



FAGMODULPROJEKT TEKSAM 1

MILJØ OG INNOVATION

RECIRKULERING AF BRUGTE BLEER

RUC

Recirkulering af brugte bleer

Eksamensnr.:	S2025141848
Dato:	10-06-2020
Tegn:	111.702
Gruppe:	Andreas Breaum, Simone M. Bødker, Magnus L. Happel, Linn C. Malnacs & Pernille X. Larsen
Vejleder:	Mark E. B. Nielsen

Abstract

In this report we study the possibilities for implementing a socio-technical system for recycling nutrients in used baby and toddler diapers from nurseries in Roskilde Municipality. To investigate the issue, we apply the ABCD-methodology presented in a Framework for Strategic Sustainable Development (FSSD). The methodology allows us to create a vision for Roskilde Municipality that has come to serve as a central actor in our report. The vision is based on the sustainability principles presented in FSSD along with principles from circular economy. The vision is followed by an outline of the current situation based on our empirical research through qualitative interviews. In order to transition from the current situation to the vision, we describe the potential actions and solutions that would make it possible to achieve this, while also taking into consideration the results from our interviews and empirical research data. This is followed by a strategic plan which is our suggested system on how to achieve a recycling of nutrients in diapers from nurseries in Roskilde Municipality.

The report is focused on recycling of the critical and non-renewable resource phosphorus and reducing the use of the fossil fuel that is oil. We use Transition Theory to understand how a niche technology can transition into the current socio technical regime for waste management. Furthermore, we utilize the theory of Sustainability Science to create a problem-solving approach on implementing new sustainable waste management practices.

Tak til

Abena:

Harm Otten, Produktsikkerhedsspecialist

Der skal lyde en særlig tak til Abena og Harm for at tage problemstillingen omkring konventionelle blear op. De anerkender behovet for en mere bæredygtig udvikling i deres produktion. Harm har fra starten bistået projektgruppen med spændende vinkler, og vi takker ham for den tid han har afsat til os.

BioVækst:

Morten Brøgger Kristensen, Teknologichef

Gundsømagle Børnehus:

Lea Steensgaard Reinemo, Pædagog

Roskilde Kommune:

Rikke Killeen, Affaldsplanlægger

Peter E. K. Rasmussen, Indkøbskonsulent

Roskilde Universitet:

Mark Edward Booker Nielsen, vejleder

Jens Dorland, opponentervejleder

Indholdsfortegnelse

Abstract	1
Tak til	2
Indholdsfortegnelse.....	3
Figurliste.....	5
Bilagsliste.....	5
1. Problemfelt	6
1.1 Problemformulering og arbejdsspørgsmål.....	8
2. Afgrænsning & case.....	9
3. Redegørende afsnit.....	10
3.1 Bæredygtig udvikling	10
3.2 Affaldshåndtering i Danmark.....	10
3.3 Affald til jord-bekendtgørelsen.....	12
3.4 Bionedbrydeligt plast.....	13
3.5 Nyttige næringsstoffer	15
4. Forskningsramme.....	18
4.1 Sustainability Science	18
4.2 A Framework for Strategic Sustainable Development.....	20
4.2.1 Backcasting gennem principper.....	20
4.2.2 Bæredygtighedsprincipper	22
4.3 Cirkulær Økonomi	24
4.4 Material flow analyse	27
4.5 Transitionsteori.....	28
4.5.1 Sporafhængighed	31

4.6 Metoder til indsamling af data.....	31
4.6.1 Førstehåndsdata.....	31
4.6.2 Behandling af data.....	34
5. FSSD i praksis	35
5.1 Trin A - Vision for recirkulering af næringsstoffer.....	35
5.2 Trin B - Nuværende system.....	37
5.3 Trin C - Mulige tiltag	40
5.3.1 Recirkuleringsmuligheder for bleaffald	41
5.3.2 Fra affald til fødevarer	44
5.3.3 Implementering af en ny type ble.....	45
5.4 Trin D - Vores foreslåede system.....	48
5.4.1 Kravspecifikation til affaldshåndtering af bionedbrydelige bleer	48
5.4.2 Systemforslag	49
6. Diskussion	51
7. Konklusion	54
8. Fortsat arbejde.....	55
Litteraturliste.....	57

Figurliste

Figur 1: <i>Affaldshierarkiet</i> , (Miljøstyrelsen, u.å.)	11
Figur 2: <i>Bio-based and Biodegradable Plastics</i> , (Hann et al., 2020).....	14
Figur 3: Possible long-term integrated supply-side and demand-side measures for meeting future food security of 9 billion people, Cordell & White, 2014)	17
Figur 4: <i>The funnel metaphor and the ABCD-procedure of FSSD</i> (Broman & Robért, 2017, s. 21)	22
Figur 5: <i>'The Butterfly Model'</i> (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 24).....	26
Figur 6: <i>A dynamic multi-level perspective on systems innovations</i> (Geels, 2004, s. 915)	29
Figur 7: <i>Aktøroversigt</i> (Egenproduktion).....	34
Figur 8: <i>MFA over konventionel engangsble, modificeret fra</i> (Khoo et al., 2019)	38
Figur 9: <i>Affaldshåndtering for konventionelle bleer i Roskilde Kommune</i> , (Egenproduktion).....	38
Figur 10: <i>Håndtering af KOD i Roskilde Kommune</i> , (Egenproduktion).....	40
Figur 11: <i>Aikanteknologien</i> , (BioVækst A/S, u.å.).....	42
Figur 12: <i>Foreslået system for håndtering af bionedbrydelige bleer</i> , (Egenproduktion).....	49
Figur 13: <i>Foreslået system for håndtering af bionedbrydelige bleer</i> , (Egenproduktion).....	54

Bilagliste

Bilag 1: Morten Brøgger Kristensen

Bilag 2: Rikke M. F. Killeen

Bilag 3: Peter E. K. Rasmussen

1. Problemfelt

Over hele verden er klimaet sat under et hidtil uset pres med ubalancer i jordens naturlige økosystemer. Det sker blandt andet som følge af u hensigtsmæssig anvendelse af fossile ressourcer og skadelige forbrugsmønstre. Samtidig med dette viser modeller og fremskrivninger, at presset blot intensiveres, hvis ikke der sker drastiske ændringer i samfundets ressourceforbrug. Earth Overshoot Day, er en beregning, der illustrerer dette alt for høje forbrug af ressourcer:

"Earth Overshoot Day marks the date when humanity's demand for ecological resources and services (Ecological Footprint) in a given year exceeds what Earth can regenerate in that year (biocapacity)."

(Earth Overshoot Day, 2020)

I 2019 faldt Earth Overshoot Day på globalt plan allerede den 29. juli, hvilket betyder, at der for det år var behov for 1,7 jordkloders årligt producerede ressourcer til at dække det globale ressourceforbrug (Global Footprint Network, 2020). Foruden Earth Overshoot Day er også den eksponentielle stigning i de globale CO₂-emissioner til atmosfæren en indikator for, hvorfor der er kommet ubalance i Jordens naturlige økosystemer (Illustreret Videnskab, 2020). Den store stigning i CO₂ emissioner skyldes især, at samfundet er bygget op omkring systemer og teknologier, der er baseret på fossile ressourcer, herunder blandt andet olie. Olie indgår i mange af samfundets processer, og via petrokemiske reaktioner er det en af byggestenene til at lave plast og plastprodukter. Efter endt brug sendes størstedelen af plastprodukterne enten til forbrændingsanlæg eller deponi, i stedet for at blive genanvendt (Jørgensen et al., 2006). Massiv produktion og forbrug af plast, og den efterfølgende affaldshåndtering af disse produkter leder derfor til store CO₂ emissioner, og plasten ses som en af de store syndere i klimaregnskabet.

I Danmark er det meget små mængder af det indsamlede plastaffald, der rent faktisk bliver genanvendt. Dette skyldes blandt andet, at den indsamlede plast er sammensat af forskellige plasttyper, der er svære at skille ad eller er kontamineret af eksempelvis madrester eller plejeprodukter. Produkterne er simpelthen ikke designet til genanvendelse. Yderligere bidrager den manglende ensartethed i plastsorteringen i de danske kommuner til den lave

genanvendelsesmængde (Miljø- og Fødevareministeriet, 2018). Det betyder, at der i Danmark alene forbrændes 370.000 tons plastaffald om året, og hvis disse praksisser fortsætter, er det estimeret til at have en samlet udledning på knap 1 mio. tons CO₂ i 2030 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet & Miljø- og Fødevareministeriet, 2020b).

For at fremme en mere bæredygtig udvikling vælger flere internationale organisationer at vedtage direktiver og handleplaner omkring produktion og affaldshåndtering, heriblandt for plastprodukter. I EU blev der i december 2015 vedtaget en pakke omkring cirkulær økonomi, og denne blev efterfølgende udvidet i 2019 med et direktiv omkring udfasning af bestemte typer af engangspastprodukter, samt et udvidet producentansvar for emballage (En ny handlingsplan for den cirkulære økonomi for et renere og mere konkurrencedygtigt Europa, 2020; Reduktion af visse plastprodukters miljøpåvirkning, 2019). Et af de gennemgående temaer i den nye europæiske cirkulære økonomi pakke, er øget genanvendelse af produkter, hvor producenterne får et medansvar. I kraft af Danmarks EU-medlemskab skal disse også implementeres på et politisk plan i Danmark. Dette betyder, at danske virksomheder skal omstille produktion og emballagehåndtering, så de efterlever direktiverne. På den politiske scene i Danmark er der ligeledes kommet større opmærksomhed på problematikken med plast, hvilket har ført til nye politiske tiltag. I den nye klimaplan, fremlagt i maj 2020, foreslår regeringen en række initiativer, der søger at udsortere 80 % plast fra forbrænding i løbet af de kommende 10 år. Der foreslås blandt andet en højere investering i genanvendelse og en omlægning af affaldssektoren, således der bliver mindre forbrænding af affald, eller at der flyttes hele fraktioner af affald væk derfra. Alle initiativerne tager afsæt i en cirkulær økonomisk tankegang (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet & Miljø- og Fødevareministeriet, 2020a).

Et eksempel på et plastbaseret produkt, der på nuværende tidspunkt kun håndteres i et forbrændingsanlæg, er engangsbleer. Konventionelle bleer laves delvist af plast fra fossile brændsler og anses som affald efter at være brugt en gang, hvorefter de sendes til forbrænding. Der bliver årligt produceret flere millioner engangsbleer af plast på verdensplan, hvilket er ensbetydende med et stort forbrug af olie (Khoo et al., 2019). Der er fordele ved at få de brugte bleer til at indgå i et cirkulært system, da en brugt ble indeholder essentielle næringsstoffer. Et af disse næringsstoffer er fosfor, der er nødvendigt for at alt

levende kan vokse. Fosfor er en ikke-fornybar ressource og findes derfor kun i en begrænset mængde (Cordell & White, 2014). Grundet ineffektivt og stigende forbrug af fosfor, er det estimeret, at verdens reserver af mineralsk fosfor vil være udtømt i løbet af de næste 100 år (Thomsen et al., 2013). Der kan derfor ligge et stort potentiale i at finde en alternativ løsning til forbrænding af bleer, hvor mineret fosfor, bundet i urin og afføring, kan indgå i et cirkulært kredsløb i stedet for at gå til spilde i et forbrændingsanlæg.

Engangsbleen anvendes i mange private husholdninger samt offentlig regi, hvor det især er fast inventar i de kommunale børneinstitutioner. I kraft af de nye politiske tiltag ser vi dermed et potentiale i at udvikle et cirkulært system til bæredygtig håndtering af de brugte bleer i kommunale børneinstitutioner.

1.1 Problemformulering og arbejdsspørgsmål

På baggrund af vores problemfelt, udledes følgende problemformulering til det videre arbejde i rapporten:

Hvordan kan et system udvikles i Roskilde Kommune til recirkulering af næringsstoffer fra brugte bleer fra børneinstitutioner?

Nedenstående arbejdsspørgsmål undersøges i forbindelse med besvarelse af problemformuleringen:

- **Hvordan kan en vision opstilles til at sikre en bæredygtig udvikling for håndteringen af bleaffald?**
- **Hvilke barrierer og muligheder for implementering af et system til udnyttelse af næringsstoffer fra brugte bleer ses i det eksisterende regime?**
- **Hvilke mulige tiltag fremlægges af de relevante aktører i forhold til omstilling fra nyttiggørelse til genanvendelse af bleaffaldet?**
- **Hvordan kan Roskilde Kommune, igennem strategisk udvalgte krav, realisere den opstillede vision for bleaffald?**

2. Afgrænsning & case

I dette projekt fokuseres der på, hvordan et system med brugte bleer fra børneinstitutioner kan opsættes med henblik på recirkulering af næringsstoffer. Vi har valgt at tage udgangspunkt i et system baseret på bionedbrydelige bleer, som vi er informeret om, at bleproducenten Abena har udviklet en prototype på. Vi har derfor fravalgt at undersøge produktionen af disse bionedbrydelige bleer, samt hvilke materialer bleen produceres af. Dermed afgrænser vi os ligeledes fra at gå i dybden med de specifikke miljøpåvirkninger på henholdsvis den bionedbrydelige- og konventionelt producerede ble. Vi har i projektgruppen indgået et samarbejde med den danske handels- og produktionsvirksomhed Abena A/S. De producerer en lang række produkter til flere forskellige sektorer deriblandt børnebleer til institutioner (Abena Holding A/S, 2020). Abena har selv kontaktet RUC, for at søge viden om en optimal anvendelse af bleaffald.

Selvom en væsentlig del af mængden af bleaffald også stammer fra private husholdninger, undersøger vi med dette projekt et system til håndtering af bleaffald fra børneinstitutioner. Dette gør vi, da vi vurderer, at der dermed er mulighed for at udvikle et system, der er baseret på en stor kvantitet af brugte bleer fordelt på færre lokationer, end ved indsamling fra private husholdninger. Yderligere har vi, med vores fokus på børneinstitutioner, fravalgt voksenbleer.

Vi undersøger, hvordan dette system kan opsættes i Roskilde Kommune, og har derved foretaget en geografisk afgrænsning fra resten af Danmark. Vi har valgt at bruge institutionen Gundsømagle Børnehus i Roskilde Kommune, som vores case institution. Vores valg af primær affaldshåndtering for de brugte bionedbrydelige bleer, er biogas- og komposteringsanlægget BioVækst i Holbæk. De har som det eneste anlæg i Danmark, infrastruktur til at håndtere komposterbart- og bionedbrydeligt plast (Kristensen, 2020).

Disse afgrænsninger samt ovennævnte samarbejde, har ledt os til at udvikle følgende case:

- Abena A/S
- Roskilde Kommune
 - Gundsømagle Børnehus
- BioVækst A/S

3. Redegørende afsnit

For at kunne undersøge dette projekts problemstilling, er der nogle bagvedliggende emner, der er essentielle at få præsenteret. Disse gennemgås i de følgende fem afsnit; Bæredygtig udvikling, Affaldshåndtering i Danmark, Affald til jord-bekendtgørelsen, Bionedbrydelig plast og Nyttige næringsstoffer.

3.1 Bæredygtig udvikling

Bæredygtig udvikling er i Brundtland-rapporten "Our Common Future" defineret som: "Sustainable development is development that meets the needs of the present without sacrificing the ability of future generations to meet their own needs" (Brundtland Commission, 1988, s. 41). Dette kan forstås på den måde, at hvis en teknologi, et system eller en proces skal være bæredygtig, skal ressourcerne forbruges i et omfang, der ikke vil mindske mulighederne for at kommende generationer kan opfylde deres behov.

De specifikke bæredygtighedsprincipper, der anvendes i rapporten, uddybes i afsnit 4.2.2 *Bæredygtighedsprincipper* og afsnit 4.3 *Cirkulær Økonomi*.

3.2 Affaldshåndtering i Danmark

Frem til slutningen af 1960'erne bortskaffede Danmark det meste af landets affald på lossepladser, uanset typen af affald. Specielt madaffaldet tiltrak rotter, fluer og måger, hvilket gjorde det mindre attraktivt at bo i nærheden af disse lossepladser. Grundet en bedre dansk økonomi og højere forbrug, og derved også større affaldsmængde, opstod behovet for en mere attraktiv og miljøvenlig måde at bortskaffe affaldet på. Som følge af dette, blev Danmarks første store forbrændingsanlæg indviet i 1970, og derved kunne affaldet udnyttes til at danne elektricitet og fjernvarme (affald.dk, 2013). Efterfølgende forskning har vist, at forskellige typer affald indeholder forskellige potentialer, og man har nu også udviklet mere miljøvenlige alternativer til klassiske forbrændingsanlæg (Miljøstyrelsen, u.å.).

I Danmark og EU er der defineret et affaldshierarki, der skal virke som et værktøj til prioritering af affald.



Figur 1: Affaldshierarkiet, (Miljøstyrelsen, u.å.)

Den højeste prioritet er helt at undgå affald. Dette kaldes affaldsforebyggelse og dækker over mindskning af spild ved produktionsprocesser, reducere indholdet af problematiske stoffer fra husholdningsprodukter og ved direkte genbrug. Denne prioritet er ikke afbilledet i *Figur 1*. Hvis affaldsforebyggelse ikke er muligt, skal forberedelse af produkter til genbrug være anden prioritet. Dette henviser til klargøring af produkter til genbrug ved blandt andet rengøring eller reparation. Er det ikke muligt at forberede produkter til genbrug, vil næste prioritering i affaldshierarkiet være genanvendelse. Genanvendelse dækker over enhver forarbejdning af affaldsmaterialer, så de kan omsættes til produkter, materialer eller råstoffer. Dette er dog *ikke* gældende for energiudnyttelse igennem for eksempel affaldsforbrænding. Genanvendelse muliggør, at restprodukter og affaldsmaterialer kan anvendes til ny produktion af det oprindelige produkt, eller omformes og bruges til andre formål (Miljø- og Fødevarerministeriet, u.å.; Miljøstyrelsen, u.å.).

Hvis et produkt hverken kan genbruges eller genanvendes, vil anden nyttiggørelse være næste prioritet i affaldshierarkiet (Miljøstyrelsen, u.å.). Affaldet bliver nyttiggjort, når det for eksempel udnyttes til affaldsforbrænding, der har til formål at producere energi og varme. Denne energi kan erstatte energi fra fossile brændstoffer eksempelvis på kulkraftanlæg, og er derfor at foretrække fremfor generel deponering (Miljø- og Fødevarerministeriet, u.å.). Nyttiggørelse dækker over forbrænding af restprodukterne til energi og varme, men også

over den formålsrettede deponering ved for eksempel vejbefæstning og asfaltering (Kjær, 1993).

Hvis ingen af de ovenstående prioriteringer i affaldshierarkiet kan opnås, er sidste udvej bortskaffelse ved deponering, hvor affaldet ikke opfylder et nyttigt formål (Miljøstyrelsen, u.å.).

I dag håndteres størstedelen af plastaffaldet i Danmark i det næstlaveste trin i affaldshierarkiet; anden nyttiggørelse. I det nuværende system kan størstedelen af plastaffald ikke flyttes til et højere trin i affaldshierarkiet. Dermed er der et behov for at undersøge brugen af andre typer af plast, herunder bionedbrydeligt plast, da det vil muliggøre en mere bæredygtig ressourceudnyttelse.

3.3 Affald til jord-bekendtgørelsen

For at undersøge om menneskelig urin og afføring i bleaffald kan bruges til jordbrugsformål, tager vi udgangspunkt i *Affald til jord-bekendtgørelsen* fra 2018. Heri beskrives hvilke affaldsarter, der må bruges til jordbrugsformål, samt hvilke kvalitetskrav, der stilles til de forskellige typer affald for at undgå, at det udgør en risikofaktor for miljø og sundhed. Med jordbrugsformål menes brugen af affald til jordforbedring og gødskning i jordbrug (Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrug, 2018).

Da bleaffald ikke er klassificeret som en affaldsfraktion i sig selv, redegøres der for to fraktioner, som begge kan ses som relevante, i forhold til hvilken reguleringsmæssig kontekst bleerne skal indgå i. Disse affaldsarter er henholdsvis spildevandsslam og organisk dagrenovation.

Affald til jord-bekendtgørelsen beskriver, at det, for at gøre det muligt at bruge spildevandsslam til alle typer af jordbrugsformål, skal igennem en kontrolleret hygiejnisering. Denne hygiejnisering skal foregå ved behandling i en reaktor, der kan sikre en temperatur på mindst 70 °C i minimum 60 minutter. Behandlingen skal dokumenteres med en registrering af temperatur og tid. Før spildevandsslammet må bruges til jordbrugsformål, skal der tages repræsentative prøver, som skal analyseres og godkendes ved at overholde de opsatte grænseværdier. Derudover er det et krav, at der ved brugen af spildevandsslam til jordbrugsformål, ikke må ske en ophobning af miljøfremmede stoffer og

tungmetaller i jorden. Dette sikres ved, at der tages jordprøver, som ligeledes skal overholde de opsatte grænseværdier (Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrug, 2018).

I forhold til den organiske dagrenovation må den bruges til jordbrugsformål efter en kontrolleret kompostering. Dog er der krav på, at der også i denne proces foretages en hygiejnisering ved en temperatur på 70 °C i 60 minutter. Den organiske dagrenovation skal ligeledes, igennem de analyserede prøver, overholde de samme grænseværdier som spildevandsslam (Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrug, 2018). Det skærpede krav til hygiejnisering af den kontrollerede komposterede organiske dagrenovation, er introduceret i den nye version af Affald til jord-bekendtgørelse, udgivet i december 2017 (Miljøstyrelsen, 2010).

3.4 Bionedbrydeligt plast

Det er vigtigt, når man snakker om biobaseret- og bionedbrydeligt plast, at forstå hvad forskellene på de to er.

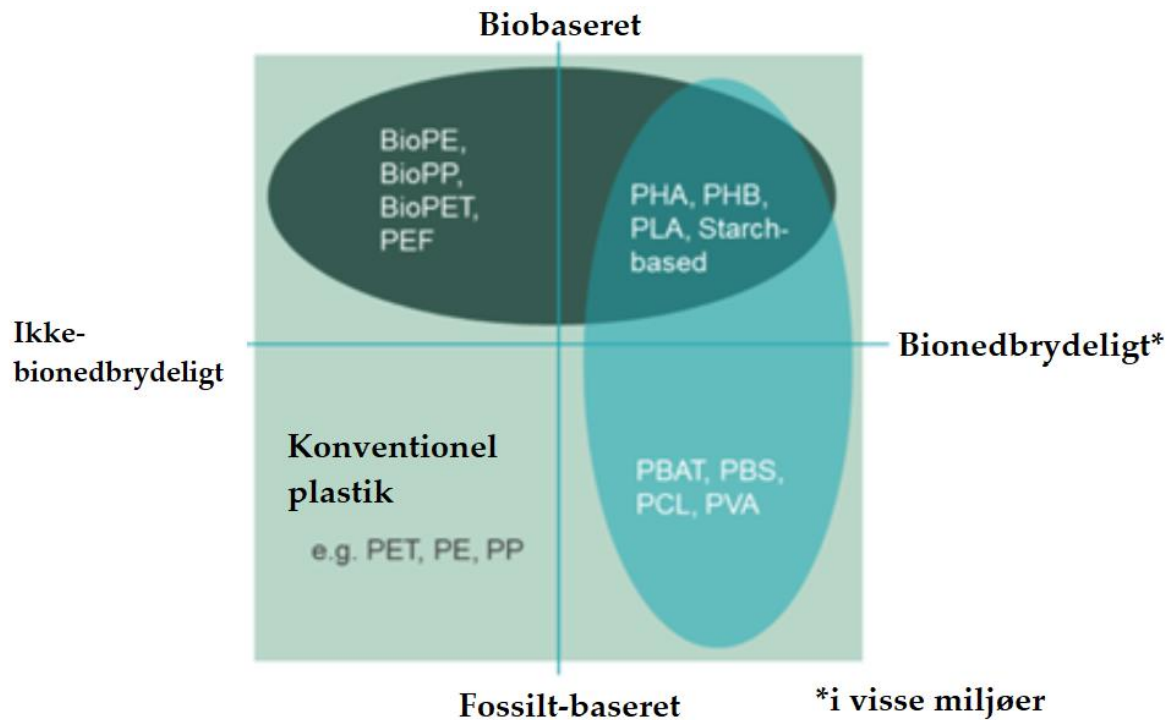
Biobaseret plast eller bioplast betegnes som plast, hvor polymeren helt eller delvist er sammensat af biologiske produkter fra biomasse – kort sagt, hvad plasten er *lavet* af (Hann et al., 2020, s. 5). Det biobaserede indhold i bioplast måles i vægtprocent ud fra hvor meget biomasse, der bruges til at skabe det endelige produkt. Det betyder, at biobaserede produkter ikke udelukkende behøver at bestå af biomasse, men ofte også er delvist fossilbaserede. Det skal dog bestå af minimum 20 % biomasse for at kunne kaldes biobaseret. Den biobaserede plast produceres af biomasse i stedet for at tære på fossile ressourcer (Hann et al., 2020, s. 11).

I modsætning til biobaseret plast, er bionedbrydeligt plast, en type, der har den *egenskab*, at den kan nedbrydes som følge af biologisk aktivitet. At plasten er bionedbrydelig, beskriver altså ikke, hvad den er lavet af, da bionedbrydeligt plast kan nedbrydes, hvad end den er produceret af biobaserede- eller fossilbaserede ressourcer (Hann et al., 2020, s. 5). The European Committee for Standardization definerer bionedbrydeligt plast således:

“A degradable material in which the degradation results from the action of microorganisms and ultimately the material is converted to water, carbon dioxide and/or methane and a new cell biomass.”

(Hann et al., 2020, s. 12)

Det er vigtigt, at der forekommer særlige miljømæssige forhold, for at processen med at omdanne den bionedbrydelige plast til vand, CO₂ og metan kan lade sig gøre. Disse særlige forhold kræver et industrielt anlæg til at facilitere nedbrydningen (Hann et al., 2020, s. 12).



Figur 2: Bio-based and Biodegradable Plastics, (Hann et al., 2020)

Ovenstående *Figur 2* skaber en god oversigt over forskellige typer af plast. En vigtig pointe er især, at nogle typer af biobaseret plast kan bionedbrydes, men at biomasse også kan bruges til at producere plast, der ikke kan bionedbrydes.

Verden står lige nu over for en global udfordring, hvor plastaffald lavet af fossile ressourcer har en negativ rolle. Affaldspraksisser som for eksempel forbrænding af plastaffald, er et af problemerne, da det udleder CO₂, som er med til at bringe jordklodens økosystemer i ubalance (Andersen et al., 2019, ss. 6-7). Desuden er forbrænding også i strid med principperne i cirkulær økonomi, da det ses som en end-of-pipe løsning, der ikke fordrer recirkulering af ressourcer (Andersen et al., 2019, s. 2). Disse principper bliver gennemgået yderligere i afsnit 4.3 *Cirkulær Økonomi*.

Ifølge cirkulær økonomi skal fokus være på at udfase fossile ressourcer til at producere plast. Dette kan for eksempel gøres ved at skifte praksisser fra forbrænding til genanvendelse ved at skifte til brug af bionedbrydeligt plast.

Der er dog nogle vigtige overvejelser omkring den biomasse, der skal bruges til at producere bionedbrydeligt plast. Det har stor betydning, om denne biomasse regnes som en primær afgrøde eller som et restprodukt fra andre processer (Hann et al., 2020, s. 87). Ved bionedbrydeligt plast produceret af primære afgrøder, skal de miljømæssige effekter fra produktionen af disse medregnes i miljøregnskabet for plastproduktet. Dette gøres derimod ikke med den bionedbrydelige plast produceret af en biomasse, der regnes som affald eller restprodukt, da de miljømæssige effekter allerede er medregnet for den biomasse, restproduktet kommer fra. Derfor er det ikke antaget, at biomassen i sig selv har nogle yderligere miljømæssige effekter i produktionen af biobaseret plast fra restprodukter (Hann et al., 2020, s. 87).

3.5 Nyttige næringsstoffer

Menneskelig urin og afføring indeholder mange vigtige næringsstoffer, der kan være nyttige at få recirkuleret. Disse næringsstoffer er blandt andet kulstof, kvælstof, fosfor, samt kalium (Harder et al., 2019). Kvælstof, fosfor og kalium er essentielle plantenæringsstoffer, som alt levende er afhængige af, og kan derfor ikke erstattes. Af disse næringsstoffer, er det særligt relevant at undersøge recirkulering af fosfor, da dette er en ikke-fornybar ressource. Fosfor udvindes i dag hovedsageligt mineralsk fra minedrift, og de få reserver, vi har tilbage på Jorden, antages at være udtømte inden for de næste 100 år (Thomsen et al., 2013, s. 67). Fosfor er en essentiel byggesten, der bruges til at konstruere DNA i alle levende organismer - mennesker, husdyr såvel som planter; Mennesker optager fosfor gennem animalske- og vegetabiliske fødevarer, husdyr indtager fosfor gennem foder, græsning og supplementer, og planter optager fosfor gennem jordbunden, i kraft af at rødderne absorberer den opløste fosfor fra jordvæsken (Cordell & White, 2014).

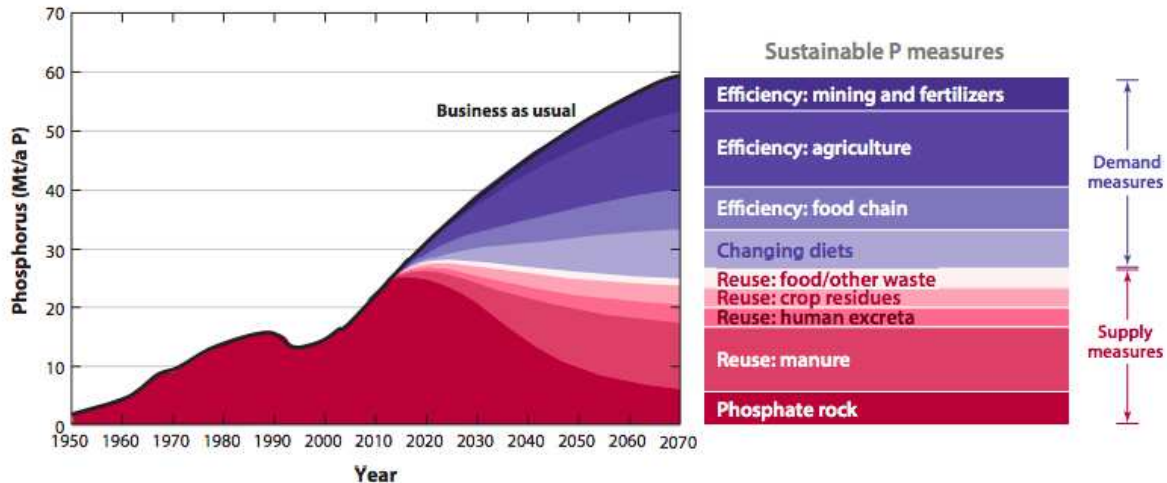
Fosfor fungerer som en vital komponent i organiske strukturer og er nødvendig i DNA, RNA, cellevægge, samt ATP, der blandt andet transporterer energi til hjernen. Hos planter spiller fosfor en vital rolle i produktionen af frø og frugter, samt opbygningen af

cellemembraner. Denne livsvigtige afhængighed af fosfor, skaber især store bekymringer i landbrugssektoren ved udsigterne til en stigende fødevareproduktion, der skal kunne dække behovet hos en stigende befolkning. Verden står herved over for en enorm global udfordring med at sikre tilgængeligheden af fosfor til fødevareproduktionen og landbruget i fremtiden (Cordell & White, 2014).

Ydermere er der en ulige geografisk fordeling af klodens mineralske fosforreserver, idet 90% af den tilgængelige mineralske fosfor er fordelt over blot fem lande. Heraf antages det, at Marokko står for omkring 50% af disse reserver. Mange lande er allerede begyndt at sikre sin egen forsyning af fosfor. USA, som er et af de fem lande med mineralske fosforreserver, er allerede nettoimportør af fosfor. Det betyder, at på trods af at USA har fosforreserver, importerer de mere end de selv har, til at opfylde landets fosforbehov. Kina, som ligeledes er et af de fem lande med reserver, har igennem høj beskatning stoppet sin eksport af fosfor. Disse forandringer indikerer, at fosfor har en chance for at blive en nøgelfaktor, i det 21. århundredes geo-politiske spil (Thomsen et al., 2013).

En anden problematik i forhold til fosfor er, at der er meget store globale forskelle i landenes fosforindhold i jordene. I Danmark er de opdyrkede jorde mættede af fosfor, da markerne i mange årtier er blevet gødet med fosfor. I kraft af den store import af foder til Danmarks svineavl, bidrages der yderligere til de rigelige mængder af fosfor på de danske marker. I store dele af Afrika, ser situationen derimod anderledes ud. Her er der en mangel på fosfor i jorden. De udpinte tropiske jorde bevirker, at fosforen, ved en fosforgødskning, bliver bundet hårdt i jorden, hvilket gør den utilgængelig for planter. Her vil en forbedring af jordkvaliteten først kunne lade sig gøre efter flere år med jævnlig forsyning af fosfor. Dog er der mange landmænd i store dele af Afrika, der er for fattige til at investere i fosforgødning (Thomsen et al., 2013). På verdensplan er det en sjettedel af alle landmænd, der ikke har råd til den nødvendige gødning til sine landbrugsjorde. Disse problematikker medfører et kritisk behov for at få udviklet bæredygtige systemer for brugen og recirkuleringen af fosfor (Cordell & White, 2014).

Dana Cordell og Stuart White præsenterer i sin artikel, *Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future* fra 2014 nogle tiltag til sikring af klodens fosforbeholdning.



Figur 3: Possible long-term integrated supply-side and demand-side measures for meeting future food security of 9 billion people, Cordell & White, (2014)

Figur 3 illustrerer mulige langsigtede tiltag for både efterspørgslen og forsyningen af fosfor. Tiltagene for efterspørgslen omhandler en effektivisering af landbrug, gødning, minedrift og fødekæder, samt en forandring af diæter. Tiltagene, med henblik på forsyningen af fosfor, omhandler en recirkulering af både gylle, organisk affald, afgrøderester, samt menneskeligt urin og afføring, hvilket potentielt vil medføre et væsentligt fald i udtømmingen af fosforreserverne fra miner (Cordell & White, 2014). Det er dette fokus på recirkuleringen af menneskelig urin og afføring til at sikre en fremtidig fosforforsyning, der ligger til grund for problemstillingen i denne rapport.

4. Forskningsramme

I dette kapitel præsenteres projektets videnskabsteoretiske ramme, der bygger på forskningsfeltet Sustainability Science. Dernæst gennemgås *A Framework for Strategic Sustainable Development* (FSSD), og hvordan denne udgør strukturen for det overordnede arbejde med problemstillingen. Efterfølgende udfoldes teorierne om cirkulær økonomi og transitionsteori, som begge er relevante teorier i udviklingen af et håndteringssystem til recirkulering af biler samt til analysen af den indsamlede data. Til sidst præsenteres de metoder, der er anvendt til indsamling af projektets førstehåndsdata, samt hvordan dataene er blevet håndteret.

4.1 Sustainability Science

Det videnskabsteoretiske forskningsfelt Sustainability Science er defineret som:

"...an emerging field of research dealing with the interactions between natural and social systems, and with how those interactions affect the challenge of sustainability: meeting the needs of present and future generations while substantially reducing poverty and conserving the planet's life support systems,"

(Kates, 2011, s. 1)

Feltet relaterer sig meget til Brundtlandrapportens definition af bæredygtig udvikling beskrevet i afsnit 3.1 *Bæredygtig udvikling*, idet der er fokus på både at kunne opfylde de nutidige og fremtidige generationers behov. De nutidige interaktioner mellem de naturlige og sociale systemer må ikke begrænse de fremtidige interaktioner. Sustainability Science er en unik forskningsramme, da den bygger på et bredt netværk af samarbejder mellem de miljømæssige, økonomiske og sociale aspekter i videnskabsteorien samtidig med forskningsrammen inddrager viden uden for den akademiske verden (Kates et al., 2001; Lang et al., 2012; Miller et al., 2013). Der er defineret tre kerneobjektiver i Sustainability Science. Disse er; 1) at forstå de fundamentale interaktioner mellem natur og samfund, 2) at guide disse interaktioner, så de indgår i en bæredygtig sammenhæng, og 3) at promovere den nødvendige sociale læring til at kunne navigere i en bæredygtig omstilling (Kates et al., 2001). Ved at forstå forbindelsen mellem natur og samfund erkendes det, at jorden har en

naturkapital, der indeholder livsnødvendige ressourcer, vi som samfund har brug for, for at møde de nødvendige behov. Samtidig erkendes det, at disse ressourcer er begrænsede og værdifulde for de kommende generationers behov. Disse interaktioner mellem natur og samfund skal guides i en bæredygtig udvikling med attraktiv sammenhæng for både økonomien, det sociale og miljøet (se afsnit 3.1 *Bæredygtighed udvikling*). Når udviklingen er sket, er det vigtigt at promovere denne og uddanne befolkningen, så det er nemt at begå sig i den bæredygtige omstilling. Derudover skal denne omstilling ske på et lige grundlag for at tilgode alle menneskers behov for overlevelse og uden at mindske kommende generationers muligheder for et bedre liv (Kajikawa, 2008).

Problemstillingerne, som Sustainability Science bevæger sig indenfor, er meget komplekse og ofte forbundet med en stor usikkerhed, og derfor må forskningen indenfor dette videnskabsteoretiske felt ses i sammenhæng med principperne for en mere bæredygtig adfærd.

Desuden søger Sustainability Science at sammenkoble forskningen om problemstrukturer med en løsningsorienteret tilgang. Dermed skal den tilegnede viden være transformativ fremfor blot at være deskriptiv. Der skal således være et fokus på, hvordan sociotekniske innovationer for bæredygtig udvikling kan implementeres, og ikke blot beskrive hvilken kontekst de indgår i (Miller et al., 2013).

Set i forhold til dette projekts problemstilling er der et fokus på, hvordan bleen, som et socialt system, interagerer med det naturlige system i form af recirkulering af livsvigtige næringsstoffer til jorden, og hvordan denne interaktion kan optimeres og blive mere bæredygtig. Ligeledes kan selve rapporten og projektgruppens samarbejde med relevante aktører, herunder Abena, BioVækst og Roskilde Kommune, ses som en måde, hvorpå den nødvendige sociale læring promovres. FSSD er det framework, denne undersøgelse er bygget op omkring, og FSSD abonnerer netop på tankegangene fra Sustainability Science.

4.2 A Framework for Strategic Sustainable Development

FSSD er et framework udviklet i Sverige i starten af 1990'erne som et værktøj til at planlægge et mere bæredygtigt samfund. Den er skal ses som et svar på følgende spørgsmål:

“How can humanity hope to succeed with this [red. Transitioning to a sustainable society] without having a unifying and operational definition of sustainability, and a systematic approach to planning and acting for the fulfillment of it?”

(Broman & Robért, 2017, s. 1.)

Altså er FSSD en systematisk tilgang til planlægning og handlinger henimod et bæredygtigt samfund. I FSSD er der udviklet et sæt bæredygtighedsprincipper for at skabe et fælles sprog, der kan bruges til at guide vejen mod en bæredygtig udvikling. Dette framework dækker den økologiske tilstand, det vil sige vores klode, samt de sociale systemer som forefindes heri. Ved at gøre brug af disse bæredygtighedsprincipper i et arbejde mod et bæredygtigt samfund, er det tydeligt, hvad målet er. Dog muliggør brugen af principperne samtidig fleksibilitet og frihed til at vælge hvilke metoder, der anvendes for at opnå målet. I denne tilgang er det derfor ikke fremgangsmåden, hvormed målet opnås, der vægter højest, men derimod målet i sig selv. Dette giver flere fordele, ved blandt andet at muliggøre justering af de valgte metoder. Derved kan metoden i transitionsfasen til opnåelse af visionen ændres, hvis der udvikles nye teknologier og mere effektive fremgangsmåder. I FSSD kaldes denne tilgang *backcasting gennem principper* (Broman & Robért, 2017).

4.2.1 Backcasting gennem principper

Backcasting gennem principper er en proces, der består af fire trin. Denne fremgangsmåde kan også kaldes ABCD-metoden. Metoden er udarbejdet for at give organisationer en systematisk fremgangsmåde til at planlægge og opfylde de krav, der stilles til den bæredygtige udvikling.

I trin A udarbejdes en bæredygtig vision, som er det mål, man ønsker at opfylde. Her bliver organisationens kriterier for succes defineret, indenfor den ramme som bæredygtighedsprincipperne danner.

I trin B analyseres og vurderes den nuværende situation i relation til visionen. Her oplistes både de nuværende udfordringer, samt nuværende midler, der kan understøtte arbejdet eller på anden måde medvirke til opfyldelsen af visionen.

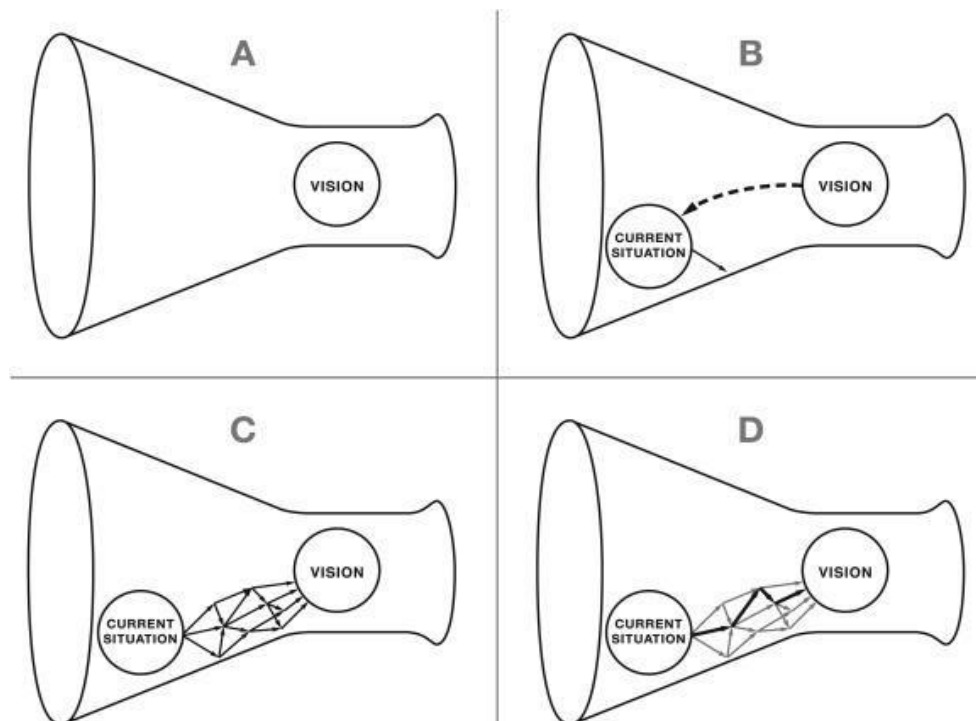
I trin C anvendes kreative metoder såsom brainstorming og mindmapping for at identificere mulige løsninger til udfordringerne. Der oplistes i trin C ideer til mulige tiltag, metoder og værktøjer, samt de nuværende midler, identificeret i trin B, der potentielt vil gavne en opfyldelse af visionen.

I trin D besluttet det strategisk, hvilke trinvis tiltag, der skal udvælges, for at opnå en økonomisk attraktiv plan, som samtidig understøtter en social og økologisk bæredygtighed (Broman & Robért, 2017). Set i forhold til Sustainability Science er det i trin C og D, at det transformative aspekt af Sustainability Science bliver adresseret.

ABCD-metoden og dens iboende processer involverer og kræver, som oftest samarbejder på tværs af sektorer og discipliner. Samtidig giver den muligheder for at evaluere værdier og præferencer mod hinanden gennem en strategisk dialog i relation til et forskningsbaseret fundament. Dette kan forstås på den måde, at selv en beslutning om ikke at foretage forandringer kan være den rigtige beslutning, men det vil kræve en begrundelse. Denne begrundelse vil, om den foreslår forandring eller ej, altid skulle evalueres i forhold til organisationens egne muligheder for at opfylde visionen inden for rammerne af bæredygtighedsprincipperne (Broman & Robért, 2017). Dermed understreges det også, at FSSD er en metode, der passer godt sammen med Sustainability Science, idet behovet for tværfaglig samt akademisk og ikke-akademisk viden erkendes.

ABCD-metoden kan metaforisk set illustreres som en tragt, se *Figur 4*. Det skal forstås, så den nederste væg i tragten illustrerer de ikke-bæredygtige handlinger, som samfundet i dag foretager. Dette leder til en eksponentiel udvikling henimod den øverste del af tragten, der illustrerer Jordens naturkapital. Hvis disse to vægge mødes, indebærer det en total ødelæggelse af vores sociale systemer og klode. Nåleøjet for at vende udviklingen bliver mindre og mindre. Den bæredygtige vision er placeret i den snævre ende af tragten, som symboliserer, at det kræver en specifik og målrettede bæredygtig løsning at komme igennem tragtens nåleøje. Den nuværende situations muligheder og udfordringer ses i tragtens

åbning, trin B. Trin C, illustreret ved de mange pile, symbolisere de mulige bæredygtige tiltag for at opnå visionen, hvorefter de strategisk udvalgte tiltag er illustreret i trin D.



Figur 4: *The funnel metaphor and the ABCD-procedure of FSSD* (Broman & Robért, 2017, s. 21)

Tragten symboliserer også, at aktører, ved proaktivt at arbejde strategisk hen imod en bæredygtig vision, gives mulighed for trinvis at reducere deres negative påvirkning på økologiske og sociale systemer. Samtidig styrkes deres egen organisation gennem adoption af for eksempel innovationsmuligheder, nye forretningsmodeller og nye markeder. Gennem dette arbejde mod en bæredygtig fremtid, der guides af de bæredygtighedsprincipper, som FSSD præsenterer, kan der opnås en stabilitet. Denne stabilitet er i *Figur 4* illustreret ved, at tragten bliver til en cylinder, som repræsenterer det bæredygtige samfund (Broman & Robért, 2017, ss. 21-22).

4.2.2 Bæredygtighedsprincipper

Broman og Robért præsenterer i artiklen *A Framework for Strategic Sustainable Development* de bæredygtighedsprincipper, som skal efterleves for at opnå en succesfuld, bæredygtig udvikling. De er opdelt i økologiske, samt sociale principper.

De økologiske principper lyder således:

"I et bæredygtigt samfund, udsættes naturen ikke for systematisk stigning af...

1)... koncentrationer af substanser der udvindes fra jordens undergrund.

Dette indebærer begrænset udvinding og beskyttelse, der resulterer i, at koncentrationer af lithosfære substanser ikke systematisk øges i atmosfæren, verdenshavene, jordbunden eller andre dele af naturen; eksempelvis fossile brændsler og metaller.

2)... koncentrationer af substanser fremstillet af samfundet.

Dette indebærer bevidst molekylær design, begrænset fremstilling og beskyttelse, der resulterer i, at koncentrationer af molekyler og nuklider fremstillet af samfundet, ikke systematisk øges i atmosfæren, verdenshavene, jordbunden eller andre dele af naturen; eksempelvis NOx og CFC-gasser.

3)... nedbrydning af ressourcer.

Dette indebærer at landarealer, kvaliteten på jordbund og landbrugsjord, tilgængeligheden af friskt vand, biodiversitet, samt andre aspekter af biologisk produktivitet og robusthed ikke systematisk forringes af dårlig forvaltning, forskydning eller andre former for ressource manipulation; eksempelvis overfiskeri og skovrydning."

(egen oversættelse, Broman & Robért, 2017, s. 23)

I forhold til de sociale aspekter på bæredygtighed, lyder principperne således:

"I et bæredygtigt samfund udsættes mennesker ikke for strukturelle forhindringer for...

1) ... sundhed.

Dette indebærer at mennesker ikke udsættes for sociale betingelser, der systematisk underminerer deres muligheder for at undgå skade og sygdom; fysisk, meltalt eller emotionelt; eksempelvis farlige arbejdsforhold, samt ikke tilstrækkelig hvile mellem arbejde.

2) ... indflydelse.

Dette indebærer at mennesker ikke systematisk er forhindret i at deltage i at udforme de sociale systemer de er en del af; eksempelvis gennem at undertrykke ytringsfrihed eller negligere synspunkter.

3) ... kompetence.

Dette indebærer at mennesker ikke systematisk forhindres muligheder for læring og udvikling af kompetencer individuelt og i fællesskab; eksempelvis gennem forhindring for uddannelse eller mangelfuld mulighed for personlig udvikling.

4) ... upartiskhed.

Dette indebærer at mennesker ikke systematisk udsættes for delvis behandling; eksempelvis gennem diskriminering eller uretfærdig udvælgelse til jobstillinger.

5) ... mening-skabelse.

Dette indebærer at mennesker ikke er systematisk forhindret i at skabe individuel mening og samskabe fælles meninger; eksempelvis gennem undertrykkelse af kulturelle udtryk eller forhindringer i at samskabe meningsfulde betingelser."

(egen oversættelse, Broman & Robért, 2017, ss. 23-24).

Disse bæredygtighedsprincipper skal forstås som en samlende og operationel definition på bæredygtighed. Definitionen belyser de grundvilkår, som er nødvendige at opfylde, for at de sociale og økologiske systemer ikke gennemgår en systematisk nedbrydning. Ydermere opstiller denne definition nogle grænseværdier, som det er nødvendigt for samfundet at efterleve for at kunne udvikles og holdes velfungerende. Disse bæredygtighedsprincipper skaber således en måde for organisationer at måle sin succes i den bæredygtige udvikling (Broman & Robért, 2017).

4.3 Cirkulær Økonomi

Sammen med bæredygtighedsprincipperne tager vi udgangspunkt i tankegangen og principperne for cirkulær økonomi i udviklingen af visionen i forbindelse med projektet. Dette udfoldes i de følgende afsnit.

Siden den industrielle revolution har økonomien fulgt et lineært ressourceforbrug, *take-make-dispose*-model, hvor ressourcer og materialer udvindes til produktion af produkter, der sælges til forbrugerne, hvorefter de kasseres, når der ikke længere er brug for dem (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 14). Ofte bliver produkter ikke genbrugt, men ender i stedet som affald (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey Center for Business and Environment, 2015, s. 12). Cirkulær økonomi er en tilgang til en mere bæredygtig økonomi, der, som navnet

også indikerer, fokuserer på et samfund opbygget omkring cirkularitet. EU definerer cirkulær økonomi som:

"[...] en model for forbrug og produktion, hvor produkters livscyklus er udvidet, primært takket være et bedre miljøvenligt design, der gør det nemmere at reparere, genbruge og reproducere gamle produkter, en forbedret holdbarhed, bedre affaldshåndtering, og nye forretningsmodeller baseret på leasing, deling, reparation og genbrug."

(Europa-Parlamentet, 2018)

En anden definition fra Ellen MacArthur Foundation lyder således:

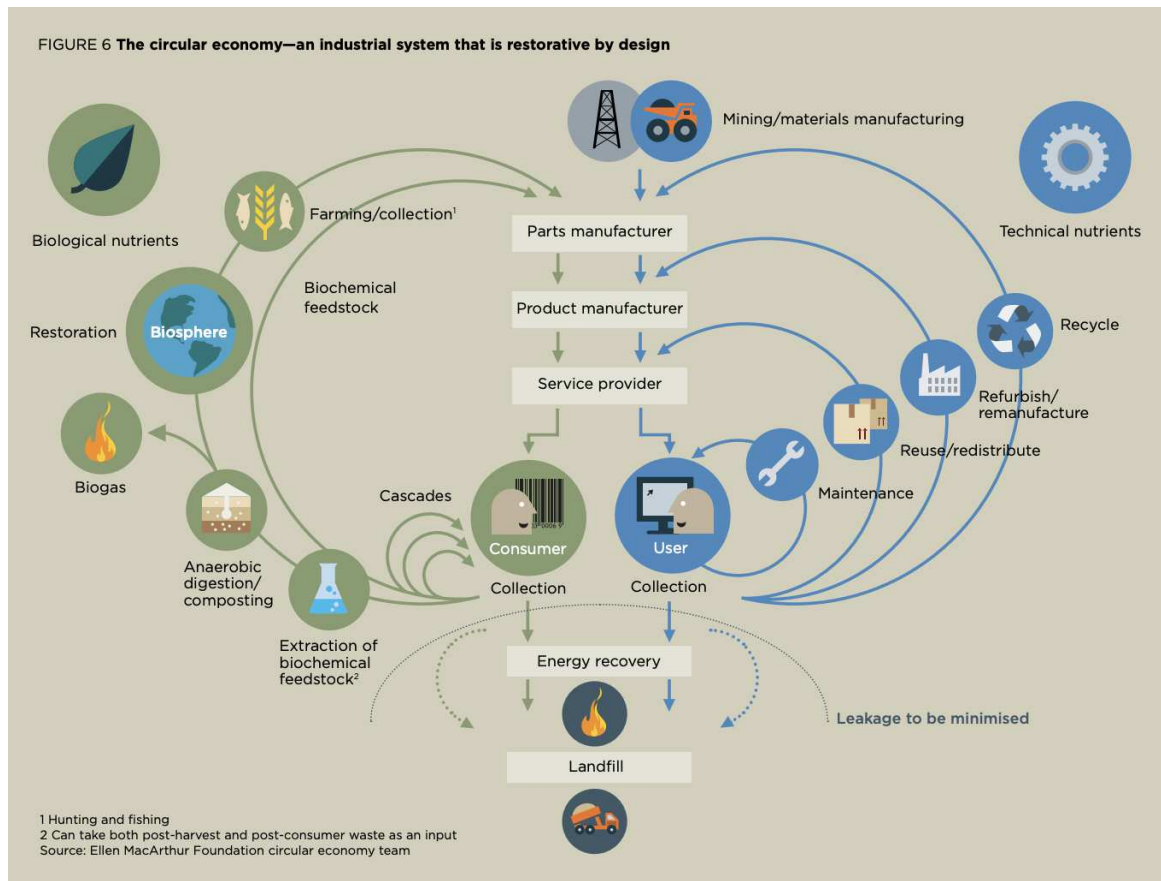
"A circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the 'end-of-life' concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models."

(Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 7)

I denne definition er der ikke kun fokus på bedre design af produkter, der gør det muligt at forlænge deres levetid i systemet. Der er også fokus på at systemet skal køre på vedvarende energikilder, og at giftige kemikalier samt affald skal elimineres.

Der vil være flere gevinster ved at omlægge til cirkulær økonomi. Blandt andet vil det gavne miljøet, da cirkulær økonomi afkobler økonomisk vækst fra ressourcebrug og som konsekvens af dette leder til en reduktion i CO₂-emissioner over flere sektorer (Ellen MacArthur Foundation & McKinsey Center for Business and Environment, 2015, ss. 14-15).

Ellen MacArthur Foundation arbejder for udbredelsen af cirkulær økonomi på både et regulatorisk og forretningsmæssigt plan, og de illustrerer cirkulær økonomi således:



Figur 5: 'The Butterfly Model' (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 24)

I cirkulær økonomi skelnes der mellem to materialestrømme – illustreret ved henholdsvis den grønne og blå side i ovenstående *Figur 5*. De tilbagevisende cirkler og pile illustrerer, hvordan de forskellige feedbackloops kan lukkes. Den grønne side er de biologiske næringsstoffer, og den blå side er de tekniske næringsstoffer (Ellen MacArthur Foundation, 2013, s. 22).

Konceptet i cirkulær økonomi afspejler levende, naturlige systemer, og cirkulær økonomi bygger derfor på disse principper:

Design out waste: Hvis man designer de biologiske og tekniske komponenter eller produkter med intentionen, om at de skal kunne indgå i en lukket biologisk eller teknisk materialestrøm, vil affald ikke eksistere. Biologiske produkter kan kaskadeanvendes inden de bliver komposteret, og tekniske produkter kan blive vedligeholdt, genbrugt og renoveret, mens den høje kvalitet bevares, inden det recirkuleres tilbage til producenten til genanvendelse.

Build resilience through diversity: Systemer skal bygges efter naturlige systemer, så de er mere diverse og har egenskaber såsom modularitet, alsidighed og bedre tilpasningsevne. Dette gør systemer mere modstandsdygtige over for forandringer og eksterne chok, i modsætning til de systemer økonomien bygger på i dag, der er ustabile på grund af deres ensformighed.

Rely on energy from renewable sources: Der skal sigtes mod, at systemer skal køre på vedvarende energikilder, som også styrker modstandskraften i selve systemet, da det dermed ikke er afhængig af fossile energikilder, der per definition kan ophøre.

Think in 'systems': Evnen til at forstå, hvordan forskellige dele influerer hinanden som helhed, og forholdet mellem helheden og de forskellige dele, er afgørende. Elementerne tages i betragtning i forhold til deres infrastruktur, miljø og sociale kontekster. *Think in systems* refererer ofte til de ikke-lineære systemer (feedback systemer). I disse systemer gør kombinationen af de upræcise startbetingelser og en løbende feedback, at der ofte vil affødes overraskende konsekvenser og derved outputs, der ikke altid vil være proportionelle med inputs.

Waste is food: I forhold til de biologiske næringsstoffer, er en del af kerneideen evnen til at genindføre produkter og materialer til biosfæren gennem feedbackloops. I forhold til de tekniske næringsstoffer, er det også muligt at lave forbedringer i kvaliteten, også kaldet upcycling. Grundprincipperne i en genoprettende cirkulær økonomi er derfor at ændre materialesammensætningen i produkter, fra tekniske til biologiske næringsstoffer, så det bliver muliggjort at recirkulere næringsstofferne (Ellen MacArthur Foundation, 2013, ss. 22-23).

4.4 Material flow analyse

Material Flow Analyse (MFA) er en metodologi, der blandt andet benyttes i udviklingen af en cirkulær økonomi, og analysen kan bruges til at føre regnskab over input og output af materialestrømme i et system:

"MFA refers to the analysis of the throughput of process chains comprising extraction or harvest, chemical transformation, manufacturing, consumption, recycling and disposal of materials."

(Bringezu & Moriguchi, 2002, s. 79)

Bringezu og Moriguchi (2002) beskriver, at der ved brug af MFA-metoden skelnes mellem to primære typer af material flow-relaterede analyser eller strategier, til udviklingen af en bæredygtig industriel metabolisme. I den ene type MFA er det primære fokus *dematerialisering*, mens det primære fokus i den anden type MFA er *detoksifisering* (Bringezu & Moriguchi, 2002, ss. 79-80).

Dematerialisering af den industrielle metabolisme betyder, at der skal ske en stigning i ressourceeffektiviteten i forhold til det aktuelle ressourceforbrug, der bruges til at producere produkter og services. Dette kan blandt andet betyde, at de primære input og den endelige bortskaffelse af affald skal reduceres. Det inkluderer både inputs som materialer, energi og vand, og store outputs til miljøet som emissioner, vand og affald. Det er altafgørende for miljøet, at påvirkningerne gennem disse materialestrømme reduceres (Bringezu & Moriguchi, 2002, s. 80).

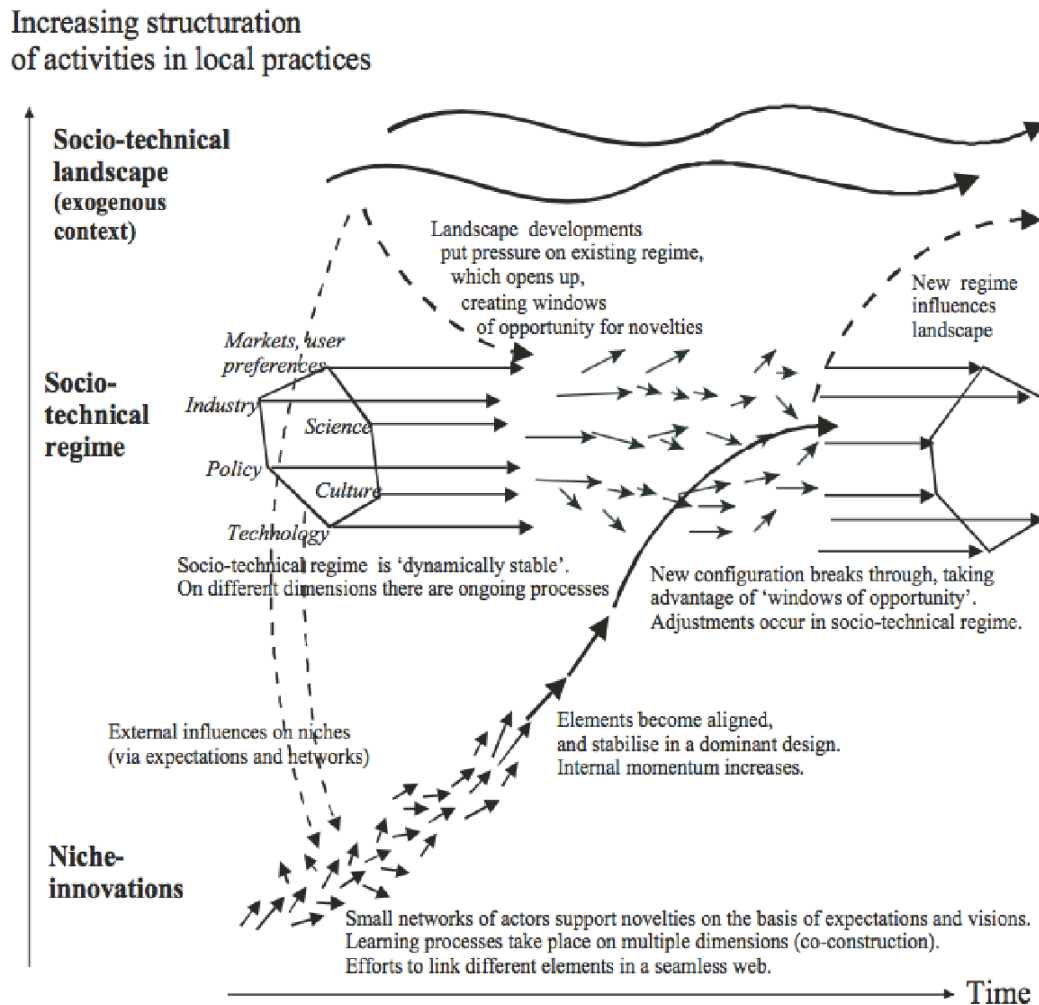
Detoksifisering af den industrielle metabolisme handler derimod om at reducere forureningen med farlige stoffer og kemikalier, der havner i de naturlige økosystemer. Det handler blandt andet om specifikke miljøpåvirkninger såsom toksicitet over for mennesker og andre levende organismer, forsuring og global opvarmning. Det er ligeledes også vigtigt, at disse farlige materialestrømme reduceres (Bringezu & Moriguchi, 2002, ss. 79-80).

Der er forskellige praktiske måder at tilgå en analyse af et systems materialestrømme. Den tilgang, vi benytter i projektet, har genstande som substanser, materialer og produkter i fokus. Denne tilgang undersøger miljøpåvirkningerne fra visse produkter eller services, og kan minde meget om en Life Cycle Assessment (LCA) (Bringezu & Moriguchi, 2002, ss. 81-82).

4.5 Transitionsteori

Transitionsteori søger at skabe en forståelse for, hvordan der kan forekomme en bæredygtig omstilling af sociotekniske systemer. Et socioteknisk system er et begreb, der er udviklet for

at give en bredere forståelse for, hvordan teknologier indgår i sociale praksisser (Geels, 2004). For at forstå omstillinger af de sociotekniske systemer, har Geels udviklet en multi-level model, se *Figur 6*, der illustrerer, at implementeringen af systematisk innovation forgår igennem et samspil mellem de tre niveauer: det sociotekniske landskab, det sociotekniske regime, og de teknologiske nicher.



Figur 6: A dynamic multi-level perspective on systems innovations (Geels, 2004, s. 915)

Det sociotekniske regime består af flere subregimer, der definerer forskellige samfundsgrupperes aktiviteter. Heriblandt er der tale om det sociokulturelle regime, det teknologiske regime, det videnskabelige regime, forbruger og markedsregime og det politiske regime. De er alle underlagt det samlede sociotekniske regime, men kan hver især innovere uafhængigt af hinanden og derved ende med at ændre på det dominerende regime og de andre subregimer (Geels, 2004).

Det sociotekniske landskab refererer til det omkringliggende miljø, der definerer verdensbilledet. Det sociotekniske landskab er et begreb over de ydre faktorer, der ligger uden for aktørernes grænser, og som derved ikke kan ændres efter ønske. Disse kunne blandt andet være kulturelle overbevisninger, symboler og værdier samt materielle miljøer. I øjeblikket er specielt klimaforandringerne en stor del af det sociotekniske landskab. Det fokus, det sociotekniske landskab har på klimaforandringerne, lægger et stort pres på energi- og plastindustrien, men kan også gå ind og ændre på den politiske ideologi og befolkningens værdier. Landskabet definerer en stor del af det samlede sociotekniske system. Ved en ændring i landskabet åbner det et stort rum til, at nye teknologier kan implementeres i de sociotekniske regimer. Disse nye teknologier defineres som teknologiske nicher (Geels, 2004).

Ved at landskabet ændrer sig, kan det skabe et forandringsbehov i de eksisterende regimer. Dette åbner op for udvikling af nye eller eksisterende teknologiske nicher. Teknologiske nicher bygger en stor del af deres eksistens på de eksisterende regimers udfordringer, hvortil nicheaktørerne håber at kunne supplere eller helt erstatte disse regimer. Dette er ikke altid nemt at gøre, da de eksisterende regimer ofte er veletablerede i institutioner, organisationer og kulturelt (Geels, 2004). Det er specielt svært for nicher, der bygger på en radikal innovation, hvor innovationen helt afviger fra det eksisterende regime. Modsat kan det være nemmere for nicher, der bygger på en inkrementel innovation, som kan være en forbedring af et eksisterende produkt, eller en optimering af en proces. Disse foregår som oftest inde i det eksisterende regime (Fagerberg, 2003).

Startfasen for transitionen starter ved nicheteknologier, hvor radikale innovationer får plads til at udvikle sig uden for det eksisterende sociotekniske regime. Her har aktørerne et mere frit udgangspunkt, da de ikke i samme omfang er bundet af reglerne i det eksisterende regime. I denne fase har nicheaktørerne mulighed for at improvisere og finde ud af folks behov og problemerne indenfor det eksisterende regime. Ofte vil nicheteknologierne længe holde sig på specialiserede mindre nichemarkeder og altså ikke indgå i det eksisterende regime endnu.

Ændringer i landskabet eller indbyrdes konkurrence i det eksisterende regime kan til gengæld åbne op for, at nicheteknologierne kan indtræde i regimet i denne fase. Den sidste fase udgør den endelige implementering af nicheteknologien, der nu er en

konkurrencedygtig del af det sociotekniske regime. Der er herved fundet en ny stabilitet, hvilket kan lede til en ny struktur i samfundet, og på sigt vil kunne have en effekt på landskabet (Geels, 2004).

4.5.1 Sporafhængighed

Begrebet dækker over den måde, hvorpå infrastrukturer, organisationer, institutioner og kulturelle værdier ofte er bygget op omkring en fælles forståelse for, hvordan ting skal fungere og forløbe (Trouvé et al., 2010). Sporafhængighed kan identificeres i den måde, hvorpå mange samfund er bygget op. De sociotekniske regimer har tendens til at fortsætte i samme *spor*, som de altid har gjort. Sporafhængighed har stor betydning for måden en innovation kan bane sig vej frem og implementeres. En innovation, der følger det allerede eksisterende spor, vil være nemmere at implementere i samfundet, end en innovation, der beror på en radikal ændring af den nuværende måde at handle på. Dette vil kræve en større social omstilling (Geels, 2004).

Transitionsteorien er interessant at inddrage i kombination med FSSD, da den kan bidrage til kortlægning af det nuværende system, trin B i FSSD, hvilket i forhold til transitionsteorien vil betegnes som det eksisterende regime. ABCD-metoden kan også fungere som et værktøj til at omstille det eksisterende regime til mere bæredygtige praksisser. Set i forhold til Sustainability Science kan transitionsteorien ikke stå alene, da den i sin natur er mere deskriptiv end transformerende, som er et vigtigt element i både Sustainability Science og FSSD.

4.6 Metoder til indsamling af data

Følgende afsnit er vedrørende den data og empiri, der er fundet behov for, for at kunne besvare projektets problemstilling, samt hvilke metoder, der er gjort brug af. Ydermere gennemgås projektets håndtering af den indsamlede data.

4.6.1 Førstehåndsdata

Førstehåndsdata kendetegner den data, der er blevet indsamlet specifikt til et projekt. I dette projekt har vi anvendt kvalitative semistrukturerede interviews og interviews via e-mailkorrespondance til indsamling af projektets førstehåndsdata. Interviewene har ligeledes

haft karakter af forskningsinterviews. Et forskningsinterview er en professionel samtale mellem interviewer og informanten om et emne, der interesserer begge. I denne samtale konstrueres viden i samspillet mellem disse. Et forskningsinterview er ikke blot en dagligdagssamtale, da det skal have et formål og være opbygget efter en forudbestemt struktur (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 20). Epistemologisk set kan interviewprocessen ses på to måder – som *indsamling af viden* eller *konstruktion af viden* (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 77). Da de interviews, vi har foretaget, har haft forskellige formål, har vi anvendt begge interviewprocesser. I nogle interviews har det været relevant at indsamle faktuelle oplysninger, hvor interviewet i andre tilfælde har været med til at konstruere viden.

Semistruktureret interview

I et semistruktureret interview er der nogle bestemte emner, man som interviewer gerne vil have svar på. Derfor udarbejdes der inden interviewet en interviewguide. Interviewguiden indeholder en række spørgsmål, der har til formål at afdække de ønskede emner (Kvale & Brinkmann, 2015, s. 185). Interviewets åbne og fleksible struktur gør, at det er muligt at ændre rækkefølgen af spørgsmålene og stille nye spørgsmål, så interviewer kan følge op på noget informanten har sagt og dermed åbne nye retninger (Kvale & Brinkmann, 2015, ss. 177-178, 185).

En fordel ved det semistrukturerede interview er, at det typisk foregår ansigt til ansigt, og at man dermed kan aflæse kropssprog og ansigtsudtryk. Dette har desværre ikke været muligt i dette projektforsøg grundet den Covid-19-relaterede offentlige nedlukning af samfundet. Derfor har vi været nødt til at foretage interviewene telefonisk. Dette har dog også sine fordele, da vi har været i stand til at interviewe aktører, der har befundet sig geografisk langt fra os (Kvale & Brinkmann, 2015, ss. 204-205).

I dette projekt er der brugt semistrukturerede interviews til at indsamle information og data, der både har været nødvendig for at undersøge problemstillingen i begyndelsesfasen samt gennemgående i hele projektet. Vores interviewguides har været et godt værktøj til at holde den røde tråd i forhold til de emner, vi ville undersøge ved hvert interview. Desuden har vores interviewguides bidraget til, at vi kunne være mere fleksible med måden, hvorpå vi stillede vores spørgsmål, og samtidig muliggøre at ændre rækkefølgen eller undlade spørgsmål, hvis de forekom irrelevante under selve interviewet.

Først handlede det for os om at skabe kontakt til feltet og få information. Derfor startede vi med at kontakte Abena, idet de havde udtrykt et behov for at undersøge problemstillingen. Formålet med dette interview var at finde ud af, hvad Abena oplevede som de primære udfordringer ved recirkulering af bleaffald. I takt med at aktørkortlægningen blev udarbejdet, blev de relevante aktører kontaktet for at indsamle empiri, der kunne gøre os klogere på, hvordan et system til recirkulering af næringsstoffer i bleaffald kunne sammensættes. Det har desuden været nødvendigt at have nogle opfølgende interviews med enkelte aktører. Blandt andet havde vi problemer med optagelse af lyd over telefonen ved to interviews, der resulterede i at informanterne bekræftede en opsamling af samtalen via en efterfølgende e-mail (Se henholdsvis *Bilag 2* og *Bilag 3*).

Struktureret interview

Et struktureret interview er, som navnet også afslører, mere struktureret og dermed også mere fast i interviewformen, end den semistrukturerede interviewform. Typisk har de strukturerede interviews karakter af at være kvantitative spørgeskemaer, hvor der ønskes mange besvarelser, og bliver typisk ikke brugt til at indsamle en mere dybdegående data, der har været efterspurgt i dette projekt (Bryman, 2012, s. 209). Dette har dog været en nødvendighed for at komme i kontakt med enkelte af de aktører grundet Covid-19-situationen. Dog har vi haft mulighed for at stille opfølgende spørgsmål, hvilket sammen med spørgsmålenes åbne karakter har gjort, at det er muligt for os at se det strukturerede e-mail-interview som værende af mere kvalitativ karakter.

Oversigt over førstehåndsdata

Figuren nedenunder viser hvilke aktører, vi har indhentet vores førstehåndsdata fra, og hvilken metode der har været brugt til indsamlingen:

Aktører (organisation)	Aktør (person)	Interviewmetode(r)
Abena	Harm Otten, Produktsikkerhedsspecialis	Telefoninterview Skypeinterview
BioVækst	Morten Brøgger Kristensen, Teknologichef	Telefoninterview

Roskilde Kommune	Rikke Killeen, Affaldsplanlægger	Telefon- og e- mailinterview
	Peter E. K. Rasmussen, Indkøbskonsulent	Telefoninterview
Gundsømagle Børnehus	Lea Steensgaard Reinemo, Pædagog	Interview

Figur 7: *Aktøroversigt* (Egenproduktion)

4.6.2 Behandling af data

For at komme fra den helt rå interviewdata, som er i talesprog, til en skriftlig form, der egner sig til videre analyse, har de indsamlede interviews gennemgået en transskription. I den proces er interviewene blevet gennemlyttet, og der er udvalgt passager, hvor informanterne har udtalt noget, der har været relevant for udviklingen af affaldshåndteringen af de brugte bleer. I denne udvælgelse sker der allerede en analyse, idet nogle dele af interviewene er blevet udeladt, og andre dele er inddraget. Ligeledes sker der også en pre-analyse i den måde hvorpå selve sproget modificeres fra rent talesprog i lydfilen til skriftsprog på computeren. I denne proces har vi ikke medtaget talesprog som: "øh", "altså" og "ik". Her går transkribenten ind og fortolker, hvilke ord der bidrager til meningen i den udvalgte udtalelse, og hvilke der ikke gør – transkribenten foretager altså en analyse. I nogle situationer benytter forskeren sig af en udefra stående person til at foretage transskriptionen, og der vil der være risiko for at noget brugbar mening går tabt i processen. I dette projekt har det været medlemmer af projektgruppen, der har foretaget transskriptionerne, og vedkommende har dermed en større mulighed for at vurdere hvilke elementer af interviewene, der kan udelades (Kvale & Brinkmann, 2015).

Efter transskriptionen af interviewene har både gennemlæsning af disse og genlytning af de oprindelige filer været en del af de brugte analyse-teknikker. Ligeledes er udtalelser fra aktørerne blevet sammenholdt med officielle lovgivende dokumenter samt anden forskning, og meningsskabelsen har dermed taget form via flersidede ad hoc-metoder. Vi har yderligere dannet tre temaer til at overskueliggøre dataene. Denne kombinerede analyse-teknik er også det, som Kvale og Brinkmann beskriver som en bricolage-orienteret tilgang (Kvale & Brinkmann, 2015, ss. 303-305).

5. FSSD i praksis

I dette afsnit gennemgås brugen af ABCD-metoden. I trin A bliver visionen for recirkulering af næringsstoffer præsenteret i to dele, en langsigtet vision, samt en kortsigtet. Det nuværende system bliver derefter kortlagt i trin B. Trin C præsenterer de mulige tiltag, opdelt i tre temaer; *Recirkuleringsmuligheder for bleaffald, Fra affald til fødevarer og Implementering af en ny type ble*. Trin D består af det foreslåede system, med tilhørende kravspecifikation til affaldshåndtering af bionedbrydelige bleer.

5.1 Trin A - Vision for recirkulering af næringsstoffer

Som nævnt i afsnittet *A Framework for Strategic Sustainable Development* vil man, ved brugen af FSSD, i trin A udarbejde det mål organisationen ønsker at opnå; en vision. Her defineres de kriterier, som en organisation skal opfylde, for at opnå succes inden for bæredygtighedsprincippernes ramme. Vi har valgt at fokusere på Roskilde Kommune, som den relevante organisation, vi vil opstille en vision for. Vi ser Roskilde Kommune som en vigtig aktør i netværket, der binder de andre relevante aktører i vores case sammen. I dette afsnit vil der blive præsenteret to visioner; en langsigtet og en kortsigtet. Den kortsigtede vision, vil fungere som et skridt på vejen, til at opnå den langsigtede vision. Begge disse visioner bliver udarbejdet efter bæredygtighedsprincipperne fra FSSD, og derudover har vi også valgt at udarbejde dem efter principperne fra cirkulær økonomi (Se henholdsvis 3.2.2 *Bæredygtighedsprincipper* og 4.3 *Cirkulær Økonomi*).

Den langsigtede vision

Vores langsigtede vision for Roskilde Kommune er, at der skal produceres en minimal mængde affald, og samtidig ske en forøgelse af genanvendelse, genbrug og recirkulering. Disse går hånd i hånd med tre principper fra cirkulær økonomi: *Waste is Food, Think in Systems* og *Design Out Waste*. Ydermere bygger de på de tre økologiske bæredygtighedsprincipper fra FSSD: *Koncentrationer af substanser der udvindes fra jordens undergrund, Koncentrationer af substanser fremstillet af samfundet og Nedbrydning af ressourcer*.

For at producere en minimal mængde affald og muliggøre genanvendelse og recirkulering, skal produkter designes til at tekniske næringsstoffer kan blive brugt flere gange, i højst mulig kvalitet, hvorpå de biologiske næringsstoffer skal kunne komposteres. Dertil vil upcycling og genindførsel af produkter og materialer til biosfæren yderligere bidrage til en minimering af affald, og muliggøre recirkulering og genanvendelse. For at kunne opnå denne langsigtede vision, er det ligeledes nødvendigt at tænke i systemer. Alle aktører, der er involveret i en mindskning af affald og muliggørelse af genanvendelse og recirkulering, indgår i det system, der er skal omstilles. Her kræves det, at alle aktører inddrages, og at der skal skabes en forståelse for, hvordan de påvirker og samarbejder med hinanden, for at visionen skal kunne realiseres. Ydermere vil denne langsigtede vision bidrage til en mindskning af koncentrationer af substanser, der udvindes fra jordens undergrund, samt en mindskning af nedbrydning af ressourcer, da et fokus på genanvendelse og recirkulering bidrager til en øget ressourceeffektivitet. Dertil vil der ske et fald i drivhusgasser udledt til atmosfæren, da denne vision blandt andet vil bidrage til en mindskning af plast, der bliver brændt af.

Den kortsigtede vision

Vores kortsigtede vision for Roskilde Kommune består i at fjerne børnebleer fra den affaldsfraktion, der går til forbrænding, og dermed skabe en recirkulering af næringsstoffer fra urin og afføring i brugte bleer. Denne vision bygger på de samme principper fra cirkulær økonomi og FSSD, som den langsigtede vision.

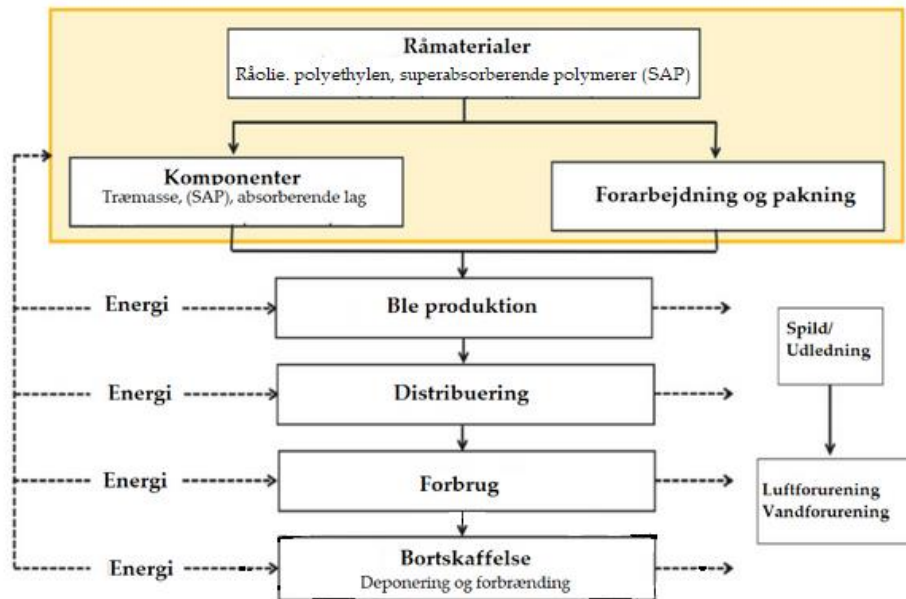
Ved at genindføre de biologiske næringsstoffer til biosfæren, kan denne vision gennem feedbackloops, som præsenteret i Ellen MacArthurs Butterflymodel (se *Figur 5*), lede til recirkulering af disse næringsstoffer til jordbrugsformål. Dette kan muliggøres ved at ændre på materialesammensætningen i bleen og udskifte de ikke-nedbrydelige materialer til nedbrydelige. Bleen designes yderligere med intentionen om, at den skal indgå i en biologisk materialestrøm, hvorpå de biologiske næringsstoffer vil kunne komposteres og efterfølgende tilbageføres i jorden. For at kunne realisere denne indførsel af en recirkulering af næringsstoffer fra brugte bleer, kræves det også her, at der skabes en systematisk forståelse for omstillingen, samt hvilke aktører der skal involveres.

Ydermere vil man med en recirkulering af næringsstoffer fra brugte bleer bidrage til at mindske koncentrationer af substanser, der udvindes fra jordens undergrund på to områder; 1) ved en recirkulering af fosfor i menneskelig urin og afføring muliggøres en mindskning af udtømningen af fosforreserverne og 2) brugen af bionedbrydelig plast baseret på biomasse, vil bidrage til en mindskning af plast fremstillet af olie. Det er også nødvendigt, at den biomasse, der indgår i produktionen af bionedbrydelige bleer, stammer fra bæredygtige kilder og ikke bidrager til dårlig forvaltning af naturressourcer. Dette indebærer, at biomassen skal være en sekundær ressource, så der ikke bliver brugt yderligere ressourcer på at producere biomasse, der eksempelvis kunne indgå i en fødevarerproduktion.

5.2 Trin B - Nuværende system

For at kunne forstå, hvilke aktører vi skal inddrage i udviklingen af et fremtidigt system, hvor recirkulering af næringsstofferne fra de brugte bleer sikres, valgte vi at starte med at undersøge, hvordan de nuværende affaldsstrømme håndteres og derigennem, hvordan disse systemer ser ud i det eksisterende sociotekniske regime. Institutionerne i Roskilde Kommune har som hovedregel fem forskellige fraktioner affald, der sorteres. Disse er restaffald, kildesorteret organisk dagrenovation (KOD), glas, metal og papir og karton (Killeen, 2020). Eftersom engangsbleer i dag ikke er klassificeret som en affaldsfraktion i sig selv, vælger vi at se nærmere på restaffald, som bleer i dag bliver sorteret i, samt KOD, da bleer, der er lavet i bionedbrydelig plast, har mulighed for at klassificeres som organisk affald.

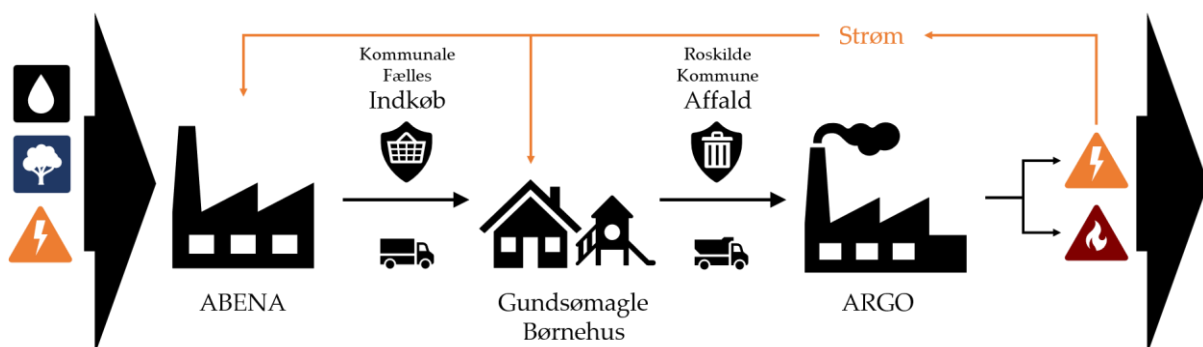
Vi starter med at undersøge materialestrømmen for en konventionel engangsble for at skabe et overblik over hvilke dele af materialestrømmen, der skal ændres ved en omstilling til et mere cirkulært system. Materialestrømme for konventionelle engangsbleer kan opdeles i fire undersystemer: 1) indsamling af råmaterialer, 2) produktion, 3) distribution og forbrug og 4) bortskaffelse.



Figur 8: MFA over konventionel engangsble, modificeret fra (Khoo et al., 2019)

Det første undersystem, *råmaterialer*, består blandt andet af indsamling af råolie og træmasse til produktion af plast- og tekstilmaterialerne til bleen. I *produktion* foregår tre hovedelementer i processen. Det første element består i fabrikering af træmasse, hvor der tilføres superabsorberende polymerer (SAP) for at omdanne dette til det absorberende lag. Det næste element involverer lamineringen af ikke-vævede-, film- og elastiske elementer. Til sidst bliver bleen formet, beskåret, foldet og pakket. I *distribution og forbrug* bliver bleerne transporteret ud til forbrugerne. Det sidste stadie i bleernes livscyklus er *bortskaffelsen*, som i dag foregår ved forbrænding (Khoo et al., 2019).

Følgende illustration præsenterer en simplificeret visualisering, af hvordan materialestrømmen for en konventionel ble, i vores case, ser ud i dag:

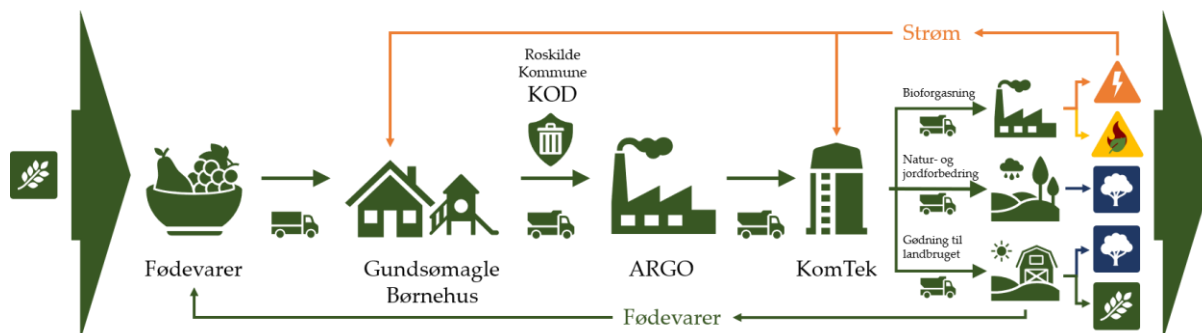


Figur 9: Affaldshåndtering for konventionelle bleer i Roskilde Kommune, (Egenproduktion)

Abena producerer og sælger bleer til Roskilde Kommune, hvor de distribueres til kommunens børneinstitutioner, der i *Figur 9* er Gundsømagle Børnehus. Indkøbsaftalen er indgået igennem Staten og Kommunernes Indkøbsservice, SKI, og det er 63 af landets kommuner, der er med i den eksisterende aftale (Staten og Kommunernes Indkøbsservice A/S, 2018). Institutionerne i Roskilde Kommune modtager og anvender bleerne, og efter brug sorteres disse som restaffald. Derefter afhentes restaffaldet i lastbiler af Remondis og køres til forbrænding på Argo (Killeen, 2020). I denne proces omdannes bleerne og disses indhold af næringsstoffer igennem forbrænding til varme, som driver anlæggets turbiner, og til produktion af elektricitet og fjernvarme. Der er med denne håndteringsløsning tale om en nyttiggørelse i form af en end of pipe-løsning, hvor affaldsstrømmen igennem Argos kraftvarmeanlæg i Roskilde, energiudnyttes og bidrager til henholdsvis el- og fjernvarmenettet. Restaffaldet bliver ved forbrænding til CO₂ og andre gasser (ARGO, 2020). Affaldsforbrænding var for 50 år siden at foretrække og på daværende tidspunkt en mere miljøvenlig metode, end at sende affaldet til lossepladser. Klimaforandringerne forårsager dog nu, at samfundet er nødt til at omstilles til mere bæredygtige og ressourceeffektive praksisser, og dermed se på affald, der i dag sendes til forbrænding, som en værdifuld ressource. Som følge af dette, er der i det politiske regi opstået et ønske om at skabe et mere cirkulært samfund, hvor blandt andet affaldsstrømme flyttes til højere niveauer i affaldshierarkiet - altså væk fra forbrænding. Men samtidig med at der i politisk regi er et øget fokus på cirkularitet, blev Danmarks største og mest avancerede forbrændingsanlæg, Amager Ressource Center, indviet i 2017. Anlægget er en investering på fire milliarder kroner (Ingerniøren, u.å.). Denne investering bidrager ikke til en øget cirkularitet, men understøtter Københavns Kommunes sporafhængighed af fjernvarmeproduktion fra affaldsforbrænding. Vi finder det paradoksalt, at kommunen investerer i affaldsforbrænding, når der samtidig søges at mindske mængderne af affald, der sendes til forbrænding, samt skabe nye fraktioner på et højere niveau i affaldshierarkiet.

I kraft af Abenas udvikling af en bionedbrydelig engangsble, er der lavet ændringer i trin (1) og (2), i de konventionelle engangsbleers materialestrøm, se *Figur 8*. Dette muliggør en anderledes affaldshåndtering og betyder, at de brugte bleer kan recirkuleres og derved flyttes til et højere niveau i affaldshierarkiet. Det vil sige, at trin (4) i engangsbleernes materialestrøm

ændres fra nyttiggørelse til genanvendelse og nyttiggørelse. Den bionedbrydelige egenskab, muliggør at bleer kan klassificeres som organisk affald, og har potentiale til at indgå i et affaldssystem for KOD. Nedenstående *Figur 10* er en simplificeret kortlægning af Roskilde Kommunes affaldssystem for KOD:



Figur 10: Håndtering af KOD i Roskilde Kommune, (Egenproduktion)

I dette system sorteres hovedsageligt fødevarerester fra dyr og planter (Roskilde Kommune, 2020). Disse fødevarer leveres til institutionerne. I Gundsømagle Børnehus kommer størstedelen af fødevarerne igennem en madordning, men noget stammer også fra børnenes husstande. Madresterne sorteres som KOD, som indsamles af Remondis og køres til Argo, hvor det lastes på større lastbiler og transporteres til KomTek ved Esbjerg (Killeen, 2020). KomTek er et sorteringsanlæg, der behandler KOD. KOD'en bliver i anlægget transformeret til biopulp, der derefter transporteres til bioforgasning (Komtek Miljø A/S, u.å.)

Dermed er det eksisterende sociotekniske regime kortlagt til at bestå af affaldshåndteringssystemerne for henholdsvis restaffaldet og KOD i Roskilde Kommune. Begge disse systemer indeholder potentialer og barrierer for et nyt affaldssystem, og de mulige tiltag udfoldes i det følgende trin - trin C.

5.3 Trin C - Mulige tiltag

På baggrund af den undersøgte data har vi identificeret tre temaer, som omfavner de mulige tiltag i forhold til udviklingen af et affaldssystem til håndtering af bionedbrydelige bleer fra børneinstitutioner; *Recirkuleringsmuligheder for bleaffald*, *Fra affald til fødevarer* og *Implementering af en ny type ble*. Disse udgør opbygningen af trin C.

5.3.1 Recirkuleringsmuligheder for bleaffald

Der er i dag et pres fra landskabet på de eksisterende regimer, i form af klimaforandringerne. Presset har ledt til nye direktiver fra EU, samt initiativer præsenteret i den danske klimaplan, med fokus på en øget cirkularitet på de ressourcer, der i dag klassificeres som affald. Dette er tegn på, at der er ved at ske et regimeskifte i den danske affaldssektor. Regimeskiftet medfører, at det er en fordel for produktionsvirksomheder, som Abena, der producerer produkter som i dag sendes til forbrænding, at arbejde proaktivt med at udvikle nye produkter. Disse nye produkter kan udvikles til at indgå i det nye danske affaldsregime, der har fokus på genanvendelse og cirkularitet. Abenas udvikling af en bionedbrydelig ble, kan dermed ses som et proaktivt valg. De bionedbrydelige bleer åbner for nye muligheder for affaldshåndtering af bleaffald, og der er derfor et behov for at udvikle et forbedret affaldssystem, hvor bleer kan indgå i recirkulering. Projektet søger at udvikle et system, der ser på bleer som en værdifuld ressource, og muliggør en recirkulering af den fosfor, som de brugte bleer indeholder. For at klarlægge hvilke muligheder og krav, der er til dette, undersøges biogas- og komposteringsanlægget BioVækst i Holbæk.

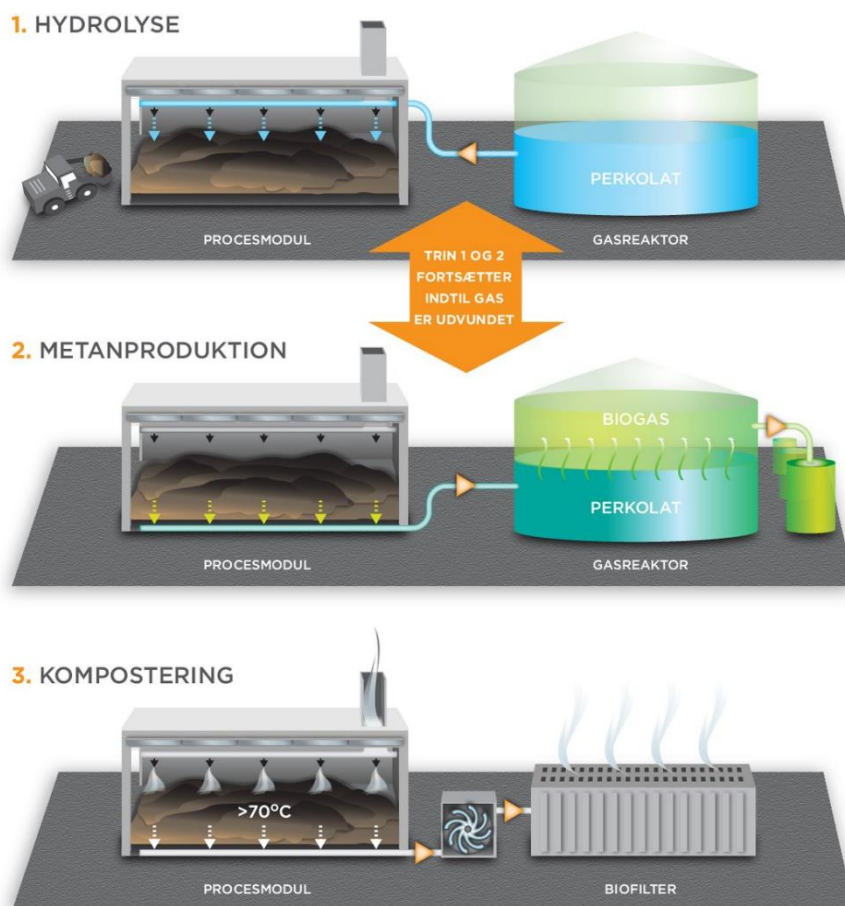
BioVækst benytter sig af Aikanteknologien, og er det eneste anlæg i Danmark, der kan nedbryde bionedbrydelige plasttyper i deres proces (Kristensen, 2020).

Anlægstypen til Aikanteknologien betegnes som et garageanlæg. Det betyder, at selve komposteringsprocessen i BioVækst foregår i samme kammer under hele processen, frem for at blive pumpet rundt i anlægget til forskellige behandlingsstationer, som det ses i konventionelle biogasanlæg (BioVækst A/S, u.å.-b). Virksomheden BioVækst deltager som et CE100 firma i Ellen MacArthur Foundation, hvilket betyder, at de er en del af et netværk af firmaer, der deler viden og idéer til en bæredygtig og cirkulær omstilling af industrien (Aikan A/S, u.å.). I Aikanteknologien sker der en fysisk adskillelse af de to hovedprocesser, hydrolyse- (tilsætning af og kemisk reaktion med H₂O) og metanproduktion (BioVækst, om aikanteknologien). Selve processen foregår i tre trin:

- 1) I hydrolyseprocessen bliver det friske affald overrislet med afgasset perkolat fra biogasreaktoren, der sætter gang i en bakteriel hydrolyse, hvor fedtsyrer udvaskes. Herefter drænes perkolatet fra bunden af procesmodulet over til biogasreaktoren.

2) Det våde perkolat bliver pumpet tilbage til biogasreaktoren og afgiver metan til biogas.

3) Når alt affaldet og perkolatet har afgivet mest muligt metan, skiftes der metode i procesmodulet til ventilering, og restererne af affaldsfraktionen indgår i en effektiv komposteringsproces. Ved komposteringsprocessen gennemgås en komplet fordampning af resterende vandindhold, samt en hygiejnisering af affaldsfraktionen ved en temperatur på 70 °C i minimum en time (BioVækst A/S, u.å.-b).



Figur 11: Aikanteknologien, (BioVækst A/S, u.å.)

Aikanteknologien sikrer en optimeret omdannelsesproces i forhold til den naturlige nedbrydning af organisk affald, hvilket samtidig kan resultere i en bedre genanvendelse af værdifulde næringsstoffer, der ellers ville gå tabt i forbrændingsanlæg (BioVækst A/S, u.å.-b). Idet Aikanteknologien kombinerer bioforgasning og kompostering, rykkes

affaldshåndteringen af bleerne op i et højere niveau i affaldshierarkiet. Det eksisterende regime med bleaffaldet bygger på ren nyttiggørelse, men Aikanteknologien gør det muligt også at få inkorporeret et genanvendelseselement. Det sker i kraft af, at komposten fra bleerne bruges til at lave nye afgrøder, som deraf bliver til nye produkter.

BioVækst håndterer allerede KOD fra flere kommuner, og dermed kan det være en mulighed, at de bionedbrydelige bleer medsorteres i denne fraktion. Morten Brøgger Kristensen, teknologichef i BioVækst, fortalte, at anlægget vil kunne håndtere bleer lavet af bionedbrydeligt plast, og at indholdet af menneskelig urin og afføring ikke vil være et problem i anlæggets proces, da temperaturen i anlægget er høj nok til behandling af dette (Kristensen, 2020). Kristensen understreger dog, at det er vigtigt, at hele bleen er bionedbrydelig, da den, og dermed også næringsstofferne fra urinen og afføringen, ellers vil blive frasorteret:

"Jeg tror, det er svært [at recirkulere næringsstofferne fra urin og afføring], hvis [bleerne] ikke er bionedbrydeligt plast. Det kan ikke lade sig gøre. Man kan ikke pille indholdet ud af bleerne. [...]. Hvis [bleerne] indgår, uden at det er bionedbrydeligt, så bliver det hele bare sorteret fra. Hvis de ikke er bionedbrydelige, så kan man ikke behandle det på denne her måde. Man kan godt få det ind, men så sorterer man det hele fra som restaffald, og så bliver behandlingen jo rigtig dyr."

(Kristensen, 2020)

Desuden arbejder anlægget på ca. 40% af den mulige kapacitet, og vil dermed sagtens kunne håndtere en større mængde KOD eller en eventuel ny affaldsfraktion med bionedbrydelige bleer:

"Vi har tilladelser til at bygge anlægget op til 50.000 tons madaffald, så vi må sådan set godt udvide anlægget til fuld kapacitet. [...]. For at give en størrelsesorden så kunne man sige, at Argo, de har cirka 20.000 tons affald. Vestforbrændingen de har cirka 30.000 tons, så vi kunne sådan set håndtere begge kommuners affald."

(Kristensen, 2020)

Kristensen gav dog også i løbet af interviewet udtryk for, at den bionedbrydelige plast i sig selv, ikke ville være en god ressource til kompostering:

"Hvis man udelukkende tog noget bionedbrydeligt plastik og puttede ind i et modul, så ville der ikke ske noget med det, fordi der ville mangle næringsstoffer [...]. Det skal behandles sammen med noget affald."

(Kristensen, 2020)

Ud fra ovenstående citat fra Kristensen, ville det hovedsageligt være det næringsholdige materiale i urinen og afføringen, der ville indgå i og bidrage til biogasprocessen i BioVæksts anlæg. Den bionedbrydelige plast i bleerne skal derfor komposteres sammen med andre organiske materialer i anlægget. Det kan enten være et udefrakommende strukturmateriale, der tilføres blefraktionen, eller i kraft af at bleerne sorteres sammen med KOD. Dermed vil bleerne med det samme indgå med yderligere organisk materiale.

Ifølge Kristensen vil det ikke procesmæssigt være et problem for BioVækst at håndtere bleerne – om de indgår som KOD eller som en egen fraktion – idet BioVækst allerede har tilladelse til og erfaringer med at behandle spildevandsslam. Dog udtrykte Kristensen en tvivl om, hvorvidt der stilles specielle krav til håndtering af bleer, som kunne afvige fra den lovgivning, der omfatter spildevandsslam eller KOD:

"Der er før lavet nogle undersøgelser omkring spildevandsslam, og om man kunne genfinde [medicinen]. Og det kan man ikke efter kompostering."

(Kristensen, 2020)

Han havde dertil en formodning om, at siden spildevandsslam kunne hygiejniseres på BioVæksts anlæg, inden det blev brugt til jordbrugsformål, måtte det samme kunne gøre sig gældende for brugte bleer.

5.3.2 Fra affald til fødevarer

For videre at undersøge, om der kunne være specielle udfordringer eller særlige hensyn at tage ved frasortering af bionedbrydelige bleer til jordbrugsformål, kontaktede vi affaldsplanlægger Rikke Killeen fra Roskilde Kommune. Ifølge Killeen må menneske- og dyreekskrementer som udgangspunkt ikke sorteres i KOD, da det udgør en smittefare. Dertil henviste hun til affaldsbekendtgørelsen som understøttelse af argumentet. Killeen oplyste yderligere, at man ikke må sortere afføring i KOD, fordi ikke alle aftagere af KOD-

fraktionerne opnår de påkrævede temperaturer til håndtering af smittefarligt affald i deres anlæg:

"Som udgangspunkt må man ikke sortere ekskrementer fra hverken dyr eller mennesker som KOD. Dette er i forhold til smittefare. Det er også fordi, at de værker, som skal håndtere KOD [med ekskrementer] skal opnå en vis driftstemperatur, for at kunne håndtere affaldet lovmæssigt korrekt, og da ikke alle værker overholder dette, ville KOD indeholdende afføring fra mennesker og dyr kun kunne sorteres til få værker."

(Killeen, 2020)

Med dette citat pointerer Killeen også, at sortering af bleer og KOD i samme fraktion ville være en uhensigtsmæssig løsning, da dette ville fastlåse Roskilde Kommunes aftagemuligheder i forhold til deres KOD.

I citatet lægger Killeen også vægt på, at løsningen med en samlet KOD- og blefraktion giver lovmæssige udfordringer i at sikre en hygiejnisering af affaldet. Affald til jord-bekendtgørelsen fra 2018, stemmer dog ikke overens med Killeens udtalelse. Ifølge bekendtgørelsen fra 2018, skal KOD og spildevandsslam hygiejniseres ved samme temperatur på 70 °C i minimum 60 minutter, i forbindelse med kontrolleret kompostering, for at kunne benyttes til jordbrugsformål. Som skrevet i afsnit 3.3 *Affald til jord-bekendtgørelsen*, er der sket en skærpelse til behandlingen af KOD til jordbrugsformål i forhold til tidligere bekendtgørelse fra 2010. På den baggrund kan en brugt bionedbrydelig ble potentielt klassificeres både som spildevandsslam og KOD - behandlingsformen vil være den samme. Dermed vurderer vi, at der er lovmæssigt belæg for at sortere de brugte bleer sammen med KOD'en.

5.3.3 Implementering af en ny type ble

I forhold til spørgsmålet om implementering af et nyt affaldssystem i Roskilde Kommune, er Killeens fokus på, at det vigtigste er en forbedring i recirkulering og genanvendelsen, selvom affaldssystemet potentielt kunne være dyrere end deres nuværende løsning:

"Det ser jeg ikke som et problem, at KOD med menneske- eller dyreksekrementer koster lidt mere for os at afskaffe, hvis det havde en god miljømæssig gevinst. Vi ville sagtens kunne håndtere en større mængde KOD, der skulle bare en lastbil mere til. Vores

største udfordring er prisforskellen imellem almindeligt restaffald og KOD, hvis ikke der er dokumenteret miljømæssig gevinst. Men vi kunne sagtens overveje at gå over til indsamling af bleer, hvis vi kunne se en mulighed for at skabe cirkularitet.”

(Killeen, 2020)

Der er altså i Roskilde Kommune fokus på, at de benytter så bæredygtige løsninger som muligt. Roskilde Kommune får på nuværende tidspunkt deres KOD fragtet fra Argo i Roskilde til viderebehandling hos KomTek, der ligger ved Esbjerg. KomTek er et sorteringsanlæg, som laver KOD'en om til biopulp, og kan derfor ses som et mellemlid inden den egentlige bioforgasning af Roskilde Kommunes KOD finder sted. Dette skal ske i et andet anlæg.

BioVækst-anlægget er placeret i Holbæk, og det kan dermed forventes, at der er et lavere klimaaftryk ved transporten dertil end til KomTek ved Esbjerg. Kristensen oplyser, at de på nuværende tidspunkt modtager KOD i de samme lastbiler, som det bliver afhentet i hos BioVæksts nærkommuner, Holbæk, Odsherred og Kalundborg. Om det samme vil være tilfældet i Roskilde Kommune, eller om der er behov for omlastning af KOD'en, er dog ikke blevet afklaret.

I Aikanteknologien er der ikke behov for et mellemlid, og affaldet kan derfor omdannes til kompost og biogas i samme anlæg. I takt dermed kan BioVækst ses som en mere effektiv og bæredygtig løsning end den nuværende i Roskilde Kommune. Kristensen beskriver også, at der er et større metanudbytte i BioVækst i forhold til andre anlæg:

“Vores anlæg laver biogas med et højt indhold af metan i forhold til andre anlæg, fordi vi ligger med omkring 75-80 % metan i vores biogas. Normale anlæg ligger omkring 60 %. Men det er jo stadigvæk ikke rent metan, så det skal renses [opgraderes], før man kan putte det ind i gasnettet”

(Kristensen, 2020)

På trods af, at BioVækst for projektgruppen virker som den mest bæredygtige løsning, og at det med BioVækst som aftager er muligt at kombinere både KOD og de brugte bleer i samme fraktion, ser Killeen en ulempe ved sammenførsel af KOD og bionedbrydelige bleer:

“Det ville være et større problem, hvis afføring blev sorteret sammen med KOD, for det ville indskrænke vores muligheder for aftagere og formentlig også hæve prisen på behandling af vores KOD.”

(Killeen, 2020)

Killeen ser en udfordring i kun at have én mulig aftager til en samlet KOD- og blefraktion. Ydermere forventer hun, at det vil hæve priserne på behandlingen af kommunens KOD. Prisoversigt fra Argo viser, at de har en takstpris på 495 kr./ton for behandling af KOD. Det er altså prisen, Roskilde Kommune betaler i den nuværende affaldsløsning ved levering af KOD hos Argo (ARGO A/S, 2020). Hos BioVækst er modtageprisen for KOD 400 kr./ton (BioVækst A/S, u.å.-a). Til dette har Kristensen oplyst, at de ved udbud typisk vil give en pris, der ligger mindst 100 kr. lavere, men at BioVækst for konkurrencedygtighedens skyld vælger at have højere priser på deres hjemmeside. Dermed vurderes det, at det ikke er sikkert, at en affaldsløsning med en samlet KOD og blefraktion hos BioVækst vil vise sig at være dyrere.

Killeen foreslår, som en løsning til ikke at indskrænke deres muligheder til kun én aftager af deres KOD, at de brugte bionedbrydelige bleer behandles som en separat fraktion. Dermed kan næringsstofferne fra de bionedbrydelige bleer blive recirkuleret hos BioVækst, samtidig med at Roskilde Kommunes valg af aftagere til deres KOD ikke indskrænkes.

Et andet aspekt ved implementeringen af en ny type ble i kommunalt regi, foruden selve affaldshåndteringen, er hvilke ændringer, der er mulige i kommunernes indkøbsaftaler. Som nævnt i trin B, varetages den nuværende indkøbsaftale for bleer til institutioner gennem Staten og Kommunernes Indkøbsservice, SKI, og denne aftale har udløb i juli 2022.

I forbindelse med en omstilling til indkøb af bionedbrydelige bleer til Roskilde Kommune siger Peter E. K. Rasmussen, der er indkøbskonsulent i Roskilde Kommune, at det vil føre til en ineffektiv arbejdsbyrde, hvis kommune skulle udarbejde en ny indkøbsaftale på egen hånd. Han lægger vægt på, at der i indkøbsfællesskaber kan opnås en større indkøbsvolumen, men han udelukker dog ikke, at det ikke kan gøres i et mindre indkøbsfællesskab end SKI:

“[Det er] ikke nødvendigt, at det er SKI som udfører udbuddet, men at det sker i et fællesudbud, som kan afholdes af andre indkøbsfællesskaber f.eks. Fællesudbud Sjælland (FUS) som er 16 kommuner i Region Sjælland, eller fællesudbud blandt flere kommuner.”

(Rasmussen, 2020)

I afsnittets tre overordnede temaer præsenteres hvilke tiltag, der er mulige ifølge de adspurgte aktører. I det næste trin, ABCD-metodens sidste trin, præciseres de strategiske valg i forhold til projektets foreslåede affaldshåndteringssystem.

5.4 Trin D - Vores foreslåede system

Vi har igennem vores empiriske tilgang kortlagt forskellige aktører i netværket relateret til KOD og bionedbrydelige bleer og undersøgt, hvilke tiltag de finder mulige. Vi vil i følgende afsnit præsentere en kravspecifikation til vores foreslåede system, så løsningen opfylder den kortsigtede vision. Disse specifikationer vil efterfølgende uddybes i afsnittet *Systemforslag*.

5.4.1 Kravspecifikation til affaldshåndtering af bionedbrydelige bleer

Et system til håndtering af bionedbrydelige bleer skal:

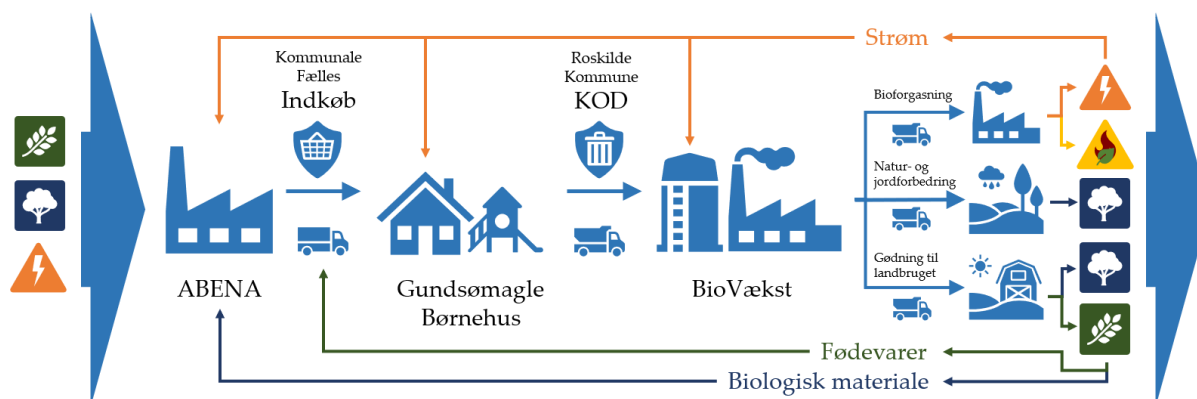
- **Baseres på bionedbrydelige bleer lavet af biomasse fra sekundære afgrøder**
Mindskning af koncentrationer af substanser, der udvindes af jordens undergrund og bæredygtig forvaltning af naturressourcer
- **Sortere bionedbrydelige bleer sammen med KOD**
Effektivisering af affaldsindsamling og forbedring af bioforgasningsprocessen
- **Sikre en hygiejniserings af kompostmateriale**
Løvmæssig recirkulering af fosfor og næringsstoffer til jordbrugsformål og mindskning af koncentrationer af substanser, der udvindes af jordens undergrund
- **Sikre nyttiggørelse gennem bioforgasning**
Mindskning af koncentrationer af substanser fremstillet af samfundet
- **Have kortere transportkæde med få aktører**

Mindskning af koncentrationer af substanser fremstillet af samfundet og effektiv systemtænkning

5.4.2 Systemforslag

Ud fra vores kravspecifikation, foreslår vi et system, hvor de bionedbrydelige bleer sorteres sammen med KOD fra institutionerne, selvom dette er modstridende med, hvad Killeen giver udtryk for, vil være bedst for Roskilde Kommune. Dette valg tages, fordi en ren fraktion af bionedbrydeligt plast ikke nedbrydes, og derfor i behandlingsprocessen skal sammenblandes med andet biologisk materiale. Den nye Affald til jord-bekendtgørelse understøtter desuden dette valg, da begge typer organisk affald kræver samme behandling, før det organiske restmateriale eller kompost kan bruges til jordbrugsformål.

For at kunne håndtere og omsætte fremtidige mængder af bionedbrydelig plast, vil der blive brug for teknologier, der ikke blot frasorterer disse til behandling andetsteds. I projektets case udvælges BioVækst som aftager, da anlægget kan håndtere bionedbrydelige plasttyper.



Figur 12: Foreslået system for håndtering af bionedbrydelige bleer, (Egenproduktion)

I vores foreslåede system, se Figur 12, vil de bionedbrydelige bleer fra Abena leveres til børneinstitutionerne, og aftalen er indgået i et indkøbsfællesskab med flere kommuner. Herfra vil børnebleer anvendes, og medsorteres i den eksisterende KOD for Roskilde Kommunes institutioner. Denne affaldsfraktion vil derefter transporteres til BioVækst. Igennem Aikanteknologien forarbejdes KOD til biogas og afgasset komposterbart materiale, der indeholder vigtige næringsstoffer. Det biologiske materiale og de fødevarer der produceres med kompost fra BioVækst, kan herved efterfølgende indgå cirkulært til jordbrugsformål, mens strøm og potentielt biogas kan indgå i systemets forskellige faser og

bidrage til andre processer. Vores foreslåede system rykker derfor den nuværende affaldshåndtering, fra nyttiggørelse, et højere trin op i affaldshierarkiet. På denne måde opnås en dematerialisering af materialestrømmen, hvilket vil give en øget ressourceeffektivitet i kraft af reduktion af de primære input og output. Herved har vi ligeledes opfyldt de opstillede krav i den kortsigtede vision for recirkulering af næringsstoffer fra brugte bleer i Roskilde Kommune.

6. Diskussion

Et princip fra cirkulær økonomi, som vi ikke har inddraget i visionen, er *Rely on energy from renewable sources*. Dette princip bliver dog igennem vores system opfyldt i kraft af en recirkulering af bleaffald, der flytter en stor del af den nuværende affaldsfraktion fra forbrænding til bioforgasning, og derved leder til øget produktion af vedvarende energi fra plantebaserede produkter. Dette ser vi som et tegn på, at bæredygtighedsprincipperne fra FSSD og principperne fra cirkulær økonomi, er tæt forbundne. Denne forbundenhed viser, at principperne skal forstås som en helhed, hvor arbejde med at opfylde nogen af principperne ofte indebærer opfyldelse af flere af de andre principper.

Det nuværende affaldssystem i Danmark viser en sporafhængighed, idet det er afhængigt af, at der kommer affald ind, der kan forbrændes. Et paradigmeskift i den danske affaldssektor virker til at være under opsejling i form af regeringens nye forslag til en klimaplan, der foreslår mindre forbrænding og mere genanvendelse af affald. På længere sigt vil sporafhængigheden af forbrænding af affald måske blive et mindre problem. Dette kan ikke vides med sikkerhed og det ville derfor have været relevant at inddrage flere aktører, for eksempel forbrændingsanlægget Argo.

I projektets case, er fokusrammen blevet afgrænset fra andre kommuner end Roskilde Kommune, og derfor er det foreslåede system lavet med henblik på affaldshåndteringen i denne kommune. Andre kommuners synsvinkel, på det i projektet foreslåede system, er ikke medtaget. Derfor kan det i realiteten ikke vides om andre kommuner ville være interesserede i dette system. Inddragelsen af andre kommuner ville desuden være relevant, da Rasmussen har forklaret, at et nyt system formentlig ikke ville kunne implementeres, hvis kun én kommune deltog i omstillingen. Hertil vil det være oplagt at indgå i et samarbejde om indkøb af de bionedbrydelige bleer i et indkøbsfællesskab mellem flere kommuner (Rasmussen, 2020).

Implementering i blot én kommune, stemmer ikke overens med den fremlagte klimaplan fra 2020 med ønsket om at strømline affaldssektoren på tværs af alle kommuner i Danmark. Lige som Roskilde Kommune i dag planlægger en forsøgsordning for kildesortering af en ny plastfraktion (Killeen, 2020), kunne det tænkes, at der før indførsel af en ny

affaldshåndteringsløsning skulle udføres repræsentative forsøg i en række kommuner for at fastlægge systemets modstandsdygtighed.

Det vil være sværere på længere sigt at efterleve alle principperne i cirkulær økonomi ved optimering af en engangsble. Den ble, der foreslås, vil stadig være et engangsprodukt, der dermed ikke kan indgå i et fuldstændigt cirkulært system, hvor materialer og produkter skal kunne designes til at genbruges så længe som muligt. *Design out waste*, er et vigtigt element i cirkulær økonomi, men så længe bleen kun kan bruges én gang, vil der stadig skabes affald, og der vil således stadig være brug for at affaldet bliver håndteret. For at kunne efterleve *design out waste* princippet mere fyldestgørende, vil en moderne stofble være et bedre alternativ, da bleen kan bruges flere gange, før den bliver tilbageført til biosfæren gennem kompost, fordi den er lavet i biologiske materialer.

I et fransk studie fra 2014 af Torrijos et al., undersøges et affaldssystem, hvori det er muligt at separere plastmaterialet fra det biologiske indhold i brugte, konventionelle engangsbleer. Ved en sådan separering vil det være muligt at recirkulere de biologiske næringsstoffer uden at omstille produktionen af bleen. Set i forhold til transitionsteorien vil det betyde, at der blot er behov for ændring i et industrielt subregime – affaldsindustrien – for at denne nye nicheteknologi kan indtræde i det eksisterende sociotekniske regime.

I vurderingen af transitionsteorien i forhold til dette projekts foreslåede affaldssystem kan det ses som om, der er to nicheteknologier, der skal implementeres i sammenhæng med hinanden. Det vil ikke give mening at introducere den bionedbrydelige ble (første nicheteknologi), hvis ikke den kan fremme recirkulering af biologiske næringsstoffer (her kommer Aikanteknologien ind som den anden nicheteknologi). Dermed er der til forskel fra Torrijos et al.-studiet behov for ændringer i to industrielle subregimer – affaldsindustrien og bleproduktionen – førend de to nye nicheteknologier kan indtræde i det eksisterende sociotekniske regime. Dermed vil projektets foreslåede system vurderes at være en radikal innovation, og Torrijos et al.-studiet vil ses som en mere inkrementel innovation.

Sættes de to forskellige affaldssystemer i forhold til principperne fra cirkulær økonomi viser det også her forskelle. Affaldssystemet baseret på separering af plastmaterialet kan siges at opfylde princippet *waste is food*, idet systemet anerkender, at dele af affald skal ses som en ressource, og de biologiske næringsstoffer recirkuleres til jordbrugsformål, så de

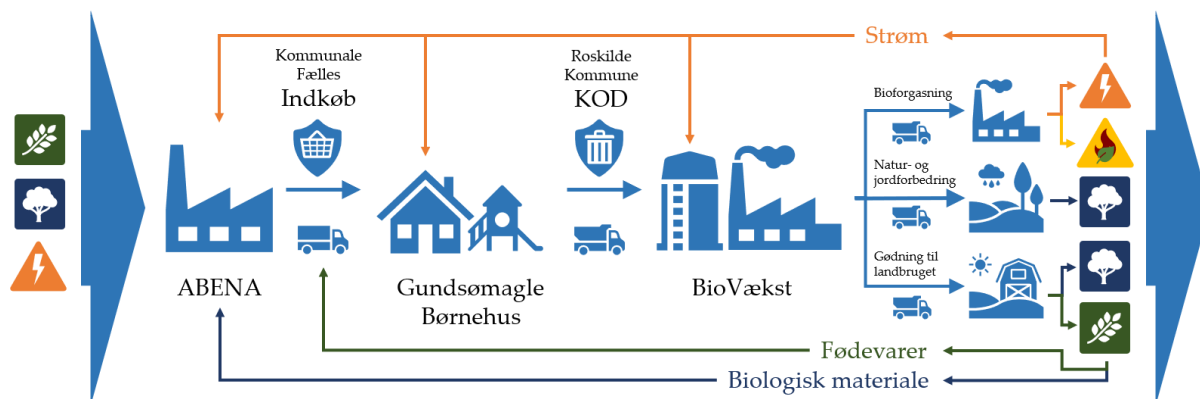
gavner på ny. Dette kan også tolkes som, at princippet *think in systems* til dels opfyldes, da affaldssystemet dermed anerkender behovet for feedbackloops. Affaldssystemet vurderes til ikke at implementere principperne *design out waste*, *rely on energy from renewable sources* og *build resilience through diversity* i samme omfang som projektets foreslåede affaldssystem. Dette især fordi Torrijos et al.-systemet ikke adresserer problematikken omkring fossiltbaseret bleproduktion, men også fordi selve separationsteknologien er målrettet disse konventionelt producerede bleer, og derfor ikke kan anses for at være særlig modstandsdygtigt.

Dette projekts foreslåede affaldssystem opfylder næsten alle principperne i cirkulær økonomi. *Waste is food*, fordi systemet anerkender, at affaldets biologiske næringsstoffer er en ressource og skal recirkuleres til jordbrugsformål. Til dels opfyldelse af *Design out waste* da selve bleen, og dermed også hele affaldssystemet, skal være baseret på sekundær biomasse. Dette gør også, at princippet *rely on energy from renewable source* opfyldes. Ligeledes fordrer dette, at systemet opfylder *build resilience through diversity*-princippet, da selve affaldshåndteringen ikke kun er målrettet bionedbrydelige bleer, men kan håndtere alle former for bionedbrydelige produkter. Desuden vil Abena også kunne ses som værende mere modstandsdygtige, fordi de bliver mere diverse i deres produktionsmetoder.

Ovenstående diskussion viser, at det, i forbindelse med udvikling af affaldssystemer for bleer, kan være mere hensigtsmæssig at implementere mere radikale innovationer – som dette projekts foreslåede affaldssystem, sat overfor studiet af Torrijos et al. – da det opfylder flere af principperne fra cirkulær økonomi, hvilket kan føre til opnåelse af det ultimative mål i den langsigtede version for et bæredygtigt samfund.

7. Konklusion

Gennem brugen af ABCD-metoden præsenteret i FSSD, har vi opstillet en vision udarbejdet efter bæredygtighedsprincipperne og principperne fra cirkulær økonomi. Denne vision har til formål at udvikle et system der kan recirkulere næringsstoffer fra brugte bleer. For at omstille fra den nuværende situation til visionen, har vi taget udgangspunkt i de mulige tiltag og løsninger, præsenteret af de udvalgte informanter. Vi har ud fra dette formålet at præsentere en strategisk udvalgt handlingsplan for Roskilde Kommune til at opnå visionen. Dette gøres ved at bleerne produceres af bionedbrydelig plast, som efterfølgende håndteres sammen med KOD i BioVæksts biogas- og komposteringsanlæg, hvorefter biogassen bruges på el- og gasnettet, og komposten bruges til jordbrugsformål. Således sikres en recirkulering af den fosfor og de andre næringsstoffer, der findes i brugte bleer fra børneinstitutioner, samt en øget produktion af vedvarende energi fra biogas.



Figur 13: Foreslået system for håndtering af bionedbrydelige bleer, (Egenproduktion)

I dette system, kan der ses nogle fordele, der vil gavne miljøet og trinvis reducere de negative påvirkninger fra forbrænding og dermed tage en del af presset fra nogle af de klimaproblematikker, vi står over for i dag. Bleen er blot et enkelt forbrugsprodukt, men det vil være et skridt på vejen til at udfase brugen af fossile brændsler, da bleerne helt eller delvist vil være lavet af sekundær biomasse. Desuden muliggør Aikanteknologien, at næringsstofferne kan udnyttes i produktionen af nye sekundære afgrøder, som derved direkte kan genanvendes til produktion af ny bionedbrydeligt plast. Der vil derfor være et mindsket ressourcetræk på oliereserverne, da der årligt produceres store mængde bleer.

8. Fortsat arbejde

I dette projekt er de indledende trin til udvikling af et system til recirkulering af bionedbrydelige bleer blevet undersøgt. I undersøgelsen er flere aktører blevet inddraget, for at få en bedre forståelse af det nye system. Der er dog stadig mange aspekter, der skal undersøges før det foreslåede system, kan realiseres i Roskilde Kommune. Et af disse aspekter er, hvorvidt de bionedbrydelige bleer i praksis bliver omsat i BioVæksts anlæg. Dette kan undersøges igennem et planlagt forsøg i BioVækst, hvor det vil blive påvist, om den bionedbrydelige plast i bleerne bliver fuldstændig nedbrudt i anlægget. Ifølge Kristensen, ville et sådant forsøg praktisk kunne foregå ved at indføre de brugte bleer i netlignende sække og tilføje disse til et procesmodul sammen med andet organisk materiale:

“Så ville vi køre [bleerne] gennem hele processen. Det er det, der ville være relevant. De ligger jo tre uger ved biogas, og så ligger de fire uger ved kompostering, og så ligger de to til tre måneder ved eftermodning. Jeg tænker, at de skulle køre hele processen for at se, om det virkede.”

(Kristensen, 2020)

Ved at lade bleerne gennemløbe hele processen, er der dermed også mulighed for at teste den kompost, der kommer som produkt af processen. Dermed kan det sikres, at komposten overholder de opsatte grænseværdier i Affald til jord-bekendtgørelsen.

Et sådan forsøg vil også være nødvendigt for at kunne ændre Roskilde Kommunes indkøbsaftale for bleer:

“Hvis der skal kunne laves en ændring i indkøbene, fordi et andet produkt forventes at være mere bæredygtigt end det nuværende produkt, er det vigtigt, at der er konkrete beviser/belæg for det. Ellers kan man komme til at ændre praksisserne i kommunen til noget, der i realiteten er værre for miljøet.”

(Rasmussen, 2020)

Det er altså et vigtigt element for kommunen, at de nye produkter og processers miljømæssige gevinst er veldokumenteret. Det vil derfor være nødvendigt at undersøge og sammenligne, den energiudnyttelse der finder sted i projektets foreslåede system kontra den nuværende energiudnyttelse ved forbrænding i Argo. Dermed kan det lade sig gøre at udføre en mere detaljeret analyse af materialestrømmene.

Hvis forsøget med de bionedbrydelige bleer i BioVæksts anlæg bevises at have miljømæssig gevinst samt overholde de lovmæssige krav, vil det næste relevante skridt være at lave et forsøg i en børneinstitution. Dermed ville eventuelle udfordringer, der er ved at indføre en ny affaldsfraktion til frasortering af de brugte bionedbrydelige bleer i institutionerne, afdækkes.

Vi har foretaget et indledende interview med Lea Reinemo, der er pædagog i Gundsømagle Børnehus, for at forstå, hvordan bleskifteprocessen i institutionen forløber. Reinemo fortalte os, at der i institutionens bleskifteproces er mange forskellige produkter involveret. Disse produkter er blandt andet engangsforklæder, vådservietter og handsker, der på nuværende tidspunkt ikke er lavet i bionedbrydeligt plast. Disse produkter må ikke sorteres som KOD, og det er derfor meget relevant at undersøge, om der kan opstå problematikker for personalet ved sortering til to fraktioner i forbindelse med bleskifteprocessen. Ligeledes skal det undersøges, om personalet vil have udfordringer i at håndtere både bionedbrydelige bleer og konventionelle bleer. Dette er relevant, da det ikke kan garanteres, at børnene ankommer til institutionen i en bionedbrydelig ble.

I takt med det politiske ønske om en national ensartethed i affaldshåndteringen, vil det ligeledes være relevant at undersøge om det foreslåede affaldssystem kan udvides til andre kommuner samt indbefatte private husholdninger.

Litteraturliste

- Abena Holding A/S. (2020). *Om Abena som virksomhed*. <https://www.abena.dk/om-abena/om-os?fbclid=IwAR2sTDbfftdjAQ4XJUK6nX2BaMKcLWGUNgtM-G3gIZHEaFGnkV8RV2Ql3T0>
- affald.dk. (2013). *Hvorfor brænder vi affaldet? - Affald.dk*. <https://www.affald.dk/da/7-10/forbraending/artikler/221-hvorfor-braender-vi-affaldet-7-10.html>
- Aikan A/S. (u.å.). *Circular handling of resources*. Hentet 1. juni 2020, fra <https://aikan.dk/home-2/circular%20handling%20of%20resources.html>
- Andersen, P. H., Duvold, T., Frølund, B., Lüneborg, J., Toft-Petersen, K., Vanthournout, H., & Witte, C. (2019). *THE NEW PLASTICS ECONOMY - A research, innovation and business opportunity for Denmark* (s. 20). Innovantion Fund Denmark og McKinsey & Company. <https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-01/new-plastics-report-jan16-2019-vf.pdf>
- ARGO. (2020). *Energiudnyttelse af affald*. ARGO. <https://argo.dk/erhverv/roskilde-kraftvarmevaerk/energiudnyttelse-af-affald/>
- ARGO A/S. (2020). *Roskilde-Kraftvarmeværk-2020.pdf*.
- BioVækst A/S. (u.å.-a). *Modtagepriser* |. Hentet 9. juni 2020, fra <https://biovaekst.dk/modtagepriser.html>
- BioVækst A/S. (u.å.-b). *Om Aikan teknologien* |. Hentet 3. juni 2020, fra <https://biovaekst.dk/om%20aikan%20teknologien.html>
- Bringezu, S., & Moriguchi, Y. (2002). Material flow analysis. I R. U. Ayres & L. W. Ayres (Red.), *A handbook of industrial ecology* (s. 79–90). Edward Elgar Publishing.
- Broman, G. I., & Robért, K.-H. (2017). A framework for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 140(P1), 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.121>
- Brundtland Commission. (1988). Our Common Future. *Medicine & War*, 4(1), 41–59. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Bryman, A. (2012). *Social research methods* (4. ed.. 6. printing.). University Press.
- Cordell, D., & White, S. (2014). Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), 161–188. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-010213-113300>
- Earth Overshoot Day. (2020). What is the Ecological Footprint? *Earth Overshoot Day*. <https://www.overshootday.org/kids-and-teachers-corner/what-is-an-ecological-footprint/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy* (s. 98). <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

- Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey Center for Business and Environment. (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe* (s. 98). https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf
- En ny handlingsplan for den cirkulære økonomi for et renere og mere konkurrencedygtigt Europa, nr. COM(2020) 98 final, Europa-Kommisionen (2020). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0015.02/DOC_1&format=PDF
- Europa-Parlamentet. (2018, april). *Den cirkulære økonomi: Definition, betydning og fordele* | Nyheder | Europa-Parlamentet. <https://www.europarl.europa.eu/news/da/headlines/economy/20151201STO05603/den-cirkulaere-okonomi-definition-betydning-og-fordele>
- Reduktion af visse plastprodukters miljøpåvirkning, nr. (EU) 2019/904, EUROPA-PARLAMENTET OG RÅDET FOR DEN EUROPÆISKE UNION, 19 (2019).
- Fagerberg, J. (2003). Innovation: A Guide to the Literature. *The Oxford Handbook of Innovation*, 22. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0001>
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6), 897–920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>
- Global Footprint Network. (2020). *Ecological Footprint—How the footprint works*. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/?fbclid=IwAR0g5d8U63sYeY4szN0-8ezxtHpT-AyByNcHLef6-Wi0Wd44yYiub4j11U>
- Hann, S., Scholes, R., Lee, T., Ettlinger, S., & Jørgensen, H. (2020). *Bio-based and Biodegradable Plastics in Denmark—Market, Applications, Waste Management and Implications in the Open Environment*. The Danish Environmental Protection Agency. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2020/02/978-87-7038-165-9.pdf>
- Harder, R., Wielemaker, R., Larsen, T. A., Zeeman, G., & Öberg, G. (2019). Recycling nutrients contained in human excreta to agriculture: Pathways, processes, and products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 49(8), 695–743. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1558889>
- Illustreret Videnskab. (2020, marts). *Her er de største CO2-syndere*. Illvid.dk. <https://illvid.dk/naturen/klimaforandringer/hvad-udleder-mest-co2-til-luften>
- Ingerniøren. (u.å.). Amager Bakke—Moderne miljøløsning eller overflødig milliardbyggeri? *Fokus: Amagerforbrænding*. Hentet 8. juni 2020, fra <https://ing.dk/fokus/amagerforbraending>
- Jørgensen, B., Rass-Hansen, J., & Christensen, C. H. (2006). Bæredygtig kemi i fremtiden. I *Kemiske Horisonter* (s. 6–23).
- Kajikawa, Y. (2008). Research core and framework of sustainability science. *Sustainability Science*, 3(2), 215–239. <https://doi.org/10.1007/s11625-008-0053-1>

- Kates, R. W. (2011, december). *What kind of a science is sustainability science?* | *PNAS*. <https://www.pnas.org/content/pnas/108/49/19449.full.pdf>
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson, N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grubler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., ... Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Pnas.Org*. <https://doi.org/10.1126/science.1059386>
- Khoo, S. C., Phang, X. Y., Ng, C. M., Lim, K. L., Lam, S. S., & Ma, N. L. (2019). Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers. *Process Safety and Environmental Protection*, 123, 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.12.016>
- Kjær, T. (1993). *Genanvendelse og affaldsplanlægning. Model til affaldsplanlægning.* (s. 1–44). Roskilde Universitet.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, & Miljø- og Fødevareministeriet. (2020a). *Grøn affaldssektor*. <https://kefm.dk/media/13040/faktaark-groen-affaldssektor.pdf>
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, & Miljø- og Fødevareministeriet. (2020b). *Plastik skal genbruges og genanvendes*. <https://kefm.dk/media/13041/faktaark-plastikaffald.pdf>
- Komtek Miljø A/S. (u.å.). *Komtek A/S:: Ecogi*. Hentet 10. juni 2020, fra <http://www.komtek.dk/forside/modtager-og-behandler/ecogi/>
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Interview: Det kvalitative forskningsinterview som håndværk*. Reitzels.
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7(Supplement), 25–43.
- Miljø- og Fødevareministeriet. (u.å.). *Ordforklaring*. Hentet 3. juni 2020, fra <https://mst.dk/affald-jord/affald/indsamleruddannelsen/affaldsregulering/ordforklaring/>
- Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrug, nr. BEK nr 1001, Miljø- og Fødevareministeriet (2018). <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2018/1001>
- Miljø- og Fødevareministeriet. (2018). *Plastik uden spild—Regeringens plastikhandlingsplan*. https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Publikationer/NY_Regeringens_plastikhandlingsplan_full_version_FINAL_0123-2019.pdf
- Miljøstyrelsen. (u.å.). *Affaldsbekendtgørelsen*. Hentet 6. juni 2020, fra <https://mst.dk/affald-jord/affald/indsamleruddannelsen/affaldsregulering/affaldsbekendtgørelsen/>
- Miljøstyrelsen. (2010). *Anvendelse af affald til jordbrugsformål*. 103.
- Miller, T. R., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., & Loorbach, D. (2013). The future of sustainability science: A solutions-oriented research agenda. *Sustainability Science*, 9(2), 239–246. <https://doi.org/10.1007/s11625-013-0224-6>
- Om BioVækst* |. (u.å.). Hentet 10. juni 2020, fra <https://biovaekst.dk/om%20biov%C3%A6kst.html>

- Roskilde Kommune. (2020, maj). *Dit madaffald er fuld af energi*. Roskilde Kommune. <https://roskilde.dk/madaffald>
- Staten og Kommunernes Indkøbsservice A/S. (2018). *Aftale: 50.96 Bleer*. [https://www.ski.dk/sider/aftale.aspx?aftId=50960117&name=Bleer_Bleer%20med%20bevilling%20\(landsd%C3%A6kkende\)&k=50960117](https://www.ski.dk/sider/aftale.aspx?aftId=50960117&name=Bleer_Bleer%20med%20bevilling%20(landsd%C3%A6kkende)&k=50960117)
- Thomsen, R. P., Husted, S., & de Neergaard, A. (2013). *Mad til Milliarder*. Institut for Plante- og Miljøvidenskab Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. https://www.science.ku.dk/oplev-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog_mad-til-milliarder/
- Trouvé, H., Couturier, Y., Etheridge, F., Saint-Jean, O., & Somme, D. (2010). The path dependency theory: Analytical framework to study institutional integration. The case of France. *International Journal of Integrated Care*, 10, 9.