tabstrate posesortering, %	10	10	10	Oplysning litteratur
Tabstrate forbehandling, %	10	10	10	Oplysning litteratur

6.2.1 Omlastning og transport

Da det forudsættes, at posesorteringsanlægget placeres ved forbrændingsanlægget i Lisbjerg ved Aarhus, vurderes det, at der ikke er behov for omlastning i dette scenarie. Det indsamlede posesorterede rest- og madaffald indsamles på samme måde som i dag i eksisterende beholdere og med eksisterende renovationsbiler og køres direkte til posesorteringsanlægget. I Figur 6.4 er transporten for posesorteringsscenariet sammenholdt med transportsituationen i dag. De grå pile viser, hvordan restaffaldet transporteres i dag, og de stiplede orange pile viser, hvordan affaldet vil skulle transporteres i tilfælde af etablering af et fælles posesorteringsanlæg i Lisbjerg.

Figur 6.4 Transport ifm. Posesortering sammenholdt med transport i dag



Som det ses af figuren, vil Rensyd have behov for returkørsel af restaffald fra posesorteringsanlægget i Lisbjerg til forbrændingsanlægget i Skanderborg eller evt. en udveksling af affald. Favrskov Forsyning udbyder i dag deres restaffald til forbrænding, hvorfor en fremtidig afsætning af restaffaldet til posesorteringsanlæg ikke vil kræve udveksling af brændbart affald med kraftvarmeanlægget i Hammel, som brænder Favrskovs restaffald i dag.

6.3 Beregning af posesorteringsscenarierne 2A-2E

I det følgende beskrives scenarieberegningerne for hhv. scenarie 2A-2E.

6.3.1 Mængder

Når madaffaldet bliver sorteret i posesorteringsanlægget, opstår et tab på 10 %, bl.a. i form af løst madaffald fra iturevne poser samt fejlsorteringer på anlægget jf. Figur 6.3 i afsnit 6.1.1. De sorterede affaldsposer afsættes herefter til forbehandling, hvor der ligeledes er et tab på 10 % i form af frasortering af plastposer, fejlsorteringer og organisk materiale, der klæber på poserne.

Af Tabel 19 fremgår det, at der genanvendes i alt ca. 22.000 tons madaffald af den samlede mængde indsamlet madaffald på ca. 27.000 tons. I forbehandlingen tilsættes vand. Til 1 ton madaffald tilsættes gennemsnitligt 0,5 ton vand. 1 ton madaffald bliver derfor til ca. 1,5 ton biopulp. Det betyder, at de ca. 22.000 tons madaffald til genanvendelse bliver til ca. 33.000 tons biopulp.

Tabel 19 Mængde indsamlet madaffald og biopulp

Mængder ton/år			
	Madaffald indsamlet	Tab (10% ved posesortering og 10% ved forbehandling)	Madaffald til genanvendelse
Reno Djurs	5.182	984	4.197
Renosyd	4.128	784	3.344
Aarhus	15.561	2.957	12.605
Favrskov	2.300	437	1.863
I alt	27.171	5.162	22.008

6.3.2 Genanvendelsesmuligheder

Ved posesorteringsscenarioet er der to outputs, hhv. madaffaldet i grønne poser og restaffaldet i sorte poser.

Madaffald i grønne poser

Madaffald fra husholdninger har en høj kvalitet med et meget lavt indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer, og grænseværdierne i *Affald til jord bekendtgørelsen* opfyldes erfaringsmæssigt uden problemer. Det betyder, at der ikke er problemer ift. at afsætte madaffaldet til biogasanlæg eller digestatet fra biogasanlæg til jordbrugsformål. Indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer i biopulp fra Komtek ses i Tabel 20, hvor grænseværdierne også ses.

Tabel 20 Deklaration af biopulp ift. indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer²⁶

Mg/kg TS	Grænseværdi	Nyeste analyse Højvang nr. 1302-792-1	Gennemsnit 7 analyser
Bly	120	2,7	4,91
Cadmium	0,8	0,11	0,14
Chrom	100	6,5	8,56
Kobber	1.000	20	24,1
Nikkel	30	2,7	6,19
Zink	4.000	50	112
Kviksølv	0,8	0,04	0,06
PAH	3	0,17	0,21
NPE	20	0,77	2,5
DEPH	50	4,1	13
LAS	1.300	<50	143

²⁶ [http://polweb.vordingborg.dk/open/Teknik-%20og%20Milj%C3%B8udvalget%20\(%C3%85ben\)/2015/12-08-2015/Referat%20\(%C3%85ben\)/12-08-2015%20-%20Bilag%2011.09%20Ans%C3%B8gningsbilag%2052%20-%20Deklaration%20B%E2%80%A6.pdf](http://polweb.vordingborg.dk/open/Teknik-%20og%20Milj%C3%B8udvalget%20(%C3%85ben)/2015/12-08-2015/Referat%20(%C3%85ben)/12-08-2015%20-%20Bilag%2011.09%20Ans%C3%B8gningsbilag%2052%20-%20Deklaration%20B%E2%80%A6.pdf)

Som det ses i tabellen, er indholdet af tungmetaller og miljøfremmede stoffer mange gange lavere end grænseværdierne. Det vurderes derfor, at madaffaldet uden problemer kan genanvendes til jordbrugsformål og tælles med i beregning af kommunernes genanvendelsesprocent.

I forbehandlingsprocessen frasorteres plastposer, fejlsorteringer mv. som rejekt, der afsættes til forbrænding. Et forbehandlingsanlæg (N. C. Miljø) har dog udviklet en vaskemaskine til rejektaffaldet, hvor plastposer og -emballager udsorteres og afsættes til produktion af affaldsplastposer hos f.eks. Trioplast i Nyborg. Endvidere er der et pyrolyseanlæg (Quantafuel) under kommerciel opstart, som omdanner plastaffald til råolie, hvoraf der kan produceres nye plastprodukter. Det undersøges pt. om der er muligheder for at afsætte plast-rejekt fra forbehandlingsanlæg af madaffald. Afsættes madaffaldet til et af disse anlæg vil en del af plastposerne sandsynligvis kunne medregnes som genanvendelse.

Den biogas, der produceres af madaffaldet vil kunne opgraderes til gasnettet og dermed fortrænge naturgas eller anvendes til drivmiddel i transportsektoren. Endvidere kan biogas lagres. Biogasproduktionen bidrager dermed til den politiske klimamålsætning (se afsnit 8.2).

Restaffald i sorte poser

Restaffaldet afsættes til forbrænding.

6.3.3 Økonomi

Resultatet af den økonomiske beregning af posesorteringsscenerierne er opsamlet i Tabel 21.

Tabel 21 Økonomisk beregning af posesorteringsscenerierne 2A-2E

Posesortering	Fælles	Aarhus	Reno Djurs	Renosyd	Favrskov
	2A	2B	2C	2D	2E
Indsamlet mængde madaffald ton/år	24.454	14.005	4.663	3.715	2.070
Mængde restaffald ton/år	113.892	66.936	18.300	18.994	9.662
Investering inkl. anlæg og bygninger kr.	91.000.000	64.000.000	29.000.000	29.000.000	29.000.000
Årlige Investering, afskrivning	5.465.132	3.810.303	1.743.086	1.743.086	1.743.086
Drift og vedligehold kr. /år	477.655	742.762	628.672	628.672	628.672
Drifts- og anlægsomkostninger kr. år	7.942.787	4.553.065	2.371.758	2.371.758	2.371.758
Meromkostning tømning kr.	9.325.297	4.625.335	2.329.361	1.535.324	835.277
Mad forbehandling kr.	4.890.716	2.801.057	932.684	743.047	413.928
Poser indkøb/uddeling kr.	17.536.214	10.454.422	3.153.976	2.559.588	1.368.228
Posestativ kr.	734.550	423.836	148.632	106.609	55.473
Udgifter i alt kr.	40.429.564	22.857.714	8.936.411	7.316.326	5.044.664
Besparelse forbrænding kr.	11.982.253	6.862.590	2.285.076	1.820.465	1.014.123
Indtægter i alt kr.	11.982.253	6.862.590	2.285.076	1.820.465	1.014.123
Meromkostninger i alt kr.	28.447.311	15.995.124	6.651.336	5.495.861	4.030.541
Årlig omkostning behandlet affald (mad+rest) – kr./ton	250	239	363	289	417

Posesortering	Fælles	Aarhus	Reno Djurs	Renosyd	Favrskov
	2A	2B	2C	2D	2E
Årlig meromkostning madaffald kr./tons	1.163	1.142	1.426	1.479	1.947
Antal husstande og sommerhuse	267.109	154.122	54.048	38.767	20.172
Årlig meromkostning – kr./ husstand	107	104	123	142	200
Genanvendelse - procentpoint ny EU beregning	5,1	5,1	5,6	4,8	4,4

Som det fremgår af Tabel 21 vil meromkostningerne pr. ton affald (restaffald + madaffald) være 250 kr./ton for fællesscenariet. Meromkostningerne for Aarhus er lavere end for fællesscenariet, hvorimod de er højere for de øvrige oplande. Ser man på meromkostningerne pr. husstand, er de meget sammenlignelige for fællesscenariet og Aarhus (104-107 kr./husstand). Der er relativ stor forskel på meromkostningerne pr. husstand for de øvrige oplande, hvor Reno Djurs får meromkostninger på 123 kr./husstand, Renosyd 142 kr./husstand og Favrskov 200 kr./husstand. Meromkostningerne for de enkelte oplande påvirkes blandt andet af sammensætningen af boliger, og derfor kan der være forskel på, hvorvidt meromkostningerne bliver højere eller lavere end fællesscenariet, der alt andet lige repræsenterer et gennemsnit af meromkostningerne. Ligeledes påvirkes meromkostningerne for Reno Djurs, Renosyd og Favrskov Forsyning af, i hvilken grad kapaciteten på anlægget kan udnyttes.

Følsomhedsanalyse

Der er foretaget følsomhedsberegninger på følgende parametre:

- Posepriser: 20 øre/stk. i stedet for 12 øre/stk. (67%)
- Omkostninger til sorteringsanlæg +/- 25%

I forbindelse med denne undersøgelse har det vist sig, at priser på poser kan variere meget. Den, der er brugt i beregningerne på 12 øre pr. pose, er en erfaringspris fra Vejle. I et projekt for Horsens Kommune²⁷, blev der regnet med posepriser på 17 øre, på baggrund af oplysninger fra ENVAC (15-19 øre). I en anden undersøgelse gennemført af Rambøll²⁸, regnes med 40 øre pr. pose. Der er derfor beregnet følsomhed på en stigning i poseprisen fra 12 øre/stk. til 20 øre/stk. En stigning i poseprisen fra 12 øre/stk. til 20 øre/stk. vil øge meromkostningerne med 42 % for fællesscenariet, 44 % for Aarhus og 32 %, for Reno Djurs og Renosyd og 23 % for Favrskov. Det er derfor vigtigt, at der er fokus på indkøb af poser.

Stigningen i meromkostningerne pr. ton affald og pr. husstand fremgår af nedenstående Tabel 22.

Tabel 22 Omkostning i kr. pr. ton affald og pr. husstand ved posepris på 20 øre/stk.

	Fælles	Aarhus	Reno Djurs	Renosyd	Favrskov
Omkostning pr. ton affald - kr.	354	345	480	381	513
Omkostning pr. husstand - kr.	151	150	163	187	146

²⁷ <https://horsens.dk/-/media/Content/ESDH/committees/147/2379/23790.pdf>

²⁸ <https://www.fredensborg.dk/document/299b8d50-e434-41a0-8958-890445cdd2f0>

Ændrede omkostninger til sorteringsanlægget på 25 % giver ændrede meromkostninger pr. ton og pr. husstand på 5 % for fællesscenariet, 6 % for Aarhus, 7 % for Reno Djurs, 8 % for Renosyd og 11 % for Favrskov. En stigning i anlægsomkostningerne på 25 % vil betyde, at meromkostningerne pr. ton behandlet affald kommer til at ligge mellem 253 kr./ton for Aarhus og 462 kr./ton for Favrskov, mens meromkostningerne pr. husstand kommer til at ligge mellem 110 kr./ton for Aarhus og 221 kr./ton for Favrskov. En ændring i anlægsomkostningerne har således en mindre betydning for de samlede meromkostninger. Jo større mængder affald anlægget betjener, jo mindre slår forskellen igennem. Hvis anlægget bruges til flere affaldsfraktioner vil anlægget alt andet lige blive mere omkostningseffektivt.

6.3.4 Opmærksomhedspunkter i værdikæden

De mest kritiske punkter i værdikæden er følgende:

- Der er på nuværende tidspunkt ingen danske anlæg. Det kan gøre systemet sårbart ift. forsyningssikkerhed, nedbrud og anlægstop mv. ift. antal sorteringslinjer (kapacitet).
- Et posesorteringsanlæg er forbundet med en investering i et anlæg, som på lang sigt i nogen grad binder indsamlingssystemet til én bestemt løsning, nemlig af affaldet indsamles i farvede poser, der sorteres på centralt anlæg. Til gengæld er systemet fleksibelt, da indholdet i poserne kan ændres efter behov og systemet kan let udvides med indsamling af flere affaldsfraktioner som f.eks. plast, tekstiler mv.
- Tillid til systemet. Erfaringerne fra Oslo viser, hvor vigtigt der er, at borgerne er informeret om, hvordan systemet virker og følger anvisningerne. Der er i Danmark stadig en vis skepsis ift. posesortering pga. dårlige erfaringer i Aarhus, der bl.a. lukkede deres anlæg med henvisning til et stort energiforbrug og stort tab af madaffald i forbehandlingsanlægget til adskillelse af madaffald og poser. Oslo Kommune overvejer ligeledes at lukke deres posesorteringsanlæg pga. manglende tillid og stort tab af madaffald. Der er gode erfaringer i Vejle Kommune, der alligevel valgte at lukke deres posesorteringsanlæg pga. stort spild af poser, etablering af nye ordninger på andre affaldsfraktioner mv. Halsnæs Kommune undersøgte mulighederne for at etablere et posesorteringsanlæg, men fravalgte det bl.a. på grund af, at den høje risiko ved at være eneste kommune med dette system.

Ved posesorteringsscenariet er der endvidere nogle andre forhold, som skal bemærkes:

- Affaldet skal komprimeres mindre ved indsamling for at undgå iturevne poser. Dette betyder, at der kan indsamles en mindre mængde affald på bilerne.
- Der er betydelige ekstra omkostninger til indkøb og omdeling af poser til borgerne, herunder indkøb og omdeling af indendørs køkkenbeholder til madaffald.
- Opmærksomhed på, at borgeren ikke mangler adgang til poser.
- Mulighed for let særskilt sortering ved etageejendomme med skakt.
- Synergieffekter for bedre udsortering af andre materialer.
- Øget behov for information.
- Der kan være manglende tillid til systemet og for ringe udsortering, hvorfor løbende kampagner og information er vigtig.

6.3.5 Service for borgerne

For borgerne betyder posesorteringen, at der vil være flere håndteringsprocedurer end tidligere, da de skal sortere madaffaldet særskilt i en udleveret grøn pose. Det betyder, at der skal skabes plads i køkkenet til en ekstra beholder. Borgeren skal endvidere forholde sig til at sortere korrekt iht. sorteringskriterier for madaffald og huske at binde en dobbeltknode på posen inden den placeres i beholderen udenfor. Der kan derfor være risiko for både fejlsorteringer og løst affald i beholderen.

Til gengæld kan den eksisterende beholder benyttes til poserne med både rest- og madaffald på samme måde som tidligere. Borgeren vil på denne måde ikke opleve store forandringer ift. materiel og logistik i affaldsindsamlingen. Endvidere kan uddelingen af poser til sortering af rest- og madaffaldet opfattes positivt af borgerne, da de ikke selv fremover skal købe poser til affaldet.

Særskilt indsamling af madaffald kan give anledning til gener med lugt, fluer og maddiker. Særligt om sommeren, når det er varmt. Mange kommuner med særskilt indsamling af madaffald øger af denne grund tømmehyppigheden i sommermånederne. Det er så vidt vides ikke undersøgt om indsamling af rest- og madaffald i poser i samme beholder giver færre gener med lugt, maddiker mv.

Borgerundersøgelser viser generelt, at borgerne gerne vil sortere mere. Aarhus Kommune har f.eks. i deres undersøgelse²⁹ fundet, at 80 % af borgerne i høj eller meget høj grad vil sortere mere i fremtiden, end de gør i dag. Det er primært den gruppe af borgere, der i forvejen selv vurderer, at de allerede i høj grad sorterer deres affald. Hver tredje borger (34 %) er mest villig til at sortere mere madaffald. 66 % af borgerne i kommunen med egne affaldsbeholdere er villig til at have yderligere én eller flere affaldsbeholdere for at kunne sortere mere, end de gør i dag. Posesorteringsscenarioet opfylder ønsket om mere sortering, herunder sortering af madaffald.

Muligheden for at sortere madaffald særskilt har endvidere vist sig at øge borgernes bevidsthed om madspild. Vejle Kommune har f.eks. erfaret, at mængden af indsamlet madaffald er faldet efter indførelse af ny indsamlingsordning for madaffald i 2-kammerbeholder. Der kan derfor forventes et fald i de forventede indsamlede mængder af madaffald efter indførelse af særskilt indsamling af madaffald.

6.4 Opsamling posesorteringsscenario

Beregning og vurdering af posesorteringsscenarioet er opsamlet i Tabel 23, hvor fordele og ulemper ved scenarieret er beskrevet.

Tabel 23 Opsamling af posesorteringsscenario

Scenarie 1 Posesortering	Fordele	Ulemper
Teknologi/ teknik	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologien er moden og velafprøvet. • Anlægget kræver lille bemanning og kan køre i skift. • Der eksisterer en lang række velfungerende kommercielle anlæg i Sverige og Norge. • Vejle kommune har positive erfaringer med et tidligere posesorteringsanlæg. • Relativt nemt at indføre optisk sortering – indsamlingsmateriel og biler ændres ikke. • Mulighed for let sortering ved etageejendomme med skakt. • Flexibelt system, der let kan udvides til sortering af andre affaldsfraktioner ligesom indholdet i poserne kan ændres. • Eksisterende indsamlingsmateriel og biler kan anvendes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der eksisterer i dag ikke anlæg i Danmark. Det gør behandlingskapaciteten usikker ved f.eks. produktionsstop, nedbrud og lignende. • Anlægget udgør et ekstra sorteringsled ift. at lade borgerne kildesortere. • Det ikke muligt at komprimere affaldet i samme grad som ved indsamling af restaffald, da poserne risikerer at gå i stykker og løst madaffald bliver frasorteret som restaffald på posesorteringsanlægget. • Mindre komprimering betyder, at der kan indsamles en mindre mængde affald på bilerne. • Der kan derfor være risiko for både fejlsorteringer og løst affald i beholderen.
Miljø	<ul style="list-style-type: none"> • Madaffaldet har en høj kvalitet med et lavt indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. • Genanvendelsen erstatter kunstgødning. • Mindre ressourceforbrug, da eksisterende indsamlingsmateriel og biler kan anvendes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ekstra tab af madaffald ift. alm. Kildesortering hos borgeren. • Kvalitet og mængder afhænger af om borgeren sorterer korrekt og husker at binde knude på posen. • Indsamlingseffektiviteten er kun ca. 50 % • Der benyttes mange poser. • Risiko for spredning af rester af plast sammen med digestat på landbrugsjord.
Genanvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Madaffaldet kan genanvendes til jordbrugsformål. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der er i dag kun få anlæg, der kan genanvende poserne. • Indsamlingseffektiviteten i er kun ca. 50 %, hvilket betyder at ca. ½ af madaffaldet

²⁹ Kundemåling: Rapport | Version 3 | AffaldVarme | 15. januar 2020

	<ul style="list-style-type: none"> • Genanvendelsen tælles med i beregning af genanvendelsesprocent og bidrager positivt til genanvendelsesprocenten. 	afleveres sammen med restaffaldet til forbrænding.
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Der kan produceres biogas af biovæsken, som kan opgraderes og afsættes til gasnettet. • Biogas fortrænger naturgas på gasnettet og bidrager til at reducere CO2 udledning. • Biogasproduktion bidrager til den klimapolitiske målsætning • Ved bioforgasning af madaffaldet udvindes energi i samme størrelsesforhold som ved forbrænding af madaffaldet, men energi udvindes på en form, som kan anvendes til andre formål end opvarmning f.eks. drivmidler • Energien er lagerstabil 	
Økonomi	<ul style="list-style-type: none"> • Mulighed for at udbygge med indsamling af flere fraktioner. 	<ul style="list-style-type: none"> • Indkøb af poser og poseholder er dyrt. • Et posesorteringsanlæg er forbundet med en stor investering i et anlæg, som på lang sigt binder indsamlingssystemet til én bestemt løsning.
Service for borgeren	<ul style="list-style-type: none"> • Den eksisterende beholder benyttes til begge poser – ikke mere pladskrævende udendørs. • Borgeren vil ikke opleve store forandringer ift. materiel og logistik i affaldsindsamlingen. • Uddelingen af poser til sortering af rest- og madaffaldet kan opfattes positivt af borgerne. De skal ikke selv købe poser. • Øger borgernes bevidsthed om madspild. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der kan være manglende tillid til systemet og for ringe udsortering, hvorfor løbende kampagner og information er vigtig • Øget behov for information. • Flere håndteringsprocedurer end tidligere, da de skal sortere madaffaldet særskilt i en udleveret grøn pose. • Borgeren skal forholde sig til at sortere korrekt iht. sorteringskriterier. • Borgerne skal huske dobbeltknuder på poserne til madaffald • Der skal skabes plads i køkkenet til en ekstra beholder. • Kan give anledning til gener med lugt, fluer og maddiker - særligt om sommeren, når det er varmt.

7 Scenarie 3: Indsamling af madaffald i 2-kammerbeholder

Mange kommuner har indført særskilt indsamling af madaffald i 2-kammerbeholder (madaffald i det ene kammer og restaffald i det andet kammer) for enfamilieboliger, hvor madaffaldet afsættes til biogasproduktion efter forbehandling. Der er i dag opbygget stor forbehandlingskapacitet med henblik på at afsætte madaffaldet til biogasproduktion, ligesom biogasanlæggene har kapacitet til at modtage det forbehandlede madaffald. I tætte bymidter, hvor der er nedgravede beholdere, vil sortering og indsamling foregå efter samme princip, hvor den nedgravede beholder er to-delt med et indkast til madaffald og et indkast til restaffald. En række kommuner har endvidere også indført særskilt indsamling af madaffald for etageboliger, hvor der opstilles containere alene til madaffaldet.

7.1 Beskrivelse af teknologi og erfaringer

2-kammerbeholder til madaffald og restaffald er velafprøvet, og der er erfaringer fra en lang række kommuner ift. indsamling, kvalitet, behandling og afsætning. For nedgravede beholdere er der dog ikke ligeså mange erfaringer med indsamling af rest- og madaffald i 2-delte nedgravede beholdere. I etageboliger er der ligeledes erfaringer med at indsamle madaffaldet i en ekstra opstillet container til madaffald.

7.1.1 Beholdere

De kommuner der indsamler rest- og madaffald i 2-kammerbeholder ved husstanden anvender generelt en 240 L beholder med to hjul opdelt i forholdet 40/60 (140 liter restaffald og 100 liter madaffald), som det ses på billede 7.



Billede 7. 2-kammerbeholder

På nogle eksisterende 240 L beholdere med 2 hjul, er det muligt, at få indsat skillevægge. Indsættelse af skillevægge i eksisterende beholder ansås at koste ca. 300 kr. pr. beholder inkl. vask og transport. Afhængig af metode koster det dermed det samme som indkøb af nye 2-kammerbeholdere. Til gengæld er der et mindre ressourceforbrug ved indsættelse af skillevægge, da den eksisterende beholder benyttes i stedet for at udskifte dem med en ny beholder. Det må dog forventes, at en del af de eksisterende beholdere er i for dårlig stand og derfor skal udskiftes, ligesom restlevetiden ikke kan forventes at være som en ny beholder.

Åbningens størrelse har også betydning ift. tømningen. Det anbefales, at der er en minimumsåbning (afstand fra skillevæg til beholderside) på ca. 20 cm³⁰, samt at beholderen ikke fyldes helt (f.eks. at de øverste 10 cm holdes frit), så tømningen lettes³¹.

Fordelen ved 2-kammerbeholderen er generelt, at der skal anvendes færre beholdere, og at flere fraktioner kan tømmes ad gangen. Ulemperne kan være, at affaldet falder til den forkerte side, og at der kun kan tømmes en beholder ad gangen. Endvidere er der et kapacitetstab, da madaffaldet fylder mindre end restaffaldet, hvorfor rummet til madaffald ikke udnyttes, når beholderen tømmes. Det vil være en udfordring for borgere, der i dag udnytter den eksisterende beholderkapacitet fuldt ud.

³⁰ <https://genanvend.mst.dk/media/191135/valg-af-beholdere-rapport.pdf>

³¹ <https://genanvend.mst.dk/media/191135/valg-af-beholdere-rapport.pdf>

I tætte bykerne, som f.eks. midtbyen i Aarhus, har nedgravede beholderløsninger de senere år vundet indpas bl.a. pga. æstetik, reduktion af affaldstransporter, arbejdsmijø og manglende plads til affaldssortering. På billede 8 ses en 2-delt nedgravet beholder til rest- og madaffald.



Billede 8. Nedgravet beholder

7.1.2 Biler og tømning

Tømning af 2-kammerbeholderne kræver en renovationsbil med 2 kamre, hvor tømning og kørsel af madaffald og restaffald sker samtidigt. Ved tømning havner restaffaldet i det ene kammer og madaffaldet i det andet kammer på bilen. En 2-kammerbil stiller større krav til renovatøren ift. vedligehold, da mere teknik er involveret³².

På nuværende tidspunkt er der flere 1-kammer renovationsbiler end 2-kammer renovationsbiler. Der er mellem 12-18 mdr. leveringstid på renovationsbiler med 2 kamre, og det kan dermed tage op til to år, at rulle en 2-kammer ordning ud. Situationen kan være kritisk ved f.eks. nedbrud, eftersyn mv. af biler, da der kan opstå mangel på 2-kammer biler.

Der er fundet eksempler i litteraturen på, at eksisterende renovationsbiler evt. ombygges fra et kammer til to, men så vidt vides er der ikke konkrete erfaringer med dette. Et eksempel på en 2-kammer bil ses på billede 9.

³² <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-49-8.pdf>



Billede 9. 2-kammer bil

Der er erfaring for, at tømning af 2-kammerbeholdere tager længere tid. Som regel er det kammeret til restaffald, som fyldes først på bilen. Dette har til følge, at bilen skal tømmes, selvom rummet til madaffald ikke er fyldt. Der vil dermed også være et kapacitetstab på bilen.

I en 2-kammer bil kan affaldet komprimeres i hvert kammer. Madaffaldet bør dog ikke komprimeres i samme grad som restaffaldet ved indsamling og transport for at forhindre at poserne går i stykker, og at der dannes perkolat. Renovationsbilerne bør kunne opsamle perkolat, der er dannet under indsamling og transport, da det kan medføre spild på veje³³. Der er ikke fundet viden om, hvor meget perkolat, der dannes ved komprimering og hvor stort et eventuelt tab er³⁴. Endvidere er det vigtigt, at modtageanlægget for rest- og madaffaldet ligger samme sted ellers risikerer man at køre med en skævtlastet bil, som kan være svær at manøvrere³⁵.

Der kan være udfordringer ift. at indsamle affald med en 2-kammerbil i tætbebyggede områder, bykerner og sommerhusområder. I disse områder, hvor der er valgt indsamling af affald i 2-kammerbeholdere, må der ofte benyttes en mindre 2-kammerbil med eventuel efterfølgende omlastning af affaldet.

Ulemperne er, at der kun kan tømmes én 2-kammerbeholder ad gangen. 2-kammer bilen har endvidere begrænsninger ift. størrelsen på beholderne. Bilen kan f.eks. ved tømning i boligkomplekser tømme en 660 L i den ene side og en højst 370 L beholder i den anden side³⁶. Der er større risiko for, at affaldet fra de to rum blandes ved afhentning. Det kræver særlig information om, hvordan bilerne virker. De eksterne renovatører skal investere i nye biler med to kamre til indsamlingsopgaven. Ved 2-kammer renovationsbiler er der også udfordringer i forhold til at kommunikere ud til borgerne, at affaldet ikke blandes i bilen³⁷.

I tætbebyggede områder, bykerner og sommerhusområder, hvor affaldet indsamles i nedgravede beholdere, tømmes beholderne vha. en speciel lastbil med lad og kran. Et eksempel ses på billede 10.

³³ Kildesorteret organisk dagrenovation (KOD) Business Case med miljømæssige og økonomiske konsekvenser. Miljøprojekt nr. 2092, Juli 2019: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>

³⁴ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-49-8.pdf>

³⁵ <https://genanvend.mst.dk/media/191135/valg-af-beholdere-rapport.pdf>

³⁶ <https://genanvend.mst.dk/media/191135/valg-af-beholdere-rapport.pdf>

³⁷ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-49-8.pdf>



Billede 10. Lastbil til tømning af nedgravede beholdere

Ved indsamling af affaldet i nedgravede beholdere med 2-delt indsats til hhv. rest- og madaffald, er det en ulempe, at affaldet skal tømmes ad to omgange. Hvis man tømmer begge kamre på en gang med en 2-delt lastbil, er komprimering ikke muligt.

7.1.3 Beskrivelse af værdikæden

Værdikæden for *Scenarie 3: 2-kammerbeholder* ses i Figur 7.1. Den stiplede kasse viser, hvilke dele af værdikæden, der er omfattet af scenariet. Det betyder, at forbehandlingsanlægget til det særskilt indsamlede madaffald ikke er omfattet af scenarieberegningerne på anden måde, end at omkostningen ved afsætning af madaffaldet til forbehandling er inkluderet samt en kort beskrivelse af forbehandlings- og biogasmulighederne i Danmark i afsnit 8.1 og 8.2. Endvidere vurderes den mulige mængde af biogas produceret fra madaffaldet, klimaefekter og kvaliteten af digestatet ift. jordbrugsformål med det formål at sammenligne med de øvrige scenarier.

Figur 7.1 Værdikæde for 2-kammerbeholderscenariet

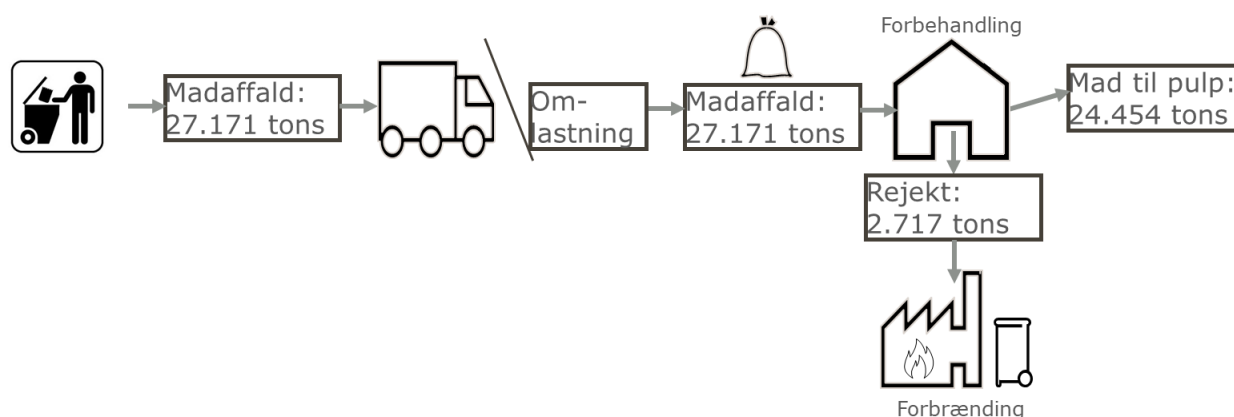


Borgeren sorterer madaffaldet i grønne poser, der placeres i det ene kammer i beholderen, mens restaffaldet placeres i beholderens andet kammer. Både restaffaldet og madaffaldet indsamles i 2-kammer biler, hvorefter det køres til forbrændingsanlægget. Her omlastes madaffaldet, mens restaffaldet brændes i forbrændingsanlægget. Alternativt omlastes affaldet undervejs på en omlasteplads.

Det særskilt indsamlede madaffald (i poser) transporteres herefter til et forbehandlingsanlæg, hvor madaffaldet pulpes til en biopulp, der afsættes til biogasproduktion. Poser og fejlsorteringer sorteres fra og brændes. Der er, som nævnt i afsnit 6.1.1, dog ét forbehandlingsanlæg, der har udviklet en vaskeproces for poser mv., hvor den rengjorte plast afsættes til produktion af affaldsplastposer. Et andet forbehandlingsanlæg undersøger mulighederne for at afsætte plastposer og andet plastrejekt til en pyrolysebehandling, som omdanner plasten til olie, der kan bruges til at producere ny plast af.

I forbindelse med udsortering af madaffaldet i scenarie 3 for 2-kammerløsning vil der være et tab af madaffald i værdikæden. I Figur 7.2 vises værdikæden for fællesscenariet 3A og mængden af forventet indsamlet madaffald i gennem de enkelte led i kæden.

Figur 7.2 Tab af madaffald i værdikæden



Det ses af figuren, at der vil være et tab i forbehandlingsanlægget på ca. 10 %. Tabsraten afhænger af, hvilket forbehandlingsanlæg, der benyttes. Endvidere kan der være et tab i form af perkolat ifm. med indsamling og omlastning af madaffaldet, men dette tab er endnu ikke undersøgt, hvorfor det ikke er muligt at inddrage i beregningerne. Der gøres opmærksom på, at der tilsættes vand til madaffaldet på forbehandlingsanlægget, som indgår som en del af biopulpen. Vandet er IKKE medtaget i beregning i figuren, hvorfor outputtet fra forbehandlingsanlægget er benævnt "mad til pulp".

7.2 Beskrivelse af scenarie 3 for indsamling af madaffald i 2-kammerbeholder

Beregningen af scenarie 3 er baseret på en fællesløsning for de fire oplande (scenarie 3A) samt et scenarie for hver af de enkelte selskaber hhv. 3B: Aarhus, 3C: Reno Djurs, 3D: Renosyd og 3E: Favrskov Forsyning.

I scenarie 3 indsamles madaffaldet særskilt. For enfamiliehuse og sommerhuse erstattes beholderen til restaffald af en 240 L 2-kammerbeholder, hvor madaffaldet placeres i det ene kammer og restaffaldet i det andet kammer med en fordeling på 40/60. Der uddeles grønne poser til sortering af madaffaldet samt posestativ. 2-kammerbeholderen tømmes med 2-delte renovationsbiler

For etageboliger opstilles en ny 140 L beholder til madaffald, og i Aarhus midtby erstattes indsatsen i nedgravede beholdere til restaffald af en ny 2-delt indsats til rest- og madaffald. Der udleveres ligeledes grønne poser og posestativ til sortering af madaffaldet. Madaffaldsbeholderen ved etageboligen tømmes med en renovationsbil dedikeret til madaffald.

Det indsamlede madaffald vil ikke kunne komprimeres i samme grad tidligere, da madaffaldsposerne ellers vil gå i stykker og der er risiko for perkolatdannelse jf. afsnit 7.1.2.

Det indsamlede restaffald afsættes som tidligere til forbrænding, mens madaffaldet afsættes til forbehandling (pulping) og efterfølgende til biogasanlæg, hvor der produceres biogas, der opgraderes og afsættes til gasnettet. Digestat for biogasanlægget afsættes til jordbrugsformål. Beregningen er for scenarierne 3A-3E er baseret på følgende specifikke forudsætninger, som fremgår af Tabel 24.

Tabel 24 Specifikke forudsætninger for beregning af 2-kammerscenarierne

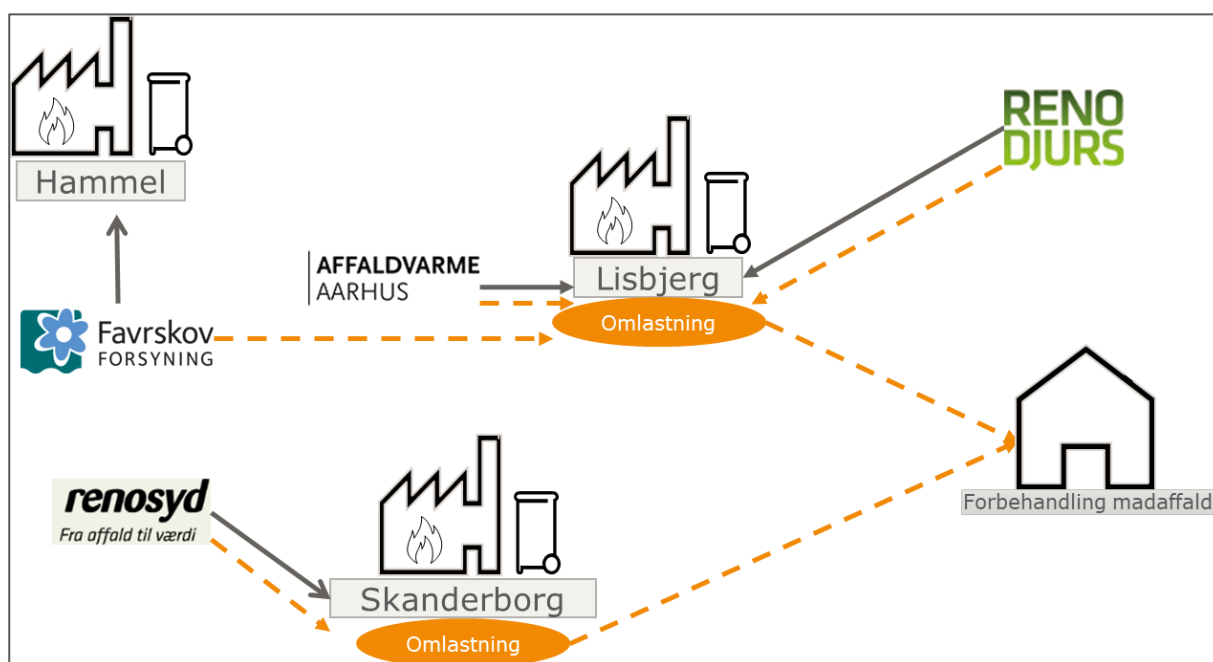
Forudsætninger 2-kammerbeholder	3A Fælles	3B Aarhus	3C Reno Djurs	3D Renosyd	3E Favrskov	Kilde
Levetid beholder år	8	8	8	8	8	Projektgruppen
levetid nedgravede år	15	15	15	15	15	Projektgruppen
Omlastning, kr./ton	130	130	130	130	130	AffaldPlus
Poser pris kr./stk.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	Vestforbrænding
Antal poser stk./bolig/fraktion/år	200	200	200	200	200	Projektgruppen
Antal poser sommerhus faktor	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Projektgruppen
Poser omdeling kr./bolig/år	20	20	20	20	20	Joca
Posestativ, kr./bolig	22	22	22	22	22	Joca
Antal tømninger, 140 L beholder	52	52	52	52	52	Projektgruppen
Antal tømninger, 2-kammerbeholder enfamilieboliger	26	26	26	26	26	Projektgruppen
Antal tømninger, 2-kammerbeholder sommerhuse	23	23	23	23	23	Projektgruppen
Antal tømninger, 2-delt nedgravede	89	89				AVA
Meromkostninger tømning 2-kammer, %	11	11	11	11	11	Beregning pba. priser fra Meldgaard
Madaffald forbehandling kr./ton	200	200	200	200	200	Oplysning anlæg
Tabstrate forbehandling, %	10	10	10	10	10	Litteratur
Transport madaffald, kr./km/ton	1	1	1	1	1	AffaldPlus

Der vil være et kapacitetstab ved både 2-kammerbeholderen og 2-kammerbilen. Tabet er dog ikke verificeret, hvorfor det ikke er medtaget som en forudsætning, men en del af tabet ved 2-kammerbilen forudsættes dog indeholdt i meromkostningen ved tømning. Der er beregnet følsomhed på et yderligere kapacitetstab i afsnit 7.3.3.

7.2.1 Omlastning og transport

I fællesscenariet for 2-kammerbeholdere vurderes det, at der er behov for omlastning af det indsamlede rest- og madaffald. I forbindelse med vurdering af behovet for omlastning er det forudsat, at der placeres et forbehandlingsanlæg til madaffald i området. Behovet for omlastning er illustreret i Figur 7.3. De grå pile viser, hvordan restaffaldet transporteres i dag og de stiplede orange pile viser, hvordan affaldet vil skulle transporteres og omlastes i tilfælde af indførelse af et 2-kammerbeholder system.

Figur 7.3 Omlastning og transport ifm. 2-kammerbeholder sammenholdt med transport i dag



Som det ses af figuren, vil der være behov for en omlasteplads for Aarhus i forbindelse med, at restaffaldet aflæsses ved forbrændingsanlægget i Lisbjerg, og for Renosyd ved forbrændingsanlægget i Skanderborg i forbindelse med, at madaffaldet køres videre fra forbrændingsanlæggene til forbehandlingsanlægget. Forbehandlingsanlægget forudsættes placeret inden for 15 km fra forbrændingsanlægget i Lisbjerg. For Reno Djurs og Favrskov Forsyning vil der ikke være behov for omlastning. Rest- og madaffaldet køres direkte til forbrændingsanlægget i Lisbjerg, hvor madaffaldet omlastes sammen med madaffaldet fra Aarhus og køres til forbehandlingsanlægget. Favrskov Forsyning udbyder i dag deres restaffald til forbrænding, hvorfor en evt. fremtidig omlastning forudsættes indarbejdet i et fremtidigt udbud. I alle enkeltscenarierne vil der være behov for omlastning.

En omlasteplads forventes at omfatte følgende:

- Omlastehal
- Befæstet arealer ifm. hallen
- Mobilt udstyr

Som det ses af Figur 7.3 vil scenariet med 2-kammerbeholdere betyde øget kørsel af affaldet fra forbrændingsanlæggene til forbehandlingsanlægget. Forudsætningerne for omlastning og transport fremgår af Tabel 25.

Tabel 25 Forudsætninger for omlastning og transport

Forudsætning omlastning		Kilde
Omlastning kr./ton	130	AffaldPlus
Transport kr./ton/km	1	AffaldPlus
Antal km		
Grenå - Lisbjerg	50	
Renosyd - Lisbjerg	30	
Favrskov - Lisbjerg	30	
Renosyd - forbehandling 15+30	45	
Lisbjerg - forbehandling	15	

7.3 Beregning af 2-kammerbeholderscenarierne 3A-3E

I det følgende beskrives scenarieberegningerne for scenarierne 3A-3E.

7.3.1 Mængder

Af Tabel 26 ses, hvor meget madaffald, der genanvendes efter forbehandling fra de fire oplande. Af tabellen fremgår det, at der genanvendes ca. 24.500 tons biopulp af den samlede mængde indsamlet madaffald på ca. 27.000 tons. I forbehandlingsanlægget frasorteres ca. 10 % (plastposer, fejlsortering mv.) som rejekt.

Når madaffaldet bliver forbehandlet tilsættes vand til processen. Til 1 ton madaffald tilsættes gennemsnitligt 0,5 ton vand. 1 ton madaffald bliver derfor til ca. 1,5 ton biopulp. Det betyder, at de ca. 24.500 tons madaffald til genanvendelse bliver til ca. 36.800 tons biopulp.

Tabel 26 Mængder madaffald

	Mængder ton/år		
	Madaffald indsamlet	Tab (forbehandling 10 %)	Madaffald til genanvendelse
Reno Djurs	5.182	518	4.663
Renosyd	4.128	413	3.715
Aarhus	15.561	1.556	14.005
Favrskov	2.300	230	2.070
I alt	27.171	2.717	24.454

7.3.2 Genanvendelsesmuligheder

Ved særskilt indsamling af madaffald i 2-kammerbeholdere vil outputtet være udsorterede grønne poser med madaffald i det ene kammer og restaffald i det andet kammer. Madaffaldet afsættes, som for scenariet for posesortering, til genanvendelse gennem et forbehandlingsanlæg og efterfølgende biogasanlæg, hvor der produceres biogas samt digestat til jordbrugsformål.

Madaffald fra husholdninger har en høj kvalitet ift. indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer og kravene i "Affald til jord bekendtgørelsen" opfyldes erfaringsmæssigt uden problemer, se afsnit 6.3.2). Det betyder, at der ikke er problemer ift. at afsætte digestat fra biogasanlæg til jordbrugsformål.

I forbehandlingsprocessen frasorteres plastposer, fejlsorteringer mv. som rejekt, der bliver afsat til forbrænding. Et forbehandlingsanlæg (N. C. Miljø) har dog udviklet en vaskemaskine til rejekt, hvor plastposer og -emballager sorteres ud og afsættes til produktion af affaldsplastposer hos f.eks. Trio-plast i Nyborg. Endvidere er der et pyrolyseanlæg (Quantafuel), som er under kommerciel opstart, der omdanner plastaffald til råolie, hvoraf der kan produceres nye plastprodukter. Det undersøges pt. om der er muligheder for at afsætte plast-rejekt fra forbehandlingsanlæg af madaffald.

Den biogas, der produceres af madaffaldet vil kunne opgraderes til gasnettet og dermed fortrænge naturgas eller anvendes til drivmiddel i transportsektoren. Endvidere kan biogas lagres.

Restaffaldet afsættes til forbrænding.

7.3.3 Økonomi

Den økonomiske beregning for fællesscenariet og delscenarierne for selskaberne ses i Tabel 27 .

Tabel 27 Økonomisk beregninger for scenarierne for 2-kammerbeholder

2-kammerbeholder	Fælles 3A	Aarhus 3B	Reno Djurs 3C	Renosyd 3D	Favrskov 3E
Indsamlet mængde madaffald ton/år	27.171	15.561	5.182	4.128	2.300
Mængde rest- og madaffald ton/år	113.892	66.936	18.300	18.994	9.662
Investering beholdere inkl. udbringning kr.	75.027.696	35.762.910	21.562.916	11.169.815	6.532.056
Årlig afskrivning af investering i beholdere inkl. udbringning kr.	8.884.087	3.975.989	2.695.364	1.396.227	816.507
Årlig afskrivning posestativ til køkken kr.	734.550	423.836	148.632	106.609	55.473
Madaffald forbehandling kr.	5.434.128	3.112.286	1.036.315	825.608	459.920
Poser indkøb/uddeling kr.	10.315.420	6.149.660	1.855.280	1.505.640	804.840
Meromkostning tømning kr.	15.138.690	9.120.326	2.777.863	2.137.400	1.103.101
Mængde til omlastning	27.171	15.561	5.182	4.128	2.300
Udgifter til omlastning	3.532.183	2.022.986	673.605	536.645	298.948
Udgift til transport til forbehandlingsanlæg	531.401	233.421	77.724	185.762	34.494
Udgifter i alt kr.	44.570.459	25.038.503	9.264.784	6.693.890	3.573.282
Besparelse forbrænding kr.	13.313.615	7.625.100	2.538.973	2.022.739	1.126.803
Indtægter i alt kr.	13.313.615	7.625.100	2.538.973	2.022.739	1.126.803
Meromkostninger i alt kr.	31.256.844	17.413.403	6.725.811	4.671.152	2.446.479
Årlig omkostninger pr. ton indsamlet affald (rest+ mad) kr./ton	274	260	368	246	253
Årlig omkostning behandlet madaffald - kr./ton	1150	1.119	1.298	1.132	1.064
Antal husstande og sommerhuse	267.109	154.122	54.048	38.767	20.172
Årlig meromkostning - kr./pr. husstand	117	113	124	120	121
Genanvendelse - procentpoint ny EU beregning	5,7	5,7	6,3	5,3	4,8

Som det fremgår af Tabel 27 vil meromkostningerne pr. ton affald være 274 kr./ton for fællesscenariet (3A). Meromkostningerne for Aarhus, Renosyd og Favrskov er en smule lavere end 268 kr./ton (hhv. 260, 246 og 253 kr./ton), hvorimod de er en del højere for Reno Djurs (368 kr./ton). Meromkostningerne pr. husstand er 117 kr./husstand for fællesscenariet. Omkostningen pr. husstand for Aarhus er lavere (113 kr.) men højere for de øvrige oplande. Meromkostningerne for de enkelte oplande påvirkes især af sammensætningen af boliger. Indsamling fra etageboliger har lavere meromkostninger end indsamling fra enfamiliehuse, bl.a. fordi der ikke er samme behov for indkøb af nye beholdere til etageboligerne, flere boliger deler beholderen og der skal ikke indsamles med 2-kammer biler. Der vil derfor være forskel mellem oplandene på, hvorvidt meromkostningerne bliver højere eller lavere end fællesscenariet, der alt andet lige repræsenterer et gennemsnit af meromkostningerne. Samlet set vil fællesløsningen dog give reducerede omkostninger i forhold til individuelle løsninger.

Følsomhedsanalyse

Da der allerede findes en del danske erfaringer med indsamling i 2-kammerbeholdere, forventes der ikke at være væsentlig usikkerhed ift. de anvendte forudsætninger. I beregningerne er der taget højde for en højere pris for tømning af en 2-kammerbeholder (11 % højere end tømning af ét-kammerbeholder baseret på priser indhentet fra affaldsaktører), som følge af, at det bl.a. tager længere tid at tømme 2-kammerbeholdere. Da der er et kapacitetstab både ved affaldsbeholder og bil afhængig af de konkrete forhold kan meromkostningen for tømning øges. Der er derfor beregnet følsomhed på tømningssomkostningerne med en øget omkostning på 10 %.

En øget tømningssomkostning på 10 % vil give højere meromkostninger pr. ton affald (restaffald + madaffald) og pr. husstand på 3 - 5 %. Det giver en stigning i de årlige meromkostninger pr. ton affald på mellem 274 og 383 kr./ton i stedet for de beregnede 260-368 kr./ton. De årlige meromkostninger pr. husstand vil stige til 119-130 kr. i stedet for de beregnede 113-124 kr.

7.3.4 Opmærksomhedspunkter i værdikæden

Ved 2-kammerscenariet skal følgende forhold bemærkes:

- Indsamlingen af madaffaldet skal ske ved en mindre komprimering af affaldet. Dette betyder, at der kan indsamles en mindre mængde affald på bilerne.
- Der skal købes nye beholdere, hvilket er en stor administrativ opgave.
- Der vil være ekstra omkostninger til indkøb og omdeling af poser til borgerne, herunder indkøb og omdeling af indendørs køkkenbeholder til madaffald, samt til indkøb og omdeling af ny beholder.
- Der vil være et øget behov for information til borgeren om korrekt sortering mv. Det vil formodentlig være nødvendigt at gentage informationstiltag med mellemrum.

Generelt er der ingen risici eller problemer ift. at afsætte det indsamlede madaffald til forbehandling med efterfølgende biogasproduktion og genanvendelse til jordbrugsformål. Der er i dag opbygget nok kapacitet hos både forbehandlingsanlæg og biogasanlæg. Det gælder dog, at jo flere krav, der stilles til anvendelsen af madaffaldet ift. f.eks. opgradering af biogas, afsætning til økologiske landmand mv., jo færre anlæg vil have mulighed for at modtage madaffaldet. Dermed kan der muligvis opstå situationer med afsætningsproblemer, hvis alle kommuner stiller samme krav.

De fundne kritiske punkter i værdikæden knytter sig dog i højere grad til indsamlingsleddet:

- 2-kammerbeholdernes kvalitet og holdbarhed. Operatører anbefaler generelt, at der er indkøbt ekstra beholdere.
 - Særligt skillevæggene i beholderen er sårbare, og der er erfaringer med, at tapperne (som fastgør skillevæggen) ikke holder. Økonomisk er der ingen besparelse ved at sætte skillevæggene i de eksisterende beholdere ift. at købe nye beholdere, men ift. en ressourcemæssig betragtning, vil der være et væsentligt øget ressourceforbrug ved at skrotte de eksisterende beholdere.
 - Nogle lågløsninger som f.eks. låg-i-låg er ligeledes skrøbelige og bliver ofte ødelagt ved tømning, hvis eksempelvis affaldet kiler sig fast, og beholderen må bankes for at blive tømt.
- Madaffaldet kan sidde fast i beholderen hos borgeren.

- Der er på nuværende tidspunkt flere 1-kammer renovationsbiler end 2-kammer renovationsbiler. Der er mellem 12-18 mdr. leveringstid på renovationsbiler med 2 kamre, og dermed kan det tage op til 2 år, at rulle en 2-kammerordning ud. Endvidere er der flere 1-kammer biler end 2-kammer biler, hvilket kan være kritisk ved f.eks. nedbrud, eftersyn mv. af biler.
- Der kan være udfordringer ved at sikre, at affaldet ikke blandes under tømning.
- Det tager længere tid at tømme en 2-kammerbeholder, da der kun kan tømmes en beholder ad gangen.
- Madaffaldet kan ikke komprimeres så meget, hvorfor der kan transporteres en mindre mængde affald. Endvidere dannes der ofte perkolat, som kræver at renovationsbilen er tæt, så der ikke opstår spild af perkolat på veje.
- Indsamling af rest- og madaffald i 2-kammer biler giver begrænsninger ift. fuld udnyttelse af kapaciteten. Restaffaldsrummet fyldes før. madaffaldsrummet. Der er derfor et kapacitetstab på bilerne.
- Der kan være udfordringer ift. arbejdsmiljø ifm. tømning af madaffald, da løst madaffald kan udgøre en smitterisiko.
- Der er et kapacitetstab på 2-kammerbeholderen, da restaffaldsrummet fyldes før madaffaldsrummet, hvilket kan betyde, at nogle borgere kommer til at mangle plads til restaffald.
- Sorteringskvalitet og -mængde (udnyttelse af potentialet) er væsentlige og vil kræve løbende opmærksomhed og informationskampagner målrettet borgeren.
- For etageboliger er der risiko for øget fejlsorteringer, da der benyttes fælles containere. Dermed kan motivationen for korrekt sortering mangle. Det er et stort behov for øget information og kampagner.

7.3.5 Service for borgerne

For borgerne betyder 2-kammerbeholderløsningen, at der vil være en del flere håndteringsprocedurer end tidligere, da de skal sortere madaffaldet særskilt i en udleveret grøn pose. Systemet kræver mere af borgerne, som skal sætte sig ind i tingene og bruge mere tid.

Der skal skabes plads i køkkenet til en ekstra beholder til at sortere madaffaldet i, hvilket især kan være en udfordring for etageboliger med små køkkener. Samtidig kan det opleves som en ulempe, at borgeren er nødt til at gå ned i gården med madaffaldet.

For borgere, der i forvejen har en 240 L affaldsbeholder, vil det ikke være mere pladskrævende udendørs, men for borgere med mindre affaldsbeholdere, vil en 240 L 2-kammerbeholder kræve mere plads.

Endvidere kan der være gener ved at have madposen stående. Særskilt indsamling af madaffald kan nemlig give anledning til gener med lugt, fluer og maddiker, særligt om sommeren, når det er varmt. Mange kommuner, som indsamler madaffald særskilt, øger af denne grund tømmehyppigheden i sommermånederne.

Endvidere skal borgeren forholde sig til at sortere korrekt iht. sorteringskriterier for madaffald og huske at slå en knude på posen inden den placeres i det korrekte rum i 2-kammerbeholderen udenfor. Der kan derfor være risiko for både fejlsorteringer og fejlplacering i beholderen.

Udlevering af grønne poser til madaffald kan opfattes positivt af borgerne, da de ikke selv skal købe eller hente poser til madaffaldet. Indsamlingsposen er vigtig ift. borgerens oplevelse af sorteringssituationen. Papirposer opfattes tit som den mest miljøvenlige pose. Til gengæld er den ikke tæt, lækker væske og/eller går hurtigere i stykker. Kommuner, der indsamler madaffald i papirposer oplever ofte, at borgerne bruger to poser pga. af problemer med utæthed. Bioposen opfattes også af borgerne som en miljøvenlig pose, men også disse poser kan være utætte og gå i "opløsning" ved meget vådt madaffald. Plastposen opfattes ikke så miljøvenlig, men til gengæld er den tæt og går ikke så let i stykker, hvilket også er en fordel ved tømning af beholderen og transporten i renovationsbilen.

Borgerundersøgelser viser generelt, at borgerne gerne vil sortere mere. Aarhus Kommune har f.eks. i deres undersøgelse³⁸ fundet, at 80 % af borgerne i høj eller meget høj grad vil sortere mere i fremtiden, end de gør i

³⁸ Kundemåling: Rapport | Version 3 | AffaldVarme | 15. januar 2020

dag. Det er primært den gruppe af borgere, der i forvejen selv vurderer, at de allerede i høj grad sorterer deres affald. Hver tredje borger (34 %) er mest villig til at sortere mere madaffald. 66 % af borgerne i kommunen med egne affaldsbeholdere er villige til at have yderligere én eller flere affaldsbeholdere.

Borgerne bliver gennem sorteringen mere bevidste om miljø og madspild. Vejle Kommune har f.eks. oplevet, at den forventede mængde af madaffald faldt, efter ordningen blev indført, da sortering af madaffald synliggør madspild.

7.4 Opsamling 2-kammerbeholderscenarie

Beregning og vurdering af 2-kammerbeholderscenariet er opsamlet i Tabel 28, hvor fordele og ulemper ved scenariet er beskrevet.

Tabel 28 Opsamling af 2-kammerscenariet

Scenarie 3: 2-kammerbeholder	Fordele	Ulemper
Teknologi / teknik	<ul style="list-style-type: none"> • Brugen af dobbeltkammerbeholdere er afprøvet i mange danske kommuner. Mange børnesygdomme for dobbeltkammerbeholdere og renovationsbilerne er løst. • Det indsamlede madaffald kan afleveres direkte til forbehandlingsanlægget. 	<ul style="list-style-type: none"> • En ren madfraktion kan give anledning til større problemer med lugt og maddiker end restaffald • Kapacitetstab af beholdere og biler • Systemet kræver nyt indsamlingsudstyr • Der skal tages stilling til anvendelse af poser til sorteringen i husholdningen (papir, bioplast, fossil PE) • Behov for omlastefaciliteter • Nedgravede 2-delte beholdere skal tømmes i to omgange. • Der skal anvendes mindre komprimering • Risiko for fejlsortering og -placering af madaffaldet • Beholderne er sårbare • Der er op til 1½ års ventetid på 2-kammer biler • Der kan være udfordringer ift. arbejdsmiljøet pga. smitterisiko
Miljø	<ul style="list-style-type: none"> • Madaffaldet har en høj kvalitet med et lavt indhold af tungmetaller og miljøfremmede stoffer. • Genanvendelsen erstatter kunstgødning. 	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko for spredning af rester af plast sammen med digestatet på landbrugsjord. • Kvalitet og mængder afhænger af om borgeren sorterer korrekt og husker at binde knude på posen. • Større ressourceforbrug, da eksisterende indsamlingsmateriel og biler skal udskiftes.
Genanvendelse	<ul style="list-style-type: none"> • Madaffaldet kan genanvendes til jordbrugsformål. • Genanvendelsen tælles med i beregning af genanvendelsesprocent og bidrager positivt til genanvendelsesprocenten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der er i dag kun få anlæg, der kan genanvende poserne. • Indsamlingseffektiviteten i er kun ca. 50 %, hvilket betyder at ca. ½ af madaffaldet afleveres sammen med restaffaldet til forbrænding.
Klima	<ul style="list-style-type: none"> • Der kan produceres biogas af biovæsken, som kan opgraderes og afsættes til gasnettet. • Biogas fortrænger naturgas på gasnettet og bidrager til at reducere CO₂-udledning. • Biogasproduktion bidrager til den klimapolitiske målsætning. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Ved bioforgasning af madaffaldet udvindes energi i samme størrelsesforhold som ved forbrænding af madaffaldet, men energi udvindes på en form, som kan anvendes til andre formål end opvarmning f.eks. drivmidler. • Energien er lagerstabil 	
Økonomi	<ul style="list-style-type: none"> • Det er en løsning som ikke binder affaldssystemet til et særligt behandlingsanlæg. • Madaffaldet kan udbydes på markedet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Øgede udgifter til indsamling ift. køb af beholdere, poser/stativ samt omdeling.
Service for borgeren	<ul style="list-style-type: none"> • Uddelingen af poser til sortering af madaffaldet kan opfattes positivt af borgerne. De skal ikke selv købe poser. • Øger borgernes bevidsthed om madspild. 	<ul style="list-style-type: none"> • Borgeren skal sortere madaffaldet fra restaffaldet • Det kræver en stor og vedvarende informationsindsats at få borgerne til at frasortere madaffaldet. Særligt ved brug af nedgravede beholdere er der behov for en målrettet information for at sikre, at borger sortere rigtig, da det ikke er muligt at se, hvad der er i beholderen. • Kræver større beholder for nogle husstande. • Kapacitetstab/mangel på plads for nogle husstande.

8 Fællesvurderinger for scenarie 2 og 3

I det følgende beskrives kort forbehandlings- og biogasmuligheder for madaffald samt vurderinger af miljø og klima, som er fælles for scenarie 2: Posesortering og scenarie 3: 2-kammerbeholder.

8.1 Forbehandling af madaffald med henblik på biogasproduktion

Herunder beskrives forbehandling af madaffald med henblik på biogasproduktion, som er fælles for scenarie 2 og 3. Afsætningen af madaffaldet til forbehandling er medregnet i scenarierne 2 og 3 jf. forudsætningsbeskrivelserne ligesom kvaliteten af biopulpen beskrives under de to scenarier.

Et forbehandlingsanlæg til madaffald åbner poserne og neddeler madaffaldet. Der er to overordnede teknologier til forbehandling af organisk affald, som begge resulterer i en organisk "grød" kaldet biopulp:

- Neddeling f.eks. hammermøller
- Roterende blade/knive f.eks. pulpere

Der er ofte tilknyttet forskellige rense- og separationsteknologier til neddelings- og pulpningsteknologierne, som har til formål at fjerne forureninger, som f.eks. plastposer, emballager, fejl-sorteringer samt metal, glas, sten, skaller mv. fra det organiske materiale. De fleste anlæg i Danmark kan håndtere fejlsorteringer på op til 20 %. Resultatet – biopulpen – har typisk et tørstofindhold på 15-17 %. Pulpen afsættes til biogasproduktion, hvorefter den afgassede biomasse anvendes som gødning i landbruget. På den måde udnyttes både energi- og næringsstofpotentialer i det organiske affald³⁹.

³⁹ https://mst.dk/media/174068/fremme-efterspoergslen-af-organisk-affald_udkast.pdf

I Jylland er der på nuværende tidspunkt fire forbehandlingsanlæg til madaffald. Som det ses af kort 2 i afsnit 8.2, er DAKA's forbehandlingsanlæg ved Horsens det anlæg, der er placeret tættest på de fire oplande. De øvrige anlæg er placeret ved Frederikshavn og Holsted. Hvis det indsamlede madaffald fra de fire oplande udbydes samlet, vurderes det, at den vindende affaldsoperatør vil etablere et forbehandlingsanlæg placeret centralt i området.

8.2 Biogasproduktion

Produktion af biogas passer ind i Danmarks energipolitiske mål, hvor Danmark skal være uafhængig af kul, olie og gas i 2050. Den danske energiforsyning skal omstilles til vedvarende energikilder, herunder biogasproduktion. I Energifaftale af 29. juni 2018 står der f.eks., at der etableres en pulje til fortsat udbygning af bl.a. biogas til opgradering, transport og industrielle processer samt, at der skal udarbejdes en gasstrategi ift. hvordan gasinfrastrukturen fortsat kan udnyttes kommercielt, herunder mulighederne for at omdanne og lagre elektricitet som gasformigt brændsel f.eks. gennem metanisering.

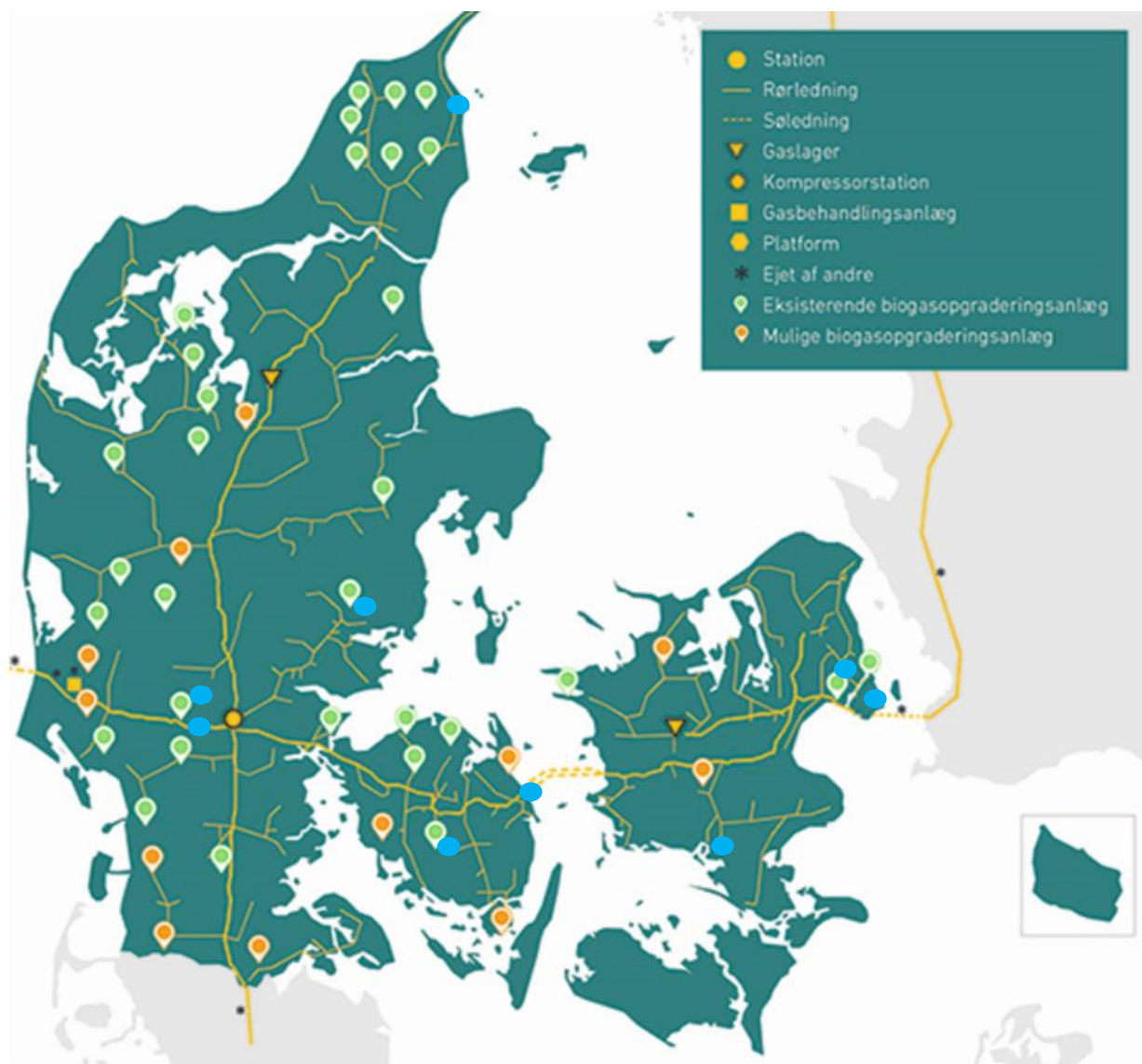
Biogas er en CO₂-neutral energi, der kan erstatte naturgas. Biogas fremstilles ved, at organisk materiale som f.eks. madaffald, udrådnes under iltfrie forhold i reaktortanke, hvorved kulstof omdannes til typisk 60-65 % metan (CH₄) og 35-40 % kuldioxid (CO₂). Ved at opgradere biogassen, hvor CO₂-en fjernes, kan biogassen afsættes til naturgasnettet. Foruden produktion af biogas dannes der et flydende restprodukt (digestat), som indeholder næringsstoffer fra det organiske materiale samt kulstof, f.eks. cellulose, som er svært at omsætte til biogas. Digestatet anvendes som gødning på markerne. Næringsstofferne i digestatet er gennem udrådningsprocessen blevet lettere tilgængeligt for planter.

Biogasanlæg modtager typisk særskilt indsamlet madaffald fra husholdningerne, efter det har været forbehandlet og omdannet til en biopulp. Enkelte biogasanlæg har deres eget forbehandlingsanlæg til madaffald, eksempelvis Lemvig Biogas og Billund.

Det vurderes, at der er nok kapacitet til at modtage biopulp baseret på madaffald i fremtiden. De fleste anlæg forventer, at kapaciteten bliver udbygget i nær fremtid, ligesom de forventer, at mængden af organisk affald vil stige⁴⁰.

Det er et krav fra de fire selskaber, at madaffald skal afsættes til biogasanlæg, der opgraderer biogassen og afsætter den til gasnettet. Kort 2 viser biogasproducenter, der opgraderer biogassen og afsætter til gasnettet (grønne punkter) samt forbehandlingsanlæg til madaffald i Danmark (blå punkter). Kortet er udformet på baggrund af kort fra Gasfakta.

⁴⁰ https://mst.dk/media/174068/fremme-efterspoergslen-af-organisk-affald_udkast.pdf

Kort 2. Oversigt over biogasanlæg med opgradering⁴¹ og forbehandlingsanlæg i Jylland

43 biogasanlæg var tilsluttet gasnettet ultimo februar 2020. Kilde: Energinet

Som det ses af kort 2, er der kun et biogasanlæg placeret i de fire selskabers oplande og et anlæg omkring Horsens, der afsætter til gasnettet, hvorimod der f.eks. findes syv anlæg i Nordjylland, der også har et forbehandlingsanlæg i Frederikshavn. Derudover har Biogasanlægget Båndlev i Spørring nord for forbrændingsanlægget i Lisbjerg netop omlagt produktionen, således at biogassen afsættes til gasnettet. Et krav om, at den forbehandlede madaffald afsættes til biogasanlæg, der afsætter biogassen til gasnettet, kan begrænse antallet af tilbud ifm. udbud af madaffald til forbehandling. På baggrund af oplysninger fra forbehandlingsanlæg for madaffald er der på nuværende tidspunkt ikke prisforskelle ved afsætning til biogasanlæg, der opgraderer biogassen til gasnettet ift. biogasanlæg, der ikke opgraderer biogassen, men den fremtidige udvikling af priserne kendes ikke.

⁴¹ <https://www.gasfakta.dk/gron-gas/biogas>

Ønskes der også afsætning af madaffaldet til biogasanlæg med en økologisk linje, begrænses antallet af biogasanlæg yderligere. Der er meget få biogasanlæg i Danmark med biogasinjer dedikeret til økologiske jordbrug. Det første anlæg blev etableret i Bording i 2009. I 2017 blev der etableret et anlæg af Nature Energy Månsson ved Brande⁴². I 2019 blev endnu et fællesejet biogasanlæg i Tornum vest for Rødding med en økologisk linje indviet af Linkogas⁴³. Det vurderes, at der samlet er omkring fire biogasanlæg med linjer dedikeret til økologisk landbrug.

8.3 Miljø

Ved genanvendelse af madaffaldet gennem biogasanlæg vil restproduktet (digestat) kunne anvendes til jordbrugsformål. Digestatet indeholder næringsstofferne kvælstof (N), fosfor (P) og Kalium (K), som kan erstatte kunstgødning, samt Kulstof (C). Med hensyn til indhold af kvælstof i biovæsken vil der, som for anden organisk gødning, være en generel øget risiko for nitratudvaskning og dermed en øget næringssaltbelastning i forhold til anvendelse af handelsgødning⁴⁴. Indholdet af N, P og K samt C i madaffald hhv. før og efter forbehandlingsanlægget samt i digestat fremgår af en rapport fra Miljøstyrelsen⁴⁵ og er gengivet i Tabel 29.

Tabel 29 Indhold af næringsstoffer og kulstof i madaffald og digestat

Indhold	Kg/ton madaffald input	Kg/ton madaffald output	Kg/ton digestat
N	8,28	7,87	7,87
P	4,32	4,1	4,1
K	2,62	2,5	2,5
C	172,8	164,16	50,19

Som det fremgår af tabellen, er der et mindre tab af næringsstoffer i forbehandlingsprocessen, som skyldes, at der tabes lidt organisk materiale, der udsorteres sammen med plastposerne. Endvidere er der i biogasanlægget et stort tab af kulstof, som skyldes, at kulstoffet omdanne til biogas. Til gengæld er der intet tab af næringsstoffer.

Næringsstofindholdet af P og K, hhv. 4,1 og 2,5 kg/ton digestat, fortrænger tilsvarende mængder af P og K kunstgødning. Fortrængningen af N-kunstgødning er dog mindre, idet der bliver fortrængt 5,9 kg/ton mod et indhold på 7,87 kg/ton⁴⁶.

I Tabel 30 er mængden af næringsstoffer for scenarie 2 og 3 som vil blive anvendt til jordbrugsformål beregnet. Næringsstofindholdet vil erstatte kunstgødning.

Tabel 30 Indholdet af næringsstoffer og kulstof i output fra forbehandlingsanlæg⁴⁷

Indhold kg	Scenarie 2: Posesortering	Scenarie 3: 2-kammerbeholder
N	192.450	213.833
P	100.260	111.400
K	61.134	67.927
I alt	353.843	393.159
C	4.014.299	4.460.333

⁴² https://okologi.dk/media/2022158/biogasanlaeg_web.pdf

⁴³ <https://www.danskgasforening.dk/nyhed/biogas-pioner-udvider-og-gaar-oekologisk>

⁴⁴ https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

⁴⁵ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>

⁴⁶ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>

⁴⁷ <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>

Som det ses af tabellen, vil der blive genanvendt en større mængde næringsstoffer ved Scenarie 3: 2-kammer-beholderen, da der er mindre tab af madaffald i værdikæden. Endvidere kan bemærkes, at biopulpen indeholder store mængder kulstof. Mængden af kulstof bliver imidlertid reduceret i biogasanlægget, da ca. 2/3 af kulstoffet omdannes til biogas.

- **Spredning af uønskede stoffer:** Alle forbehandlingsanlæg i Danmark overholder grænseværdierne i *Affald til jord bekendtgørelsen* og madaffaldet indeholder generelt meget lavere koncentrationer af tungmetaller og miljøfremmede stoffer end grænseværdierne.
- **Spredning af plaststykker:** Der er grænseværdier i bekendtgørelsen for indhold af fysiske urenheder og plaststykker i biopulpen. Alle forbehandlingsanlæg opfylder i dag disse grænseværdier. Der har været debat om, hvorvidt grænseværdierne er for lempelige, og en række biogasanlæg stiller skrappe krav til fysiske urenheder end grænseværdierne i bekendtgørelsen. Forbehandlingsanlæggene anbefaler, bl.a. grundet krav til indholdet af fysiske urenheder, at madaffaldet indsamles i en konventionel plastpose (ikke bionedbrydelig plastpose), da denne pose lettere lader sig frasortere i anlægget og giver færre små stykker plast i pulpen end en bionedbrydelig pose.
- **Mikroplast:** Der er gennemført en undersøgelse af indholdet af mikroplast i landbrugsjord. Man har undersøgt både jord gødet med spildevandsslam og jord, der ikke var. Undersøgelsen viste at niveauet af mikroplast var meget lavt (0,0001-0,001 %), og at indholdet af mikroplast var det samme uagtet hvorvidt jorden var gødet med spildevandsslam eller ej. Undersøgelsen var meget begrænset, og der kunne derfor ikke konkluderes noget entydigt på baggrund af den⁴⁸. Med hensyn til mikroplast i biopulp fra madaffald er der kun kendskab til et enkelt mindre forsøg, hvor konklusionen var, at niveauet af mikroplast i spildevandsslam og madaffald ikke er systematisk forskelligt. Der er dog forskel på fordelingen af plastpartikler (fleste fibre i slam og fleste flager/folier i madaffald)⁴⁹. En undersøgelse konkluderer, at viden om mikroplast er særdeles mangelfuld både i Danmark og internationalt⁵⁰. Der er derfor behov for yderligere og mere omfattende undersøgelser af mikroplast i bl.a. biopulp for at kunne vurdere problemets omfang.

8.4 Klima

Biogas består typisk af 60-65 % metan (CH₄) og 35-40 % kuldioxid (CO₂). Ved at opgradere biogassen, hvor CO₂-en bliver fjernet, kan biogassen afsættes til naturgasnettet. CO₂ kan fjernes gennem forskellige metoder, f.eks. aminanlæg, vandskrubberanlæg og membranlæg. Rensningsmetoden vælges på baggrund af størrelsen på anlægget, procestekniske forhold mv. Der er nye teknologier på vej, hvor man tilsætter brint til biogassen, hvorved man får metan og vand. Vandet kondenseres efterfølgende væk, og resultatet er en øget produktion af biogas af den samme mængde biomasse - op til 54 % mere⁵¹. Ved at anvende madaffaldet til produktion af biogas, der opgraderes til naturgasnettet, fortrænges naturgas.

Der kan produceres 57 Nm³ CH₄ (metan) af 1 ton biopulp og 50 Nm³ CH₄ (metan) af 1 ton biovæske⁵². Energien udvindes på en form, som er lagerbar og kan anvendes til andre formål end opvarmning, f.eks. drivmidler. Af Tabel 31 fremgår mængden af biogas, der kan produceres af det indsamlede madaffald i de tre fællesscenarier, hvor meget opgraderet biogas det svarer til samt hvor meget CO₂, der kan spares.

⁴⁸ <https://www.ft.dk/samling/20161/spoergsmaal/s1306/svar/1414886/1770185/index.htm>

⁴⁹ http://www.atv-jord-grundvand.dk/Afholdte_moeder/20180920_moede30/Annemette%20Palmqvist.pdf

⁵⁰ <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2018/jan/mangelfuld-viden-om-mikroplast/>

⁵¹ <https://www.dtu.dk/om-dtu/nyheder-og-presse/dynamo/2017/03/tema-fuld-fart-paa-opgradering-af-biogas?id=2a290fcc-4d4b-4ac7-a4e5-4df0233c4009>

⁵² Tyge Kjær, RUC: KOD Gasudbytte

Tabel 31 Biopulp og produktion af biogas⁵³

Scenarie	Biopulp tons	Biogas Nm ³ CH ₄	Biogas brændværdi	Opgraderet biogas	CO ₂ -besparelse
1A - Enzym	155.804	7.790.198	179.174.564	103.921.247	5.876
2A - Pose	33.012	1.881.703	43.279.165	25.101.916	1.419
3A - 2-kammer	36.680	2.090.781	48.087.961	27.891.017	1.577

Som det fremgår af tabellen, vil den største CO₂-besparelse være ved enzymbehandlingsscenariet, mens posesorteringsscenariet giver den mindste besparelse. Forskellene på CO₂-besparelserne mellem de tre scenarier skyldes, at udnyttelsen af madaffaldet og andet organisk materiale i enzymbeholdingsanlægget er langt større end i de to andre scenarier, da 100 % af madaffaldet samt andet organisk materiale, som f.eks. papir, udnyttes. I de to andre scenarier er der tab af madaffald i værdikæden. I indsamlingsleddet er sorteringseffektiviteten kun ca. 50 % hos borgeren, ved en posesortering tabes ca. 10 %, og ved forbehandling af det indsamlede madaffald til biopulp tabes yderligere ca. 10 %.

Ved genanvendelse af digestat vil indholdet af næringsstofferne fortrænge kunstgødning. I en undersøgelse⁵⁴ er det fundet, at 1 ton indsamlet madaffald vil fortrænge produktionen af kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K) med hhv. 131,1, 52,5 og 4,5 kWh-ækv. Det betyder, at genanvendelsen af næringsstofferne i madaffaldet ligeledes bidrager til en CO₂-besparelse. Der vil dog kun være tale om fortrængning af kunstgødning i scenarierne 2 Posesortering og 3 2-kammerbeholder, da biovæsken i scenarie 1: Enzymbehandling ikke kan anvendes til jordbrugsformål.

9 Samarbejdsmodeller og -muligheder

Renosyd, Reno Djurs, Favrskov Forsyning og AffaldVarme Aarhus har indgået et samarbejde om nærværende analyse, som også belyser muligheder for mellemkommunalt samarbejde ved de tre modeller. Ved at indgå i forskellige samarbejdsrelationer forventes en række fordele at kunne opnås. Fordelene kan f.eks. være:

- Økonomisk vil der være mulighed for at udnytte stordriftsfordele i håndtering af affaldet, hvorved affaldshåndteringen bliver billigere.
- Et samarbejde vil kunne harmonisere indsamlingssystemet af affald, hvorved yderligere optimering og effektivisering af systemet forventes at kunne realiseres. Det kan være i form af kampagner målrettet borgerne, indkøb af materiel, ambitiøse kravsspecifikationer overfor f.eks. affaldsoperatører, udveksling af erfaringer og optimering af ressourcer mv.
- Et samarbejde kan resultere i bedre miljø- og klimamæssig performance, f.eks. ved optimering af transport og affaldsbehandling.

Regeringen har i den afsluttende fase af denne rapport tilblivelse indgået en politisk aftale af 16. juni 2020 om en grøn affaldssektor, hvori kommunernes muligheder for bl.a. at etablere og drive behandlingsanlæg indgår. Den konkrete udmøntning af aftalen og konsekvenserne for kommunernes muligheder for samarbejde vides

⁵³ Naturgas har en brændværdi på ca. 40 MJ/Nm³. Biogas har en brændværdi på ca. 23 MJ/Nm³ (58% af naturgas). Derfor antages, at et ton indsamlet organisk affald giver 100 Nm³ biogas, som kan erstatte 58 Nm³ naturgas:

<https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-543-0/html/bil12.htm>. Omregningsfaktorer: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CO2/standardfaktorer_for_2019.pdf

Naturgas 0,0396 GJ/m³ brændværdi, 56,54 emissionsfaktor (tons CO₂/TJ)

Biogas 0,0230 GJ/m³ brændværdi, 0 emissionsfaktor (tons CO₂/TJ)

⁵⁴ <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>

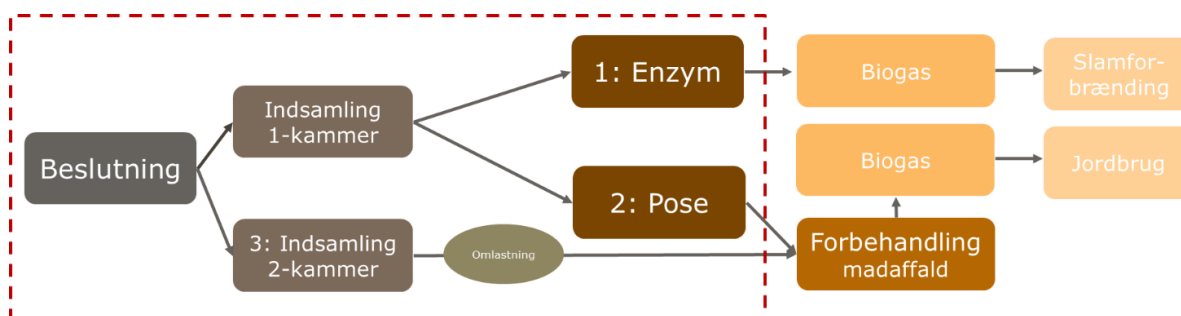
endnu ikke, men i den følgende beskrivelse af samarbejdsmuligheder, som er baseret på den nu gældende lovgivning, vil indholdet af aftalen blive inddraget.

I forhold til de tre undersøgte scenarier vil der være forskellige muligheder for at samarbejde i værdikæden fra beslutning om affaldsindsamlingsystem, over indsamling til behandling og til afsætning af affaldet.

Der gøres opmærksom på, at følgende beskrivelser af samarbejdsmulighederne ikke er vurderet juridisk, hvilket vil være nødvendigt, hvis selskaberne vælger at gå videre ift. at konkretisere et samarbejde ifm. et af scenarierne.

Værdikæden ift. til samarbejdsmuligheder er illustreret i Figur 9.1. Den stiplede kasse viser afgrænsningen ift. hvilke dele af værdikæden, der er beskrevet ift. samarbejdsmuligheder.

Figur 9.1 Værdikæde ift. samarbejdsmuligheder



I hvert led i kæden er indgået en række forskellige aktiviteter og muligheder for samarbejde. De overordnede aktiviteter og samarbejdsmuligheder fremgår af Tabel 32 herunder i form af en bruttoliste over samarbejdsmuligheder i hver led i kæden.

Tabel 32 Bruttoliste over samarbejdsmuligheder i værdikædens enkelte led

Værdikædeled	Aktiviteter	Samarbejdsmuligheder	Bemærkninger
Beslutning	<ul style="list-style-type: none"> Planlægning Information Politisk behandling 	<ul style="list-style-type: none"> Baggrundsmateriale til politisk proces Indstillingsnotater Information af ejerkommuner 	<ul style="list-style-type: none"> Kræver ikke et samarbejde i regi af et selskab, men kræver fælles beslutninger
Indsamling	<ul style="list-style-type: none"> Rulle løsninger ud Indkøb af materiel Informationsmateriale til borgerne 	<ul style="list-style-type: none"> Fælles indkøb af materiel Fælles udbud af indsamling Fælles info-materiale 	<ul style="list-style-type: none"> Ved fælles udbudsmateriale og udbud med 4 delkontrakter kræves ikke samarbejde i regi af selskab
Omlastning	<ul style="list-style-type: none"> Etablering af omlasteplads 	<ul style="list-style-type: none"> Kan indgå som en del af et udbud om forbehandling af madaffald 	<ul style="list-style-type: none"> Samarbejdsmuligheder kræver en nærmere undersøgelse
Behandling (enzym, posesortering, omlastning)	<ul style="list-style-type: none"> Etablering af behandlingsanlæg Udbud af behandling f.eks. via OPP Fælles modtageplads til omlastning 	<ul style="list-style-type: none"> Etablering af A/S Ejerkommuner etablerer I/S OPP-udbud Almindeligt udbud 	<ul style="list-style-type: none"> Kræver formel samarbejdsstruktur (dog ikke for almindeligt udbud)
Afsætning (indsamlet madaffald)	<ul style="list-style-type: none"> Udbud af indsamlet madaffald 	<ul style="list-style-type: none"> Fælles udbud af madaffald Fælles udbudsmateriale 	<ul style="list-style-type: none"> Kræver ingen formel samarbejdsstruktur

De lovgivningsmæssige rammer for kommunernes samarbejdsmuligheder er givet i Miljøbeskyttelseslovens § 45, hvor kommunerne kan beslutte, hvordan affaldshåndteringen skal løses og af hvem – om det skal være kommune selv, et kommunalt fællesselskab (I/S) eller et aktieselskab.

I et kommunalt fællesskab (I/S), efter § 60 i den kommunale styrelseslov, afgiver interessentkommunerne kompetence inden for affaldsområdet til fællesskabet. Det er kun kommuner, der kan være med i et kommunalt § 60-fællesskab. Til gengæld kan fællesskabet eje eller være medejer af et aktieselskab⁵⁵. Ift. lokalitetsprincippet kan § 60-fællesskaber inden for affaldsområdet tilbyde andre ikke-interessentkommuner deres ydelser. Dette skal dog ske via tilbud i en udbudssituation.

Kommuner har mulighed for at etablere et aktieselskab, som kan udføre forvaltningsmæssige opgaver for kommunerne, mens myndighedsopgaver stadig skal varetages af kommunen selv. Kommuner har mulighed for, at have bestemmende indflydelse på selskabet, f.eks. gennem ejerskab, når det gælder opgaver inden for forsyningsområdet, herunder affald.

På affaldsområdet har kommunen mulighed for at tildele opgaver direkte til kommunale I/S og A/S selskaber (den udvidede in-house-regel), som kommunen ejer og kontrollerer (kontrolkriteriet). For at benytte sig af den udvidede in house-regel skal selskabet udføre mindst 80 % af sin virksomhed (80-20 reglen) for den pågældende kommune (virksomhedskriteriet)⁵⁶. Et kommunalt selskab er endvidere underlagt krav om udbud ved anskaffelser iht. EU's udbudsregler.

Kommuner kan indgå i et Offentligt-Privat Partnerskab (OPP). Et OPP mellem en offentlig og en privat part omfatter et udbud af f.eks. et sorteringsanlæg, som finansieres og drives af en privat virksomhed. Løsningen af opgaven er typisk beskrevet på forhånd af kommunerne, som til gengæld forpligter sig til at levere det indsamlede affald til OPP-selskabets sorteringsanlæg. OPP-kontrakten indeholder konkrete samarbejds mål inden for innovation og udvikling i aftaleperioden. Et OPP har en aftaleperiode på 10-15 år, alt efter anlæggets afskrivningsperiode, og hvis kontrakten overholdes, kan der være en option om forlængelse. Hvis den private virksomhed ikke overholder sin del af aftalen, skal kommunerne overtage sorteringsanlægget.

Inden for forsyningsområdet og affaldshåndtering, som typisk er investeringstunge, er der tradition for, at kommunerne samarbejder om at løse opgaverne. Mulighederne og typen af samarbejdet er forskellige alt efter, hvilket led i værdikæden man kigger på og beskrives nærmere herunder.

Beslutning

Det første led i realisering af en løsning for indsamling af madaffald er en politisk beslutning om valg af affaldsløsning og graden af samarbejde om løsningen. I den forbindelse kan selskaberne (og deres ejerkommuner) samarbejde om udarbejdelse af fællesmateriale, der belyser sagen og kan danne grundlag for en politisk beslutning i kommunalbestyrelserne. Det fælles materiale kan være:

- Analyser og kortlægninger
- Redegørelser om f.eks.:
 - Finansiering og fordeling af udgifter
 - Placering af anlæg, logistik mv.
 - Erhvervspolitiske konsekvenser
 - Partnerskaber og modeller til samarbejde
- Indstillinger og anbefalinger
- Beparelser af spørgsmål

⁵⁵ Vurdering af modeller for sortering af husholdningsaffald – Fredensborg Kommune, februar 2019

⁵⁶ <https://www.ft.dk/samling/20191/almindel/kef/spm/83/svar/1617441/2122262/index.htm>

Fordelen ved samarbejde allerede i beslutningsleddet kan være, at selskaberne og kommunernes kompetencer og ressourcer samles og på den måde skaber øget vidensdeling og dataudveksling, så flere kommuner kan drage fordel heraf. Endvidere kan et samarbejde øge mulighederne for at samfinansiere analyser og kortlægninger og på den måde opnå mere omfattende resultater.

Indsamling – Scenarie 3: 2-kammerbeholder

For scenarie 3 om indsamling af madaffald i 2-kammerbeholdere vil der være en række muligheder for at samarbejde særligt inden for indkøb og udbud. Ved at samarbejde kan der være stordriftsfordele ved at samle hele eller dele af opgaveløsningen i enheder, der varetager opgaven for flere kommuner. De gevinster, der kan indhentes ved stordrift, er typisk en bedre udnyttelse af kapacitet, medarbejderressourcer og -kompetencer, standardisering, økonomiske gevinster mv. Kommunale samarbejder kan også være med til at styrke innovation, vækst og udvikling.

Fælles indkøb

Kommunerne en stor offentlig indkøber, og der kan være gevinster at hente ved at købe ind gennem fælles aftaler. I forbindelse med scenariet om 2-kammerbeholdere skal der indkøbes materiel, som der kan være god fornuft i at indkøbe fælles. Derved kan stordriftsfordele udnyttes for at opnå økonomiske fordele. Det drejer sig om:

- 2-kammerbeholdere til enfamilieboliger og sommerhuse
- 140 L beholdere til etageboliger
- Indendørs posestativer til husstandene
- Poser til madaffald

Fælles udbud

Det indsamlede madaffald skal efter indsamling afsættes til forbehandling, inden det kan omdannes til biogas og anvendes til jordbrugsformål. I den forbindelse vil det give god mening for selskaberne at samarbejde for på den måde at udnytte hinandens viden og erfaringer f.eks. ifm. kravsspecifikationer samt stordriftsfordele, herunder økonomiske gevinster. Det drejer sig om:

- Udarbejdelse af fælles udbudsmateriale for indsamling af rest- og madaffaldet
- Udarbejdelse af fælles udbudsmateriale for forbehandling madaffaldet
- Fælles udbud af forbehandling af madaffaldet

Der kræves ikke en formel samarbejdsstruktur, i regi af et selskab, ved samarbejde om fælles udbudsmateriale, eller et fælles udbud for forbehandling af madaffald med fire delkontrakter (en kontrakt for hvert selskab). Samarbejde omkring udbud af forbehandling af indsamlet madaffald kan dog også gennemføres ved at indgå en fælles kontrakt, hvor ansvar, forpligtelser, økonomisk fordeling mv. fremgår.

Et fælles udbud af forbehandling af madaffald kan omfatte fælles omlastepladser, da transporten fra omlastepladsen til forbehandlingsanlæg enten kan udbydes særskilt eller være en del af forbehandlingsudbuddet. En omlastning af madaffaldet vil give mest mening, hvis det foregår ifm. forbrændingsanlægget pga. restaffaldet.

Fælles information til borgerne

I forbindelse med implementering af en ny indsamlingsordning for madaffald vil der være behov for at informere borgerne om den nye ordning. I forlængelse af en beslutning om fælles indsamlingssystem til madaffald vil et samarbejde omkring udarbejdelse af informationsmateriale, kampagner eller lign. ligeledes give god mening. Samarbejdet kan f.eks. omfatte aktiviteter som:

- Informationsstrategi og -politik
- Informationsmateriale
- Kampagner
- Sorteringskriterier
- Oplysningsevents og -aktiviteter
- Skoletjeneste

Samarbejdet kan også her indgås som en fælles, forpligtende aftale eller kontrakt og hvor der udarbejdes fælles udbudsmateriale mv.

Behandling - Scenarie 1: Enzymbehandling og scenarie 2: Posesortering

Scenarierne 1 og 2 omfatter anlæg til hhv. enzymbehandling og posesortering af rest- og madaffaldet. Da der i dag ikke eksisterer danske anlæg, der benytter sig af enzymbehandlingsteknologi for restaffald eller posesorteringsteknologi for posesorteret husholdningsaffald, er der ikke etableret et dansk marked for disse teknologier. Det betyder, at hvis affaldet ønskes behandlet på et anlæg, der benytter en af disse teknologier, skal der først etableres et anlæg i Danmark. Der er på denne baggrund identificeret to overordnede samarbejdsmodeller om hhv. etablering af anlæg eller udbud af anlæg.

I det følgende beskrives de mulige samarbejdsmodeller for etablering af behandlingsanlæg, der benytter enzymbehandlings- eller posesorteringsteknologi, med udgangspunkt i den gældende lovgivning. Lovgivningen forventes dog at blive ændret som følge af den nye regeringsaftale om en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi af 16. juni 2020.

Den nye regeringsaftale stiller krav til kommunerne om, at behandlingen, herunder sortering af genanvendeligt husholdningsaffald, skal udbydes, og kommunerne vil ikke have mulighed for at investere i nye kommunale genanvendelsesanlæg⁵⁷. Det er kun eksisterende anlæg til behandling og sortering af husholdningsaffald, der kan fortsætte i en overgangsperiode på fem år fra ikrafttrædelse.

Der gives i den nye regeringsaftale mulighed for en dispensation fra forbuddet mod at investere i kommunale anlæg til enkelte affaldsfraktioner. Hvis en udbudsrunde og markedsdialog ikke fører til private bydere, kan kommunen byde ind på affaldshåndteringen som et genudbud på samme vilkår og gennem et partnerskab i form af et OPP, hvor den private part også tager en økonomisk risiko. Efter fire år evalueres den fortsatte kommunale tilstedeværelse med mulighed for forlængelse ud over de fem år.

Det vurderes på denne baggrund, at kommunerne fremover (fra ikrafttrædelse) ikke kan etablere ny affaldsbehandlings- eller sorteringsanlæg til husholdningsaffaldet, hvorfor samarbejdsmuligheder omkring etablering af behandlings- og sorteringsanlæg, som er beskrevet herunder ikke vil være muligt. Kun hvis der via et udbud ikke er private bydere, kan selskaberne selv gennem et OPP byde på opgaven. Der vil derfor være meget begrænsede muligheder for, at selskaberne og ejerkommunerne kan etablere behandlings- og sorteringsanlæg for affald og kun via OPP med en privat part.

Etablering af anlæg

Ved etablering af et enzymbehandlings- eller posesorteringsanlæg vil selskaberne skulle investere og bygge et anlæg selv. I den forbindelse er der mulighed for at etablere et selskab enten som A/S eller I/S, som bygger og driver anlægget. I det følgende beskrives mulighederne for de to selskabsformer.

Etablering af et A/S selskab

De fire selskaber kan etablere et A/S efter lånebekendtgørelsens regler, som bygger og driver anlægget. Det vurderes, at etablering af et behandlings- eller sorteringsanlæg vil være udbudspligtig, da tærskelværdien på ca. 1.500.000 kr. sandsynligvis overskrides - også hvis den udvidede in-house-regel medtages i vurderingen. Anlægget vil kun kunne behandle affald fra selskabernes ejerkommuner og vil på den måde ikke kunne behandle f.eks. erhvervsaffald. Det vurderes endvidere, at "bytning" af tjenesteydelser heller ikke vil være muligt.

Fordelene er, at selskaberne har fuld kontrol over udvikling og drift af anlægget. Ulemperne er, at anlægget ikke kan behandle og udnytte evt. ledig kapacitet til erhvervsaffald.

⁵⁷ Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi, Regeringsaftale 16. juni 2020

Etablering af et kommunalt fællesskab (I/S selskab)

Hvis det besluttes at etablere et I/S selskab, som bygger og driver et behandlings- eller sorteringsanlæg, vil anlægget skulle etableres af de fire selskabers ejerkommuner. Dette skyldes, at Favrskov og AVA er A/S'er og derfor ikke kan indgå i et I/S selskab med de øvrige to selskaber. Det vurderes, at etablering af et behandlings- eller sorteringsanlæg vil være udbudspligtig, da tærskelværdien på 1.500.000 kr. sandsynligvis overskrides - også hvis den udvidede in-house-regel medtages i vurderingen. Endvidere vil anlægget kun kunne behandle eller sortere husholdningsaffald. I henhold til lokalitetsprincippet kan fællesskaber dog etablere anlæg, der modtager affald fra andre kommuner uden for fællesskabet, men kommunerne uden for fællesskabet skal formentlig udbyde deres affald⁵⁸.

Fordelene er, at ejerkommunerne har fuld kontrol over udvikling og drift af anlægget. Ulemperne er, at anlægget ikke kan behandle og udnytte evt. ledig kapacitet til erhvervsaffald.

Udbud af anlæg

Ved udbud af et enzym- eller posesorteringsanlæg forstås, at restaffaldet udbydes på markedet til behandling på et af de to beskrevne anlæg i scenarie 1 og 2. Udbuddet kan opstilles som et mere "traditionelt" udbud eller som et offentligt-privat partnerskab (OPP) og vil være ens for begge anlæg.

Udbud af enzymbehandling af restaffald eller posesortering af indsamlet affald i poser

Ved et udbud af enzymbehandling af restaffaldet eller posesortering af indsamlet affald i poser udbydes etablering af anlægget til en privat investor/virksomhed. Den private aktør bygger anlægget mod, at udbyder stiller affaldsmængderne til anlæggets rådighed i en længere periode f.eks. 10 år.

Fordelene ved et fælles udbud for enzymbehandlingsløsningen er, at der er sikkerhed for afsætning af affaldet til behandling i hele perioden, samt at anlægget også kan behandle erhvervsaffald. For et fælles udbud af et posesorteringsanlæg vil fordelene være, at affaldsmængderne puljes og dermed kan tiltrække flere private investorer/virksomheder i en højere grad, end hvis selskaberne udbød deres affaldsmængder alene. For begge anlægsudbud er der mulighed for at have indflydelse på kvaliteten af outputtet i kontraktperioden. Ulemperne er, at man er bundet til behandlingsanlægget i kontraktperioden, og at mulighederne for at indføre ny teknologi er begrænsede.

Offentligt-privat partnerskab (OPP)

Der kan etableres et OPP-samarbejde ifm. etablering af et enzymbehandlingsanlæg eller et posesorteringsanlæg. I udgangspunktet ligner OPP-samarbejdet et "traditionelt" udbud, som beskrevet ovenfor, men OPP-samarbejdet omfatter, til forskel, samarbejdselementer om indarbejdede innovations- og udviklingsmål i kontrakten, som bl.a. sikrer, at OPP-leverandøren har et økonomisk incitament til at arbejde konkret for innovation og udvikling. I et OPP er der fokus på pris, kvalitet, samarbejde og udvikling af løsninger, økonomi og finansiering med henblik på at kunne forbedre totaløkonomien og incitament for OPP-leverandøren til løbende at forbedre og udvikle kvaliteten af outputtet. Den kommunale part forpligtes til at overtage sorteringsanlægget, hvis OPP-leverandøren misligholder kontrakten i væsentlig grad eller ved insolvens.

Fordelen ved et OPP er, at der er incitament til at fremme innovation og nytænkning hos OPP-leverandøren med henblik på at forbedre kvaliteten af outputtet, herunder optimering af drift og vedligehold. Der er privat finansiering og ejerskab med mulighed for at samtænke kommunale og private opgaver i nye innovative løsninger. Ulemperne er, at der indgås lange kontrakter, som kan fastholde behandlingen af affald til én teknologi. OPP-kontrakter er komplekse kontrakter, og det kan være vanskeligt, at udarbejde outputbaserede kravsspecifikation med et langt sigte, ligesom sammentænkning af private og kommunale opgaver kan komplicere OPP-samarbejdet yderligere.

⁵⁸ Vurdering af modeller for sortering af husholdningsaffald, Fredensborg Kommune februar 2019

10 Sammenstilling og vurdering

I det følgende opsamles og sammenholdes de tre fællesscenarier ift. de undersøgte parametre:

- Væsentligste resultater
- Teknologi/teknik (modenhed/sikkerhed og risici/kritiske punkter)
- Økonomi (meromkostning kr./ton behandlet affald)
- Miljø/genanvendelse og klima (genanvendelse, tab, miljø, CO₂, ressourceforbrug)
- Borgerservice (ændringer)

Vurderingen foretages ved hjælp af farverne rød, gul og grøn:

- Rød betyder, at parameteren i scenariet vurderes til den laveste karakter 0-1 (mindst attraktiv)
- Gul betyder, at parameteren i scenariet vurderes til den mellem karakter 2-3
- Grøn betyder, at parameteren i scenariet vurderes til den højeste karakter 4-5 (mest attraktiv)

Endelig opstilles fordele og ulemper ved de tre scenarieløsninger samt samarbejds muligheder.

Væsentligste resultater

De væsentligste resultater for fællesscenarierne er sammenholdt i Tabel 33.

Tabel 33 Sammenligningstabel for fællesscenarierne

Parameter	1A Enzymbehandling	2A Optisk posesortering	3A 2-kammer beholder
Tab af mad i værdikæden	100 %	20 %	10 %
Årlig meromkostning (rest + mad) kr./ton	1.279	250	274
Årlig meromkostning madaffald kr./ton	3.384	1.163	1.150
Meromkostning pr. husstand inkl sommerhuse kr.	545	107	117
Biovæske/-pulp til biogasproduktion – ton*	85.672	33.012	36.680
Biogasproduktion – mio. Nm ³ metan	4,3	1,9	2,1
CO ₂ besparelse - ton	3.118	1.419	1.577
Madaffald til genanvendelse - ton	0	22.008	24.454
Næringsstofudnyttelse - kg	0	4.014.299	4.460.333
Procentpoint bidrag til genanvendelse	0	5	6

Det økonomisk dyreste scenarie 1A: enzymbehandling. Scenarierne 2A: Posesortering og 3A: 2-kammerbeholder er generelt økonomisk sammenlignelige og forskellene ligger inden for beregningsusikkerhederne. Det ses, at posesortering er lidt billigere pr. ton affald (rest og mad) og pr. husstand end 2-kammerbeholderen. Til gengæld er 2-kammerbeholderen lidt billigere pr. ton behandlet madaffald end posesorteringen pga. mindre tab af madaffald i behandlingskæden.

Følsomhedsberegningerne for posesorteringsscenarioet og 2-kammer scenariet er opsamlet i Tabel 34.

Tabel 34 Følsomhedsberegninger for hhv. posesorteringsscenarioet og 2-kammer scenarioet

Fællesscenarie	Samlet meromkostning i beregnet scenario	Samlet meromkostning ved øget posepris	Samlet meromkostning i beregnet scenario	Samlet meromkostning ved øget tømningspris
Posesortering	Posepris i scenariet 12 øre/stk. kr.	Posepris 20 øre/stk. kr.	Tømningspris i scenariet kr.	Tømningspris + 10% kr.
Meromkostning pr. ton affald	250	354	250	258
Meromkostning pr. husstand	107	151	107	110
2-kammerbeholder	Posepris i scenariet 10 øre/stk. kr.	Posepris 18 øre/stk. kr.	Tømningspris i scenariet kr.	Tømningspris + 10% kr.
Meromkostning pr. ton affald	274	320	274	281
Meromkostning pr. husstand	117	136	117	120

Det fremgår af tabellen, at for posesorteringsscenarioet er poseprisen vigtig ift. prisen pr. ton affald og pr. husstand. Hvis den i scenariet beregnede posepris på 12 øre pr. pose stiger til 20 øre pr. pose, vil meromkostningerne pr. ton affald stige fra 250 kr. til 354 kr. Meromkostningerne pr. husstand stiger fra 107 kr. til 151 kr. En stigning i tømmepriisen med 10 % ift. den i scenariet beregnede tømmepriis betyder, at meromkostningen pr. ton affald stiger fra 250 kr. til 258 kr. og meromkostningerne pr. husstand stiger fra 107 kr. til 110 kr.

I fællesscenariet for 2-kammerbeholderen er tømningsprisen vigtigt. En stigning i tømningsprisen på 10 % ift. den i scenariet beregnede tømmepriis vil betyde, at meromkostningen pr. ton affald (rest- og madaffald) vil stige fra 274 kr./ton til 281 kr./ton affald. Ligeledes vil meromkostningerne pr. husstand stige fra 117 kr./ton til 120 kr./ton affald. En stigning i poseprisen på 8 øre ift. den i scenariet beregnede posepris betyder, at meromkostningen pr. ton affald stiger fra 274 kr. til 320 kr., og meromkostningerne pr. husstand stiger fra 117 kr. til 140 kr.

På den baggrund vurderes det, at de to scenarier er økonomisk sammenlignelige, da der kan være en større usikkerhed på prisen på poserne i posesorteringsscenarioet, som kan være afgørende for de samlede meromkostninger.

Som det endvidere fremgår af tabellen er scenario 3A: 2-kammerbeholder bedst ift. miljø- og genanvendelsesparametrene, herunder næringsstofudnyttelse, hvor scenario 1A: Enzymbehandling er bedst ift. parametrene klima, biogasproduktion og CO₂ besparelser.

Teknologi/teknik

De tre fællesscenarier er vurderet ift. den anvendte teknologi og teknik, hvor moden og sikker teknologien er og endelig, hvilke kritiske punkter og risici, der er ved den anvendte teknologi. Vurderingerne er sammenholdt i nedenstående tabel.

Det vurderes, at scenario 1A er det mest risikofyldte scenario mht. teknologisk modenhed, driftssikkerhed mv., hvorimod det vurderes som det letteste scenario at implementere, da det ikke kræver ændringer i det eksisterende indsamlingssystem. For scenario 2A og 3A er disse scenarier sammenlignelige mht. teknologisk modenhed mv. Scenario 2A vurderes dog til at være mere risikofyldt en 3A pga. af manglende posesorteringsanlæg i Danmark. Til gengæld vurderes 3A til, at være det scenario, som fordrer de største forandringer i indsamlingssystemet, da det eksisterende materiel og biler skal udskiftes, samtidig med, at der er behov for omlastning.

Tabel 35 Sammenstilling af fællesscenerierne ift. teknologi, modenhed og kritiske punkter

Parameter	Scenarie 1A: Enzym	Scenarie 2A: Posesort.	Scenarie 3A: 2-kammer
Modenhed/sikkerhed	Teknologien er umoden. Eksisterende anlæg i England kører endnu ikke med fuld kapacitet. Anlægget vurderes til at være sårbart.	Moden og velafprøvet teknologi. Mange kommercielle anlæg i bl.a. Sverige og Norge.	Indsamlingssystem, der er indført i mange kommuner.
Teknologi/teknik	Teknologien er følsom overfor slitage og stort affald og vurderes til at være sårbart bl.a. pga. store tekniske problemer.	Fleksibelt sorteringsteknologi og -system, da antal af poser og indhold i poserne let kan ændres.	2-kammerbeholdere for enfamilieboliger er sårbare. Ekstra container for etageboliger. 2-delte nedgravede beholdere for midtby.
Ricisi/kritiske punkter	Der eksisterer ikke anlæg i Danmark. Behandlingskapaciteten er usikker ved f.eks. produktionsstop, nedbrud o.lign.	Der eksisterer ikke anlæg i Danmark. Behandlingskapaciteten er usikker ved f.eks. produktionsstop, nedbrud o.lign. Der er risiko for fejlsorteringer og løst affald. Kvalitet afhænger af sortering hos borgeren indsamlingssystemet bindes til én bestemt teknologi i lang tid. Usikker tidsplan.	Lang leveringstid på 2-kammerbiler. Relativt få 2-kammerbiler, som er kritisk ift. nedbrud mv. Risiko for sammenblanding af affald. Risiko for arbejdsmiljø ift. løst madaffald. 2-kammerbeholderen er sårbare og affald kan sidde fast. Der er risiko for fejlsorteringer og løst affald. Kvalitet afhænger af sortering hos borgeren.
Implementerbarhed i indsamlingsleddet	Let at indføre, da eksisterende materiel, biler, logistik mv. bibeholdes.	Let at indføre, da eksisterende materiel, biler, logistik mv. bibeholdes. Indsamles mindre mængde madaffald på bilerne pga. mindre komprimering. Ekstra sorteringsled ift. kildesortering hos borger.	Eksisterende materiel og biler skal skiftes. Indsamles en mindre mængde madaffald på bilerne pga. mindre komprimering. Kapacitetstab på både beholdere og biler. Længere tømme tid og nedgravede 2-delte beholdere skal tømmes i to omgange. Behov for omlastning.

Økonomi

Den økonomiske vurdering af de tre fællesscenarier ift. investering og drift fremgår herunder. Som det ses er scenarie 1A forbundet med de største investeringer før afskrivning. Scenarie 3A er det scenarie, som er forbundet med de mindste investeringer. For scenarierne 1A og 2A indgår investeringer i anlæg, der behandler og sorterer affaldet og som binder indsamlingssystemet til en bestemt løsning. Sorteringen af affaldet i scenarie 3A sker hos borgeren, hvilket betyder, at det sorterede madaffald kan udbydes på markedet og dermed afsættes til forskellige behandlingsformer i takt med den teknologiske udvikling. Investeringen knytter sig til nye affaldsbeholdere og udgør en noget mindre investering før afskrivning sammenlignet med de øvrige to scenarier.

Tabel 36 Sammenstilling af fællesscenarierne ift. økonomi

Parameter	Scenarie 1A: Enzym	Scenarie 2A: Posesort.	Scenarie 3A: 2-kammer
Investering og drift	Anlægget er forbundet med stor investering, som binder indsamlingssystemet til en løsning i lang tid.	Anlægget er forbundet med noget mindre investering, som til en vis grad binder indsamlingssystemet til en løsning i lang tid.	Indkøb af beholdere er forbundet med en mindre investering ift. til de to andre scenarier.
Investering før afskrivning mio. kr.	500	91	75
Bemærkninger	Store omkostninger til bortskaffelse af bio-væske.	Høje omkostninger til indkøb/omdeling af poser og posestativ. Billigere at indsamle flere fraktioner end kun to. Madaffaldet kan udbydes på markedet.	Mindre omkostninger til indkøb/omdeling af poser og posestativ. Det er en løsning som ikke binder affaldssystemet til et særligt behandlingsanlæg. Madaffaldet kan udbydes på markedet Kræver investering i om-lasteplads

Miljø/genanvendelse og klima

Det fremgår af nedenstående tabel, at scenarie 1A: Enzymbehandling ikke bidrager til genanvendelse og CO₂-reduktion, da det ikke kan afsættes til genanvendelse i Danmark. Samtidig er der et stort ressourceforbrug på anlægget. For de to øvrige scenarier hhv. 2A: Posesortering og 3A: 2-kammerbeholder bidrager de begge til genanvendelse og CO₂-reduktion. Der er dog et større tab af madaffald i scenarie 2A, da en del af madaffaldet tabes i sorteringsanlægget. I scenarie 3A afsættes det indsamlede madaffald direkte til forbehandlingsanlægget. I både scenarie 2A og 3A er der et ressourceforbrug i form af indkøb og uddeling af poser, som i dag kun kan genanvendes på få forbehandlingsanlæg. I scenarie 2A er der endvidere et ressourceforbrug i form af etablering og drift af sorteringsanlægget, men i scenarie 3A er der også et ressourceforbrug i form af udskiftning af beholdere og indsamlingsbiler. Størrelsesordenen af disse ressourceforbrug er ikke omfattet af nærværende analyse og derfor ikke medtaget i vurderingen.

Tabel 37 Sammenstilling af fællesscenarierne ift. miljø, genanvendelse og klima

Parameter	Scenarie 1A: Enzym	Scenarie 2A: Posesort.	Scenarie 3A: 2-kammer
Genanvendes efter gældende regler	Nej	Ja	Ja
Tab af madaffald %	100	20	10
Miljøbelastning	Øget indhold af uønskede stoffer i biovæsken	Høj kvalitet madaffald med lavt indhold af uønskede stoffer. Overholder krav til indhold af synlige urenheder. Dog risiko for spredning af plaststykker på marker.	Høj kvalitet madaffald med lavt indhold af uønskede stoffer. Overholder krav til indhold af synlige urenheder. Dog risiko for spredning af plaststykker på marker.
Genanvendelse	Teknologien kan ikke anerkendes som genanvendelse iht. EU-krav. Udsorteret metal kan genanvendes. Plastaffald kan ikke genanvendes. Inert affald deponeres.	Madaffaldet kan genanvendes iht. EU-krav. Erstatter kunstgødning. Kun få forbehandlingsanlæg, der kan genanvende poserne.	Madaffaldet kan genanvendes iht. EU-krav. Erstatter kunstgødning. Kun få forbehandlingsanlæg, der kan genanvende poserne.
CO₂ reduktion	Biovæsken kan ikke afsættes til danske biogasanlæg, da digestatet ikke kan anvendes på marker. Teoretisk produktion af biogas og fortrængning af naturgas. CO ₂ reduktion ved genanvendelse af metal	Madaffaldet kan afsættes til biogasproduktion på danske biogasanlæg. Produktion af biogas og fortrængning af naturgas. Bidrager til klimapolitisk målsætning.	Madaffaldet kan afsættes til biogasproduktion på danske biogasanlæg. Produktion af biogas og fortrængning af naturgas. Bidrager til klimapolitisk målsætning.
Ressourceforbrug	Stort ressourceforbrug af enzymer, vand og energi. Pga. energiforbrug bør anlægget placeres tæt ved anlæg med overskydende varme. Mindre ressourceforbrug, da eksisterende indsamlingsmateriel og biler kan anvendes.	Mindre ressourceforbrug af vand og energi i forbehandlingen. Ekstra ressourceforbrug til poser.	Mindre ressourceforbrug af vand og energi i forbehandlingen. Ekstra ressourceforbrug til poser.

Service for borgerne

For borgerne giver scenarie 1A: Enzymbehandling ingen ændringer ift. det eksisterende indsamlingssystem. Til gengæld giver enzymbehandlingen ikke borgerne mulighed for selv at sortere madaffald - ligesom borgernes bevidsthed om madspild heller ikke øges. Scenarie 3A: 2-kammerbeholderen er det scenarie, der giver anledning til flest ændringer for borgeren, da det kræver flere håndteringsprocedurer både indendørs og udendørs ift. det eksisterende indsamlingssystem. Det kan ligeledes være forbundet med flere gener i form af lugt, fluer mv. I både scenarie 2A: Posesortering og scenarie 3A: 2-kammerbeholder skal borgerne sortere deres madaffald, hvilket tilgodeser borgere med et ønske om at sortere mere. Endvidere vil sorteringen øge borgernes bevidsthed om madspild.

Tabel 38 Sammenstilling af fællesscenarierne ift. service for borgerne

Parameter	Scenarie 1A: Enzym	Scenarie 2A: Posesort.	Scenarie 3A: 2-kammer
Ændringer	Indsamlingssystemet vil ikke blive ændret som følge af enzymbehandling af affaldet.	Borgeren vil opleve få ændringer i form af lidt flere håndteringsprocedurer end tidligere (plads til posestativ i køkken, sortering i grøn pose og slå knude på posen). Borgeren kan opfatte uddeling af poser positivt. Borgeren skal forholde sig til at sortere korrekt. Kan være manglende tilid til systemet og ringe udsorteringskvalitet.	Borgeren vil opleve flere ændringer i form af flere håndteringsprocedurer end tidligere (plads til posestativ i køkken, sortering i grøn pose, slå knude på posen, placere posen i korrekt rum i affaldsbeholderen). Borgeren kan opfatte uddeling af poser positivt. Borgeren skal forholde sig til at sortere korrekt. Kan være manglende tilid til systemet og ringe udsorteringskvalitet.
Gener	Ingen gener	Risiko for lugtgener, fluer og maddiker.	Risiko for lugtgener, fluer og maddiker.
Information	Ikke informationsbehov	Behov for information.	Behov for information.
Miljøbevidsthed	Giver ikke borgere mulighed for at sortere, hvis de ønsker det. Giver ikke bevidsthed om madspild.	Giver borgere mulighed for at sortere, hvis de ønsker det. Giver bevidsthed om madspild.	Giver borgere mulighed for at sortere, hvis de ønsker det. Giver bevidsthed om madspild.

Samarbejdsmodeller

Set i lyset af den nye regeringsaftale forventes det, at mulighederne for, at kommuner og selskaber kan investere og etablere behandlings- og sorteringskapacitet for affald bliver yderst begrænsede. Kun hvis udbud og markedsdialog ikke fører til private bydere, kan kommunen byde ind på affaldshåndteringen som et genudbud på samme markedsvilkår og i form af et OPP.

Det betyder formegentlig, at for samarbejdsmulighederne for scenarie 1A: Enzymbehandling og scenarie 2A: Posesortering bliver begrænset til et fælles OPP, hvis der ikke kan findes private bydere til et evt. udbud. Et sådan samarbejde vil kræve en formel samarbejdsstruktur i regi af et A/S selskab.

Scenarie 3A: 2-kammerbeholder omfatter ikke investering i behandlings- og sorteringsanlæg, hvorfor mulighederne for samarbejde har en anden karakter end for scenarierne 1A og 2A. Samarbejdsmulighederne knytter sig primært til fælles indkøb, udbud og kommunikationsaktiviteter, som kan gennemføres uden etablering af en formel samarbejdsstruktur. Samarbejdet kan indgås gennem kontrakter, fælles forpligtende politikker eller lign.

Samarbejde i forbindelse med en beslutning om, hvilket indsamlingssystem, der skal indføres for madaffaldet kan omfatte forberedende arbejder som f.eks. analyser, redegørelser, indstillinger, anbefalinger mm. og kan på samme måde som i scenarie 3A indgå uden formelle samarbejdsstrukturer.

Opsamlende bemærkninger

Sammenstillingen af de tre fællesscenarier har vist, at scenarie 1A: Enzymbehandling er det scenarie, der er forbundet med flest usikkerheder med hensyn til anlæggets modenhed og teknologiske udviklingsstade. Endvidere vil en enzymbehandling ikke bidrage til øget genanvendelse af madaffaldet eller produktion af biogas, da biovæsken med stor sandsynlighed ikke vil kunne afsættes til et eksisterende biogasanlæg, og digestatet fra forgasset biovæske er ikke godkendt til anvendelse på landbrugsjord. Biovæsken vil derfor skulle bortskaffes f.eks. ved tørring og forbrænding. En sådan løsning vil i henhold til EU lovgivning ikke vil kunne anerkendes som genanvendelse, når det organiske materiale anvendes som brændsel. Selve Enzymbehandlingsprocessen vil vanskeligt kunne opfylde EU's krav om særskilt indsamling af madaffald, og det vurderes, at det ikke vil være realistisk at få godkendt en ansøgning om dispensation fra kravet. Opsamlende er enzymbehandlingen en meget dyr løsning med meget begrænsede resultater ift. den ønskede udnyttelse af madaffaldet.

For Scenarie 2A: Posesortering viser analysen, at teknologien er moden og anvendes kommercielt på en række anlæg i udlandet, f.eks. Sverige og Norge, og at der er få ændringer i værdikæden knyttet til systemet. Der er erfaringer for, at en posesorteringsordning relativt nemt kan indføres, da eksisterende udendørs beholdere og indsamlingsbiler fortsat kan anvendes. For borgerne vil en posesortering betyde nogle enkelte få ændringer i køkkenet, da de vil skulle sortere madaffaldet i en grøn pose og forholde sig til at sortere korrekt. Det indsamlede madaffald kan få en høj kvalitet og kan afsættes til biogasproduktion med efterfølgende genanvendelse på markerne, hvor næringsstofferne erstatter kunstgødning. Der er dog et tab af madaffald i værdikæden hos borgeren, i sorteringsanlægget og i forbehandlingsanlægget. Det største tab sker imidlertid hos borgeren, hvorfor der er behov for borgerrettet information om systemet. Opsamlende er posesorteringsløsningen økonomisk sammenligneligt med scenarie 3A: 2-kammerløsningen (inden for følsomheds- og beregningsusikkerhederne) og opfylder ønskerne til udnyttelse af madaffaldet. Det vurderes umiddelbart, at fællesscenariet giver de største fordele, hvorfor et samarbejde f.eks. i form af et fælles udbud kunne overvejes. Dog bør den nye politiske aftale om en grøn affaldssektor tages i betragtning.

Scenarie 3A: 2-kammerbeholder er allerede indført som system hos en række kommuner, og det er derfor afprøvet og velfungerende. Scenariet omfatter en del ændringer, da eksisterende udendørs beholdere og indsamlingsbiler skal udskiftes. For borgeren vil scenariet også betyde en række ændringer i håndteringen af madaffaldet i køkkenet og udendørs. Madaffaldet skal udsorteres i grønne poser og placeres i det rigtige rum i 2-kammerbeholderen eller den todelte nedgravede beholder, og for etageejendomme i den rigtige container. Borgeren skal ligeledes forholde sig til at sortere korrekt. Ligesom for scenarie 2A: Posesortering kan det indsamlede madaffald have en høj kvalitet og kan afsættes til biogasproduktion med efterfølgende genanvendelse på markerne, hvor næringsstofferne erstatter kunstgødning. Der sker også i dette scenarie et tab af madaffald i værdikæden, som dog er mindre end for scenarie 2A. Det største tab sker hos borgeren, hvorfor der er behov for borgerrettet information om systemet. Endvidere er der et mindre tab hos forbehandlingsanlægget. Opsamlende er 2-kammerløsningen økonomisk sammenlignelig med scenarie 2A: Posesortering (inden for følsomheds- og beregningsusikkerhederne). I 2-kammerløsningen udnyttes dog en større del af madaffaldet, da det indsamlede madaffald kan afsættes direkte til forbehandlingsanlægget, hvilket har betydning for produktion af biogas og genanvendelsen. Scenariet opfylder ønskerne til udnyttelse af madaffaldet. Det vurderes umiddelbart, at et samarbejde om fælles indkøb, udbud med fire delkontrakter og udarbejdelse af informationsmateriale, kampagner mv. giver de største fordele.

11 Litteraturliste

- Andersen, Morten (2017): Fuld fart på opgradering af biogas, dtu.dk: <https://www.dtu.dk/om-dtu/nyheder-og-presse/dynamo1/2017/03/tema-fuld-fart-paa-opgradering-af-biogas?id=2a290fcc-4d4b-4ac7-a4e5-4df0233c4009>
- BEK nr 1001 af 27/06/2018: Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, Retsinformation.dk: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2018/1001>
- Bindslev, Joachim Claushøj & Rasmus Friis Jensen (2019): Problemer hos Ørsted – anlæg forsinket mere end to år, nyheder.tv2.dk: <https://nyheder.tv2.dk/business/2019-08-05-problemer-hos-oersted-anlaeg-forsinket-mere-end-to-aar>
- Biopress 2016: Første REnescience-anlæg i fuld skala, FiB, biopress.dk: <http://www.biopress.dk/PDF/forste-REnescience-anlaeg-i-fuld-skala>
- Bristow, Ned (2019): Odour management plan approved at Lostock waste treatment plant, northwichguardian.com: <https://www.northwichguardian.co.uk/news/17613393.odour-management-plan-approved-at-lostock-waste-treatment-plan/>
- Carlsbæk, Morten (2018): Præsentation ved DAKOFA konference den 19. juni 2018 om øget sortering af madaffald
- Center for Energiadministration (2020): Standardfaktorer for brændværdier og CO2-emissionsfaktorer til brug for rapporteringsåret 2019, notat, ens.dk: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CO2/standardfaktorer for 2019.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CO2/standardfaktorer%20for%202019.pdf)
- COWI (2016): Økonomi og miljøvurdering af optisk posesortering, marts 2016: Frederikssund Kommune, Gribskov Kommune og Halsnæs Kommune: <https://genanvend.mst.dk/media/160802/rapport-opnord-vs22-final.pdf>
- COWI (2017): Valg af beholdere, Miljøstyrelsen: <https://genanvend.mst.dk/media/191135/valg-af-beholdere-rapport.pdf>
- Dansk Gas Forening (2019): Biogas-pionér udvider og går økologisk, danskgasforening.dk: <https://www.danskgasforening.dk/nyhed/biogas-pioner-udvider-og-gaar-oekologisk>
- Doherty, Joshua (2019): 'Mechanical challenges' delay Ørsted bioliquid plant, letsrecycle.com: <https://www.letsrecycle.com/news/latest-news/mechanical-challenges-delay-orsted-bioliquid-plant/>
- Econet (2017): Affald i farver. Forsøg med optisk posesortering, Kommunepuljeprojekt i Halsnæs Kommune: <https://genanvend.mst.dk/media/189940/rapport-2017-11-01-forsoeg-med-optisk-posesortering.pdf>
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: <https://www.ft.dk/samling/20191/alm-del/kef/spm/83/svar/1617441/2122262/index.htm>
- Gasfakta.dk (u.d.): Biogas, gasfakta.dk: <https://www.gasfakta.dk/gron-gas/biogas>
- KomTek Miljø (2014): Biopulp. Rent brændstof til Biogasanlæg, KomTek Miljø, polweb.vordingborg.dk: [http://polweb.vordingborg.dk/open/Teknik-%20og%20Milj%C3%B8udvalget%20\(%C3%85ben\)/2015/12-08-2015/Referat%20\(%C3%85ben\)/12-08-2015%20-%20Bi-lag%2011.09%20Ans%C3%B8gningsbilag%2052%20-%20Deklaration%20B%E2%80%A6.pdf](http://polweb.vordingborg.dk/open/Teknik-%20og%20Milj%C3%B8udvalget%20(%C3%85ben)/2015/12-08-2015/Referat%20(%C3%85ben)/12-08-2015%20-%20Bi-lag%2011.09%20Ans%C3%B8gningsbilag%2052%20-%20Deklaration%20B%E2%80%A6.pdf)
- Miljø- og Energiudvalget (2016): Godkendelse af container til restaffald og madaffald, aalborg.dk: <https://www.aalborg.dk/usercontrols/AalborgKommune/Referater/Pdf.aspx?pdfnavn=17424215-15462091-28.pdf&type=punkt&pdfid=13234>
- Miljø- og Fødevarerministeriet (2017): Spørgsmål nr. S 1306, ft.dk: <https://www.ft.dk/samling/20161/spoergsmaal/s1306/svar/1414886/1770185/index.htm>
- Miljøstyrelsen (2011): Forbehandling og biogasanlæg til organisk dagrenovation i 2011 – kan de tidlige problemer fra Helsingør og Århus forebygges?, notat, mst.dk: <https://mst.dk/media/90784/Fremtid%20organisk%20affald%20og%20erfaringer%20Helsing%C3%B8r%20%C3%85rhus.pdf>
- Miljøstyrelsen (2012): Samfundsøkonomi og miljøforhold for REnescience, notat, 1. November 2012: https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf
- Miljøstyrelsen (2018): Undersøgelse af parametre med indflydelse på KOD, Miljøprojekt nr. 2026: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-49-8.pdf>
- Miljøstyrelsen (2019): Indsamlingsordninger for sommerhuse, haveforeninger/kolonihaver samt ikke-brofaste øer, Miljøprojekt nr. 2115, 2019: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/12/978-87-7038-134-5.pdf>

- Miljøstyrelsen (2019): På vej – Mod øget genanvendelse af husholdningsaffald (livscyklusvurdering og samfundsøkonomisk konsekvensvurdering, Miljøprojekt nr. 2059, februar 2019: <https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2019/feb/paa-vej-mod-oeget-genanvendelse-af-husholdningsaffald-livscyklusvurdering-og-samfundsøkonomisk-konsekvensvurdering/>
- Miljøstyrelsen (2019): Kildesorteret organisk dagrenovation (KOD), Miljøprojekt nr. 2092, juli 2019: <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/07/978-87-7038-087-4.pdf>
- Miljøstyrelsen (u.d.): Fremme af efterspørgslen af organisk affald til genanvendelse: https://mst.dk/media/174068/fremme-efterspørgslen-af-organisk-affald_udkast.pdf
- Miljøstyrelsen (2003): Indsamling af organisk affald fra husholdninger, små erhvervskøkkener og fødevarerforretninger i Aalborg kommune, www2.mst.dk: <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2003/87-7972-543-0/html/bil12.htm>
- Partnerskab om mikroplast i spildevand, 2017. <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2018/jan/mangelfuld-viden-om-mikroplast/>
- Pedersen, Camilla Bjerg (2018): Notat – optisk sortering, Vestforbrænding, furesoe-meetingsplus.dk: <https://furesoe-meetingsplus.dk/welcome-da/udvalg/udvalg-for-natur-miljo-og-gron-omstilling/udvalg-for-natur-miljo-og-gron-omstilling/protocol/51-notat-om-optisk-sortering-baggrundsnotat-fureso-kommunepdf?downloadMode=open>
- Rambøll (2019): Vurdering af modeller for sortering af husholdningsaffald, Fredensborg Kommune, <https://www.fredensborg.dk/document/299b8d50-e434-41a0-8958-890445cdd2f0>
- RUC (2018): Forekomst og effekter af mikroplast i organiske ressourcer og jord, Annemette Palmqvist, Monica Hamann Sandgaard, Ida Aagaard Larsen, Oplæg på ATV Jord og Grundvand: http://www.atv-jord-grundvand.dk/Afholdte_moeder/20180920_moede30/Annemette%20Palmqvist.pdf
- Tyge Kjær, RUC: KOD Gasudbytte
- Walsh, Luke (u.d.): REnescience Northwich operating at 50 % capacity, endswaste&bioenergy.com: <https://www.endswasteandbioenergy.com/article/1660738/REnescience-northwich-operating-50-capacity>
- Ørsted (u.d.): REnescience – vi laver husholdningsaffald om til energi, orsted.com: <https://orsted.com/da/our-business/bioenergy/REnescience>
- Økologisk Landsforening (2017): Etablering af økologiske biogasanlæg – en håndbog, Michael Tersbøl, okologi.dk: https://okologi.dk/media/2022158/biogasanlaeg_web.pdf
- Kundemåling: Rapport | Version 3 | AffaldVarme | 15. januar 2020
- DAKOFA konference 04.04.11, præsentation Karen Lübben
- Faktaark fra Miljø og Fødevarerministeriet
- Samfundsøkonomi og miljøforhold for REnescience, notat, 1. November 2012: https://www.dakofa.dk/fileadmin/user_upload/documents/Nyheder/2014/REnescience_notat_121101_Final.pdf

Appendix 1: Bruttoliste over forudsætninger

FORUDSÆTNINGER			
Beholdere	Værdi	Enhed	Kilder
Indkøb 1-kammer beholder 140 l	200	kr/holder	Joca
Indkøb 1-kammer beholder 240 l	240	kr/holder	Joca
Indkøb 2-kammer beholder 240 l	400	kr/holder	Joca
Indkøb 400 l	775	kr/holder	Joca
Indkøb container 660 l	900	kr/holder	Joca
Posestativ køkken	22	kr./stk	Joca
afskrivning	8	år	Joca
Nedgravet beholder - todelt indsats	30.000	kr/ nedgravet	Aarhus
afskrivning	15	år	Aarhus
140 l madaffaldsbeholder	15,3	Boliger/holder	Beregning
660 l cotainer	5,5	Boliger/holder	Joca
Udbringning 2 hiulede beholder	50	kr/Beholder	Joca
Udbringning 4 hiulede beholder	75	kr/holder	Joca
Beholderbehov enfamilieboliger	Værdi	Enhed	Kilder
Madaffald potentiale enfamilie	215	kg/hush./år	Miljøprojekt 2059
Indsam.effektivitet enfamilie	58	%	Miljøprojekt 2059 (55-60%)
Madaffald vægtfylde	250	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Restaffald vægtfylde både med og uden	60	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Antal tømninger	26	år	Projektgruppen
Rest/mad 2-kammer (2. ugetøm.)	240	L	Miljøprojekt 2059
Rest (2-240 l) enfam. Udsort.	43	liter/uge	Miljøprojekt 2059
Mad (2-240 l) enfam. sorteret	9	liter/uge	Miljøprojekt 2059
Fyldningsgrad rest (2-240 l) enfam.	92	%	Miljøprojekt 2059
Fyldningsgrad mad (2-240 l) enfam.	30	%	Miljøprojekt 2059
Beholderbehov etager	Værdi	Enhed	Kilder
Madaffald potentiale etager	208	kg/hush./år	Miljøprojekt 2059
Indsam.effektivitet etager	43	%	Miljøprojekt 2059 (40-45%)
Madaffald vægtfylde	250	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Restaffald vægtfylde både med og uden	60	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Antal tømninger	52	år	Projektgruppen
Rest etager (ugetøm.)	660	L	Miljøprojekt 2059
Mad etager (ugetøm.)	140	L	Erfaring
Rest (660 l) etage udsorteret	90	liter/uge	Beregnet pba. erfaringer fra RenoDiurs
Mad (240 l) etage sorteret	6,88	liter/uge	Beregnet pba. Miljøprojekt 2060
Fyldningsgrad rest (660 l) etage.	75	%	Beregnet pba. Miljøprojekt 2061
Fyldningsgrad mad (240 l) etage.	75	%	Beregnet pba. Miljøprojekt 2062
Beholderbehov sommerhus	Værdi	Enhed	Kilder
Madaffald potentiale sommerhus	65	kg/hush./år	Projektgruppen bpa. erfaringstal
Indsam.effektivitet sommerhus	58	%	Miljøprojekt 2059 (55-60%)
Madaffald vægtfylde	250	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Restaffald vægtfylde både med og uden	60	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Antal tømninger	23	år	Projektgruppen
Rest/mad 2-kammer (2. ugetøm.)	240	L	Miljøprojekt 2059
Rest (2-240 l) udsorteret	65	liter/uge	Miljøprojekt 2059
Mad (2-240 l) sorteret	4,5	liter/uge	Miljøprojekt 2059
Fyldningsgrad rest (2-240 l)	92	%	Miljøprojekt 2059
Fyldningsgrad mad (2-240 l)	30	%	Miljøprojekt 2059
Beholderbehov nedgravede (Midtby)	Værdi	Enhed	Kilder
Madaffald potentiale Midtby	208	kg/hush./år	baseret på Miljøprojekt 2059
Indsam.effektivitet Midtby	40	%	Skøn
Madaffald vægtfylde	250	kg/m3	Miljøprojekt 2059
Restaffald vægtfylde både med og uden	82	kg/m3	Aarhus
Fyldningsgrad rest	75	%	Projektgruppen
Fyldningsgrad mad	75	%	Projektgruppen
Tømninger ikke sorteret	74	Antal/år	Aarhus
Tømninger sorteret	89	Antal/år	Aarhus
Nedgravede beholdere	565	Antal	Aarhus
Nedgravede beholdere ny to delt indsats	282,5	Antal	Aarhus

Tømning (fælles)	Værdi	Enhed	Kilder
Beholder 140 l	18	kr./tømning	Meldgaard
Beholder 240 1-kammer	18	kr./tømning	Meldgaard
Beholder 240 2-kammer	20	kr./tømning	Meldgaard
Beholder 400 l	28	kr./tømning	Meldgaard
Container 660 l	30	kr./tømning	Meldgaard
Nedgravede beholdere	160	kr./tømning	Aarhus
Behandling	Værdi	Enhed	Kilde
Forbrænding	490	kr/ton	Aarhus
Scenario 1: Enzymbehandling	Værdi	Enhed	Kilder
Anlægsinvestering Fælles	500	mio. kr.	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Anlægsinvestering Aarhus	370	mio. kr.	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Levetid	20	år	
Drift og vedligehold, fælles	15	mio. kr./år	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Drift og vedligehold, Aarhus	10	mio. kr./år	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Kapacitet Fælles	160.000	tons/år	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Kapacitet Aarhus	100.000	tons/år	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Skift fælles	1	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Skift Aarhus	2	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Arbeidskraft faglærte fælles	6	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Arbeidskraft faglærte Aarhus	10	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Arbeidskraft ledere fælles	2	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Arbeidskraft ledere Aarhus	3	antal	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Løntillæg grundet sociale omkostninger	1,25	kr.	
Løn, driftmedarbejder	238,35	kr./time	DST LONS20, kategori 9612
Løn, leder	457,02	kr./time	DST LONS20, kategori 9612
Effektiv årsværk	1.665	timer	
Enzymforbrug	100	kr./ton affald	Notat Miljøstyrelsen
Vandforbrug	990	liter/ton affald	Notat Miljøstyrelsen
Vandpris	37,12	kr./m ³ eks moms	Aarhus
Elpris	301,30	kr./MWh	Elprisstatistikken, 1. halvår 2019
Elforbrug	0,02	MWh/ton affald	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Moms, faktor	1,25		
Metal, behandling	500	kr/ton	Markedspris
Metal, andel	1	%	Aarhus
Deponi behandling	715	kr/ton	Reno Diurs
Deponi	1	%	Arhus
Forbrænding	60	%	Arhus
Organisk affald	38	%	Arhus
Vand tilsat	99	%	Notat Miljøstyrelsen og ARC pilotanlæg.
Gasproduktion	50	Nm ³ biogas/ton biovæske	Tyge Kjær, RUC
Biovæske (afvanding og forbrænding)	1.167	kr./ton affald	Notat Miljøstyrelsen (afvanding 467 kr./ton og slamforbr. 700 kr./ton)
Biovæske	20,7	%	Notat Miljøstyrelsen
Digestat	10	%	Notat Miljøstyrelsen
Afvandet digestat	26,5	%	Notat Miljøstyrelsen

Scenario 2: Posescenario	Værdi	Enhed	Kilder
Anlægsinvestering, fælles	90	mio. SEK	ENVAC
Anlægsinvestering, Aarhus	50	mio. SEK	ENVAC
Anlægsinvestering, øvrige	20	mio. SEK	ENVAC
Let stålhal	7.500	kr./m2	Vurdering pba. rapport Fredensborg
Betongulv	800	m2	Vurdering pba. rapport Fredensborg
Sorteringsanlæg, areal	1.840	m2	ENVAC
Levetid	20	år	
Kalkulationsrente (realrente)	2	%	
Sorteringskapacitet, fælles	36	ton/time	ENVAC
Sorteringskapacitet, Aarhus	18	ton/time	ENVAC
Sorteringskapacitet, øvrige	9	ton/time	ENVAC
Service og vedligehold, fælles	400	1.000 SEK/år	ENVAC
Service og vedligehold, Aarhus	200	1.000 SEK/år	ENVAC
Service og vedligehold, øvrige	100	1.000 SEK/år	ENVAC
Rengøring, fælles	150	1.000 SEK/år	ENVAC
Rengøring, Aarhus	75	1.000 SEK/år	ENVAC
Rengøring, øvrige	50	1.000 SEK/år	ENVAC
Valutakurs	0,69	1 SEK--> DKK	
Driftstid	14	timer/dag	ENVAC
Elinstallation, fælles	180	KW	ENVAC
Elinstallation, Aarhus	90	KW	ENVAC
Elinstallation, øvrige	46	KW	ENVAC
Elforbrug	3	KW/ton affald	ENVAC
Elpris	301	kr./KWh	Elprisstatistikken, 1. halvår 2019
Skift, fælles	2	antal	ENVAC
Skift, Aarhus og øvrige	1	antal	ENVAC
Bemanning, fælles	2	fuldtidsarbejde/skift	ENVAC
Bemanning, Aarhus og øvrige	1	fuldtidsarbejde/skift	ENVAC
Løntillæg grundet sociale omkostninger	1,25	kr.	
Løn, driftmedarbejder	238,35	kr./time	DST LONS20, kategori 9612
Effektiv årsværk	1.665	timer	
Poser indkøb	48	kr./husstand	Veile Kommune
Poser 0,15-0,20 pr stk	0,12	pr stk	Veile Kommune
Antal poser pr år (200 stk/fraktion)	400	stk./husstand/år	Projektgruppen
Poser udbringning	20	kr./husstand	Joca
Tabrate madaffald sorteringanlæg	10	%	Oplysning litteratur
Meromkostninger til indsamling	10	%	Oplysning litteratur
Tabrate madaffald forbehandlingsanlæg	10	%	Skøn på baggrund af Miljøprojekt 2082
Scenario 3: 2-kammer indsamling	Værdi	Enhed	Kilder
Poser indkøb	20	kr./husstand	Vestforbrænding
poser	0,10	Kr./pose	Vestforbrænding
Poser udbringning	20	kr./husstand	Joca
Antal poser (200 stk./fraktion)	200	stk./husstand/år	Projektgruppen
Sommerhus pose faktor	0,5		Projektgruppen
Merpris to kammer	11	%	Beregning baseret på Meldgaard
Tabrate madaffald forbehandlingsanlæg	10	%	Skøn på baggrund af Miljøprojekt 2082
Pulning af madaffald	Værdi	Enhed	Kilder
Behandlingspris forbehandling	200	kr./ton	Skøn på baggrund af Miljøprojekt 2082
Transport (retur)	100	km	Miljøprojekt 2059
Tankvogn	35	m3/læs	Miljøprojekt 2059
Tankvogn	32	ton/læs	Miljøprojekt 2059
Tankvogn (32 ton/læs)	7	kr./km	Miljøprojekt 2059
Gaspotentiale biopulp 17% TS	57	Nm3 metan/ton	Tyge Kiær, RUC
N (kvælstof)	7,87	kg/ton pulp og digestat	Miljøprojekt nr. 2092
P (fosfor)	4,1	kg/ton pulp og digestat	Miljøprojekt nr. 2092
K (Kalium)	2,5	kg/ton pulp og digestat	Miljøprojekt nr. 2092
C (kulstof)	164,16	kg/ton pulp	Miljøprojekt nr. 2092
C (kulstof)	50,19	kg/ton digestat	Miljøprojekt nr. 2092
Omlastning og transport	Værdi	Enhed	Kilder
Investeringsomkostninger	100	kr./ton affald	Affaldplus
Drift og vedligehold	30	kr./ton affald	Affaldplus
Transport	1	kr./ton affald	Affaldplus
Antal km	Værdi	Enhed	Kilder
Grenå-Lisbjerg	50	km	Beregning
Renosyd - Lisbjerg	30	km	Beregning
Favrskov - Lisbjerg	30	km	Beregning
Renosyd til forbehandling (15 + 30)	45	km	Beregning
Lisbjerg til forbehandling	15	km	Beregning