



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Forbedret teknologi for automatisk sortering af dagrenovation og storskrald

Miljøprojekt nr. 1971

December 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Charlotte Böttcher, Nomi4s

Carsten Zaar, Nomi4s

Jens Bjørn Jakobsen, Cowi

ISBN: 978-87-93614-45-1

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter indenfor miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at indlægget udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Summary in English	5
2.	Forord	7
3.	Konklusion og sammenfatning	8
4.	Indledning	10
4.1	Baggrund	10
4.2	Formål	10
5.	Baggrund	12
5.1	Regeringens ressourcestrategi	12
5.2	Affaldsplan	12
5.3	Nuværende indsamlingsordning	13
5.4	Eksisterende sorteringsanlæg	13
6.	Affaldskilder	15
6.1	Dagrenovation	15
6.2	Storskrald, genbrugspladser og modtageanlæg	19
7.	Vurdering af fraktioner	21
7.1	Madrasser	21
7.2	Kvalitet A2 træ	21
7.3	Vinduer	22
7.4	Plast – fra husholdningsaffald og genbrugspladser	23
8.	Fraktionen plast	24
8.1	Folier	24
8.2	Hård plast	25
8.3	PVC	25
8.4	Opgørelse af den potentielle mængde	25
9.	Koncept-studier	28
9.1	Processen	28
9.2	Sensortechnologi	28
9.3	Robotter	29
9.4	Gribeteknologi	30
10.	Testanlæg	31
10.1	Indkøb og opsætning af testanlæg	31
10.2	Testkørsel og tilpasninger	31
10.2.1	Robot, NIR, transportbånd og ophængsramme	31
10.2.2	Styringsprogram	32
10.2.3	Griber	32
10.2.4	Sug	34
10.3	Konklusion efter testkørsel	34

11.	Design – endelig opbygning af nyt anlæg	37
11.1	Forsortering	37
11.2	Robotsortering	38
12.	Projektets resultater	41
12.1	Plastsortering	41
12.2	Robotperformance	43
12.3	Det videre arbejde	44

1. Summary in English

This project "Improved technology for automatic sorting of household waste and bulky waste" has been carried out by Nomi4s in cooperation with RobotSort Aps, Linatex A/S and Nord-Tec Optomatic. The project has been funded by the Ecoinnovation program (MUDP) in the Danish Ministry of Environment and Food.

The main objective of the project has been to develop an automatic waste sorting solution by using technical robot-concepts and NIR-sensor technology to fine-sort and prepare the most possible reusable/recyclable materials from household waste and from bulky waste. In the same time the aim has been to do this with the least possible manual sorting.

The project has been based on an earlier automatic sorting plant at Nomi4s, built in 2001, and built to sort RDF (refuse-derived fuel) from commonly combustible waste.

For a couple of years, the plant has been used to sort household collected packaging waste in the form of mixed hard plastic and mixed small metal (cans etc.).

The project has built on the know-how already achieved at Nomi4s, as well as the diverse skills the project partners have contributed with to the project.

The project that has elapsed over 26 months has been divided into four overall work packages (WP) where:

- WP1 focused on 1) waste composition in the Nomi4s area and 2) available technology.
- WP2 focused on development, including development of equipment and concepts.
- WP3 focused on installing, including setup and ongoing adjustment.
- WP4 focused on testing and demonstration, including evaluating performance.

The project group considers that the objectives for the final project are met and sees the project as a success.

During the project period, a completely new concept was introduced and commissioned. The waste is presorted by various types of vibration screens and ballistic separators. Iron, metals and non-ferrous metals such as aluminum are sorted by over band magnet or eddy current separator and finally the plastic polymers are identified by NIR-sensors and removed from the assembly line by robots.

The new automatic waste-sorting solution was put into operation in February 2017.

During the test period, there has been a focus on sorting PE plastic and attention has been focused on optimizing robot sorting.

Within the relatively short test period from February 2017 to May 2017, it has been possible to increase the sorting of PE plastic in the robot plant from 34% to 60%. This improved performance has been achieved by continuously adjusting and improving the system.

The project identified a number of problem areas that are not considered finally resolved.

Currently, approx. 60% of the potential for PE plastic is sorted at one pass. This is not due to a lack of capacity at the robots, but the test runs conducted indicate the following issues:

- Gripping; Many items have a shape that prevents them from being lifted from the line.
- Speed / accuracy / control; the robots have a defined cycle and there are subjects that pass without being grabbed.
- Pre-sorting; including challenges with topics placed too close on the line.

Further development of sorting technology, solving the above problem areas, could be an important element in the future waste-system. Focus on recycling and retaining the resources in both household waste and bulky waste is expected to be even greater in the future.

For the participating partners, the project has resulted in a dividend in the areas of visibility, employee development, expanded know-how and the value of having a reference facility that can be displayed.

2. Forord

Formålet med dette projekt har været, at udvikle et sorteringsanlæg, der med forbedrede tekniske koncepter og tilhørende automatiske teknologier identificerer, udsorterer og værdiforøger flest mulige af de genanvendelige materialer i såvel dagrenovation som i storskrald. Projektet har haft fokus på udsortering af plast - opdelt i polymerer – ved anvendelse af robotter til selve udtagningen af plast.

Projektet har forløbet over 26 måneder, i perioden fra 1. januar 2015 til marts 2017. I projektperioden er der udviklet, testet, tegnet og til sidst opsat og testet et nyt samlet sorteringsanlæg.

Projektet har delvist været finansieret af Miljøstyrelsens MUDP-pulje for 2014, og bevilget med hjemmel i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 456 af 25. april 2013 om tilskud til miljøeffektiv teknologi og delvist via midler fra Region Midtjyllands Energi og Cleantech program.

Projektet er gennemført i samarbejde med 3 små og mellemstore virksomheder (SMV'er), der har bidraget med viden og kompetencer om automatiske maskinløsninger: Robotsort Aps, Odense; Linatech A/S, Kjellerup og Nordtec-Optomatic, Ikast.

Følgende virksomheder har også bidraget til projektets gennemførelse:

- Gropa Aps, Frederikshavn i forbindelse med udvikling af gribeløsninger
- Skako Vibration A/S, Faaborg i forbindelse med udvikling af sigte, vibrationsrender og dose-ringsrende
- Skanroll A/S, Kjellerup i forhold til konceptudvikling og levering af transportsystemer
- Certex Danmark A/S, Vojens i forhold til levering af metalseparator.

Endelig har Cowi været sparringspartner igennem hele projektet.

3. Konklusion og sammenfatning

Målet med dette projekt har været, at udvikle et samlet nyt koncept for et sorteringsanlæg, der med forbedrede tekniske koncepter og tilhørende automatiske teknologier identificerer, udsorterer og værdiforøger flest mulige af de genanvendelige materialer i såvel dagrenovation som i storskrald. Samtidig har det været et krav, at udsorteringen af de genanvendelige materialer sker med mindst mulig manuel håndtering.

I denne rapport præsenteres det arbejde, og de ideer der ligger bag projektet "Forbedret teknologi for automatisk sortering af dagrenovation og storskrald" samt de resultater, der er opnået i projektet.

Projektet har taget udgangspunkt i et ældre automatisk sorteringsanlæg hos Nomi4s, som er opført i 2001, og bygget til at frasortere RDF-brændsel fra almindeligt forbrændingsegnet affald. Anlægget har i en årrække været benyttet til at sortere husstandsindsamlet emballageaffald i form af blandet hård plast og blandet småt metal. Projektet har derfor bygget på den knowhow, som allerede var opnået hos Nomi4s, samt de forskelligartede kompetencer de tilknyttede partnere har tilført.

Projektet som har forløbet over 26 måneder, har været inddelt i fire overordnede arbejdsplaner (WP), hvor:

WP1 havde fokus på kortlægningen, herunder affaldssammensætning og maskiner.

WP2 havde fokus på udvikling, herunder udvikling af udstyr og koncept.

WP3 havde fokus på installere, herunder opsætning og løbende tilpasninger.

WP4 havde fokus på test og demonstration, herunder at gennemføre test og vurdere performance.

Den samlede projektgruppe anser målene i det gennemførte projekt som opfyldte, og ser således projektet som en succes.

I projektperioden er der opført og idriftsat et samlet nyt koncept indeholdende en forsortering, hvor der blandt andet anvendes magneter og sigter til frasortering af jern og metaller, samt en robotsortering, hvor der anvendes NIR sensor og robotter til finsortering af plast.

Forsorteringen blev taget i brug i november 2016, og fungerede fra første dag efter hensigten. Robotsorteringslinjen – og dermed det samlede nye koncept – blev taget i brug i februar 2017.

I testperioden har der været fokus på udsortering af PE plast, og opmærksomheden har været rettet mod optimering af robotsorteringen.

Indenfor den relativt korte testperiode fra februar 2017 til maj 2017 er det lykkedes at øge udsorteringen af PE plast i robotanlægget fra 34 % til 60 % ved én gennemkørsel. Denne forbedrede performance er opnået ved løbende at justere og forbedre anlægget, blandt andet via en opdateret/ny sugekop, optimering af afkast funktion og en opdatering af robotens cyklus.

Der er igennem projektet anvist en række problemområder, som ikke vurderes endelig løst.

Aktuelt fjernes ca. 60 % af potentialet for bl.a. PE plast ved én gennemkørsel. Dette skyldes ikke mangel på kapacitet hos robotterne, men de gennemførte testkørsler peger på følgende problemstillinger:

- Gribning; mange emner har en form som gør, at de ikke løftes fra båndet, og plastfolie forstyrrer gribningen af hård plast.
- Hastighed/præcision/styring; da robotterne har en defineret cyklus, er der emner, som vi ikke når at gribe.
- Forsortering; herunder udfordringer med emner, der ligger for tæt.

Projektgruppen ønsker at arbejde videre med løsning af disse problemområder, og forventer ved en løsning, at kunne forbedre anlæggets performance

En videreudvikling af sorteringsteknologien, med løsning af ovenstående problemområder, vil kunne udgøre et vigtigt element i det fremtidige affaldssystem, hvor der i endnu højere grad vil være fokus på genanvendelse og på at udnytte værdierne og ressourcerne i affaldet.

For de deltagende parter har projektet resulteret i et udbytte indenfor områderne synlighed, medarbejderudvikling, udvidet knowhow og værdien i at have et reference anlæg, som kan fremvises.

4. Indledning

Regeringen lancerede i oktober 2013 ressourcestrategien ”Danmark uden affald”, som blandt andet har det vigtige mål, at ændre Danmark fra et ”forbrug og forbrænd-samfund” til et samfund, hvor der i langt højere grad genbruges og genanvendes. Målet er bl.a. at opnå en genanvendelsesgrad på mere end 50 % af husholdningsaffaldet frem mod 2022.

4.1 Baggrund

Nomi4s er et fælleskommunalt ressourceselskab, der ejes af Holstebro, Lemvig, Skive og Struer kommuner.

Nomi4s råder over et ældre sorteringsanlæg, der er bygget til at frasortere RDF-brændsel fra blandet affald. Anlægget har i de senere år været benyttet til at sortere indsamlet emballageaffald i form af blandet hård plast og blandet småt metal, som de enkelte husholdninger i en mere eller mindre kildesorteret form lægger i de dertil indrettede beholdere.

På sorteringsanlægget har man udsorteret emballagefraktionen i jern, aluminium og hård plast. Sorteringen er foregået via konventionelt grov-sorteringsudstyr i form af magnet (til magnetisk jern), eddy current separator (til især aluminium) samt en ballistisk separator (til hård plast). De udsorterede materialer er blevet afsat til genvindingsindustrien.

På anlægget har man ikke været i stand til at foretage finsortering af plastfraktionen i individuelle plastpolymerer.

Baggrunden for dette projekt har været ønsket om at udvikle et sorteringsanlæg, der med forbedrede tekniske koncepter og tilhørende automatiske teknologier identificerer, udsorterer og værdiforøger flest mulige af de genanvendelige materialer i såvel dagrenovation som i storskrald. Samtidig har det været ønsket, at udsorteringen af de genanvendelige materialer sker med mindst mulig manuel håndtering.

Indledningsvist var det forventet, at det eksisterende sorteringsanlæg skulle bibeholdes og ud- eller ombygges. Det viste sig dog hurtigt, at det ikke umiddelbart var muligt at koble de eksisterende teknologier – som nævnt ovenfor – med de nye avancerede teknologier, og man erkendte behovet for at udvikle et nyt samlet koncept.

Udviklingen af det nye samlede koncept resulterede i, at den ene halvdel af det eksisterende anlæg blev fjernet, herunder magnet og separator. Disse er dog efterfølgende blevet genanvendt og er indbygget i det nye sorteringsanlæg. Den del af det eksisterende anlæg, der ikke blev frakoblet, og som i dag indgår som en del af det nye koncept, indeholder blandt andet luftsigter, der adskiller lette og tunge materialer. På længere sigt vil disse fraktioner blive vurderet med henblik på også at udsortere på de tunge fraktioner, til eksempel glas.

4.2 Formål

For at kunne opnå øget genanvendelse og øget værdi af materialer fra husholdningsaffaldet må der udvikles et nyt samlet sorteringskoncept. Der skal kunne sorteres mere plast, karton, glas, metal og træ fra dagrenovation og storskrald.

Formålet med projektet har været, at udvikle et samlet teknisk koncept for et udbygget centralt sorteringsanlæg, hvor der anvendes robotter, der er i stand til at finsortere det mere eller mindre kildesorterede indsamlede husholdningsaffald og derved udtrække de genanvendelige materialer til videre oparbejdning fremfor forbrænding.

I tillæg til dette vil et centralt sorteringsanlæg også kunne håndtere og finsortere en stor del af det affald, der er afleveret på genbrugspladser og dermed forøge udtrækket af genanvendelige materialer den vej.

Ved at genanvende de enkelte materialefraktioner i stedet for at forbrænde disse opnås en miljøgevinst.

Konceptet skal som udgangspunkt baseres på minimal - gerne ingen - manuel sortering. Hertil skal benyttes bl.a. nye sensorbaserede identifikations- og sorteringsteknologier til især plast og karton sortering og til frasortering af urenheder.

Herved bliver der skabt mulighed for at håndtere og sortere på flere forskellige affaldsfraktioner og materialer og skabe en kvalitet af genanvendelige materialer, som markedet efterspørger. Det er samtidig ønsket, at projektet skaber grundlag for bedst muligt arbejdsmiljø blandt andet ved minimering af manuel sortering.

Erfaringer fra især udenlandske automatiske sorteringsanlæg viser, at der er tekniske og metodiske mangler, især på de nævnte indsatsområder for nærværende projekt.

I projektet er der samarbejdet med 3 SMV'er, der bidrager med viden og kompetencer om automatiske maskinløsninger: RobotSort Aps, Odense; Linatech A/S, Kjellerup og Nordtec-Optomatic, Ikast.

Disse virksomheder vil gennem projektet få tilført ny viden og kompetence om forretningsområdet, og på sigt forventes dette, at skabe eksport og arbejdspladser i alle 3 virksomheder.

Følgende virksomheder har også bidraget til projektets gennemførelse:

- Griba Aps, Frederikshavn i forbindelse med udvikling af gribeløsninger
- Skako Vibration A/S, Faaborg i forbindelse med udvikling af sigte, vibrationsrender og dose-ringsrende
- Skanroll A/S, Kjellerup i forhold til konceptudvikling og levering af transportsystemer
- Certex Danmark A/S, Vojens i forhold til levering af metalseparator.

Endelig har Cowi været sparringspartner igennem hele projektet.

5. Baggrund

5.1 Regeringens ressourcestrategi

I 2013 lancerede Regeringen ressourcestrategien – ”Danmark uden affald”. Målet er at øge genanvendelsen af husholdningsaffald indenfor 7 udpegede fokusfraktioner til 50 % på nationalt plan frem mod 2022.

Husholdningernes affald indeholder en lang række værdifulde materialer, der kan genanvendes. I dag ligger genanvendelsen af al husholdningsaffaldet på landsplan på omkring 44 % (2014-tal), og indenfor de 7 fokusfraktioner, som er omfattet af ressourcestrategien – pap, papir, plast, glas, metal, træ og madaffald – indsamles ca. 33 procent.

På længere sigt forventes det, at kravene til genanvendelse øges på baggrund af EU's Cirkulære Økonomipakke gældende fra 2025.

I Danmark har man igennem de sidste mange år kildesorteret papir fra husholdningsaffaldet og ordningen er gammel og velfungerende. For emballageaffald som f.eks. glas, plast og metal er der i de senere år også kommet hente- eller bringeordninger, og i langt de fleste kommuner foregår der i dag en kildesortering af husholdningsaffaldet. Der indsamles således separate fraktioner som papir, metal, plast, pap, grønt affald og restaffald i større eller mindre målestok.

I vores nabolande, hvor der er flere automatiske sorteringsanlæg for emballageaffald med brug af blandt andet avancerede NIR-sensorer, er der stadig manual udsortering af f.eks. plastfolier.

Mængden af plastaffald i danske husholdninger er stigende, og indenfor plastaffald findes der mange forskellige typer.

Sortering af blandet husholdningsplast i Danmark sker i dag overvejende ved manuel sortering – dette gør sig gældende ved flere af affaldssorteringsanlæggene. Enkelte har en vis form for automatisering, men ingen anlæg er 100 % automatiserede.

Størstedelen af plastaffaldet forbrændes fortsat, selvom mange danske kommuner har indført, eller vil indføre kildesortering af plast. En stor del af dette kildesorterede plast ender dog med at blive frasorteret som følge af ringe kvalitet og dårlige afsætningsmuligheder, og anvendes derfor i stedet som brændsel.

Forbrænding af affaldsplast på Danske og udenlandske anlæg giver anledning til store CO₂ emissioner - gevinsten ved at genanvende fremfor at forbrænde plast er opgjort til 1,8 kg CO₂/kg genanvendt plast.¹

5.2 Affaldsplan

I affaldsplan for 2015-2024 har ejerkommunerne for Nomi4s vedtaget følgende 5 fokusområder:

1. Øget genanvendelse af ressourcerne i affaldet
2. Bedre indsamling af elektronikaffald
3. Bedre indsamling af bygge- og anlægsaffald
4. Haveaffald, energi og ressource
5. Information og dialog med borgere og virksomheder

¹ www.avl.dk (Aage Vestergaard Larsen A/S)

I forhold til at øge genanvendelsen af ressourcerne i affaldet er det besluttet, at der specifikt skal ses på mulighederne for yderligere kildesortering af husholdningsaffaldet, dels i form af mulig indsamling af organisk affald og dels i form af forbedret indsamling af papir- og emballageaffald.

Affaldsplanen fastlægger endvidere, at mulighederne for optimeret sortering af "de tørre" genanvendelige fraktioner skal undersøges. Dette kan ske enten ved øget kildesortering, hvor der anvendes flere beholdere eller flere kamre, eller ved at etablere nye muligheder for central sortering.

5.3 Nuværende indsamlingsordning

I de 4 ejerkommuner Holstebro, Lemvig, Struer og Skive tilbydes der forskellige hente- og bringeordninger for husholdningsaffald. For den husstandsindsamlede del af dagrenovationen gælder, at hvor der i Holstebro, Skive og Struer er et volumenbaseret dagrenovationsgebyr, afregner man i Lemvig efter vægt.

Ud over beholder til restaffald har alle en-familieboliger i Holstebro, Lemvig og Struer en todelt beholder til opsamling af hhv. papiraffald og metal-/plastemballage. I Skive har alle husstande i en-familieboliger en beholder til restaffald og en beholder til papir, samt mulighed for at få indsamlet metal-/plastemballage via frivillig indsamlingsordning.

Yderligere sortering af for eksempel pap og haveaffald kan ske via storskraldsordning eller via aflevering på genbrugspladsen. Glas og flasker kan afleveres i centralt placerede kuber, blive afhentet via storskrald eller afleveres på genbrugspladsen.

Ved etageboliger er der generelt opstillet affaldsøer i nærheden af boligområdet. Borgere i etageboliger har mulighed for at aflevere op mod 10 separate fraktioner, heriblandt de genanvendelige fraktioner papir, pap, plast, glas og metal.

5.4 Eksisterende sorteringsanlæg

Nomi4s har som nævnt haft et ældre sorteringsanlæg. Anlægget blev bygget til at frasortere Forædlet Affalds Brændsel fra det forbrændingsegnede affald.

I de seneste år har anlægget været benyttet til at finsortere det kildesorterede husstandsindsamlede emballageaffald i form af blandet hård plast og blandet småt metal.

I det eksisterende sorteringsanlæg blev affaldet i første omgang opdelt i to fraktioner på en bægersigte: en fraktion under 400 mm og en fraktion over 400 mm.

Den store fraktion over 400 mm førtes via et transportbånd forbi en overbåndsmagnet, der fjerner magnetiske metaller. Det affald, der derefter var tilbage på båndet, blev ført videre frem til en komprimator, der pressede det brændbare affald i pressecontainere.

Den lille fraktion under 400 mm førtes på et transportbånd forbi en overbåndsmagnet der fjerner magnetiske metaller frem til en svingsigte, hvor affaldet blev opdelt i følgende fem fraktioner:

- 0-10 mm
- 10-25 mm
- 25-40 mm
- 40-80 mm
- 80-400 mm

De tre mindste fraktioner blev ført til et specielt luftsigtssystem, der kan opdele affaldet i yderligere tre fraktioner. En inert fraktion (f.eks. bygningsaffald), en let brændbar fraktion og en luftbåren brændbar fraktion. Inert affald gik til genanvendelse, det brændbare blev ført til komprimatoren, mens den luftbårne brændbare blev fjernet via en cyklon, og sendt til forbrænding.

De to største fraktioner blev herefter sorteret på to skråsigter, der adskiller tunge rullende materialer fra lettere flade og brændbare materialer. Det brændbare materiale blev ført til kompressor - aluminium blev frasorteret ved en Eddy Current separator, mens det tunge affald (inert affald) blev sendt til genanvendelse.



Foto 5.1 Udsnit af eksisterende sorteringsanlæg

Da anlægget alene har været indrettet med konventionelt grovsorteringsudstyr, har det ikke været muligt, at finsortere affaldsfraktionerne i f.eks. forskellige plastpolymerer, og da anlægget hverken var indrettet med det nødvendige neddelingsudstyr eller teknisk indretning i øvrigt, har det heller ikke været muligt at foretage yderligere sortering på de genanvendelige materialer.

Som tidligere nævnt var det forventet, at det eksisterende sorteringsanlæg skulle bibeholdes og ud- eller ombygges, men at det hurtigt viste sig ikke at være muligt. En del af det eksisterende sorteringsanlæg indgår i dag i det nye koncept, herunder luftsigterne der adskiller lette og tunge materialer. For den del, der måtte frakobles, har fokus været på at genanvende så stor en del som muligt – herunder magnet og separator som således er indbygget i det nye koncept.

6. Affaldskilder

I projektet blev der fra start arbejdet med affald fordelt i 2 spor:

Det ene spor er dagrenovation, der kommer fra private, hvor den tørre del indeholder mange genanvendelige materialer.

Som tidligere nævnt bliver der i Nomi4s området indsamlet affald fra enfamilie-husholdningerne i 2 beholdere – en til restaffald og en til genanvendelige emballager og/eller papir.

Ved etageboliger er der generelt opstillet affaldsøer i nærheden af boligområdet, hvor der er mulighed for at aflevere op mod 10 forskellige fraktioner.

Det andet spor er den del, som kommer fra storskrald (forbrændingsegnet), er indsamlet på genbrugspladser og fra de nuværende Nomi4s modtageanlæg.

6.1 Dagrenovation

Til dokumentation for affaldsmængden og –sammensætningen i dagrenovation fra husholdningerne gennemførte Nomi4s i 2015 en Econet undersøgelse. Undersøgelsen blev foretaget indenfor de 4 ejerkommuner i Nomi4s regi, og omfattede beholderen med restaffald fra omkring 1200 boliger af forskellige type. Såvel enfamilie-boliger (land og by), flerfamilie-boliger samt sommerhuse var med i undersøgelsen. Econet-undersøgelsen fra 2015 kan findes i sin fulde længde på Nomi4s hjemmeside <http://nomi4s.dk> under menupunktet "Information" - "Publikationer" – "Affaldsanalyser".

Der blev ved undersøgelsen sorteret i alt 12.300 kg affald fordelt på 27 fraktioner, herunder rent papir*, rent pap og karton*, plastfolie, plastemballage*, anden plast, glasemballage*, metal og metalemballage*. De fraktioner, der er *-markeret blev efterfølgende finsorteret således sammensætning og kvalitet af disse kunne beskrives.

Kigger man på sammensætningen af restaffald fra dagrenovation fra f.eks. enfamilieboliger i byområder fås et overblik over potentialet for yderligere indsamling af genanvendelige materialer.

Tabel 3.1 Mængde og sammensætning af restaffald fra dagrenovation fra enfamilieboliger, byområder. Kg/husstand/uge. Econet 2015 – Holstebro, Lemvig, Skive og Struer

Dagrenovation Fraktion	Holstebro	Lemvig	Skive	Struer
Madaffald	4,058	2,420	3,735	3,046
Køkkenrullepapir	0,269	0,288	0,371	0,416
Pizzabakker	0,049	0,024	0,031	0,025
Nedfaldsfrugter	0,00	0,00	0,00	0,00
Haveaffald	0,503	0,139	0,475	0,335
Dyremøg	0,00	0,013	0,021	0,001
Hundelorte	0,028	0,028	0,040	0,085
Døde dyr	0,014	0,00	0,002	0,00
Kattegrus	0,051	0,047	0,045	0,057
Rent papir	0,441	0,170	0,209	0,221
Rent pap og karton	0,552	0,222	0,314	0,317
Plastfolie	0,514	0,405	0,476	0,552
Plastemballage	0,379	0,246	0,335	0,307
Andet plast	0,066	0,034	0,036	0,041
Glasemballage	0,299	0,085	0,147	0,116
Metal	0,067	0,040	0,052	0,064
Metalemballage	0,091	0,062	0,090	0,070
Tekstiler	0,225	0,057	0,111	0,176
Blandingsemballage	0,385	0,294	0,376	0,348
Bleer	0,358	0,164	0,545	0,425
Andet dagrenovation	0,441	0,291	0,368	0,342
Andet brændbart	0,203	0,091	0,053	0,099
Ej brændbart	0,232	0,056	0,067	0,074
Farligt affald	0,012	0,008	0,009	0,012
Væsker	0,003	0,004	0,005	0,00
Trykimprægneret træ	0,006	0,00	0,00	0,001
Batterier og WEE	0,097	0,020	0,016	0,034
I alt	9,346	5,209	7,930	7,164

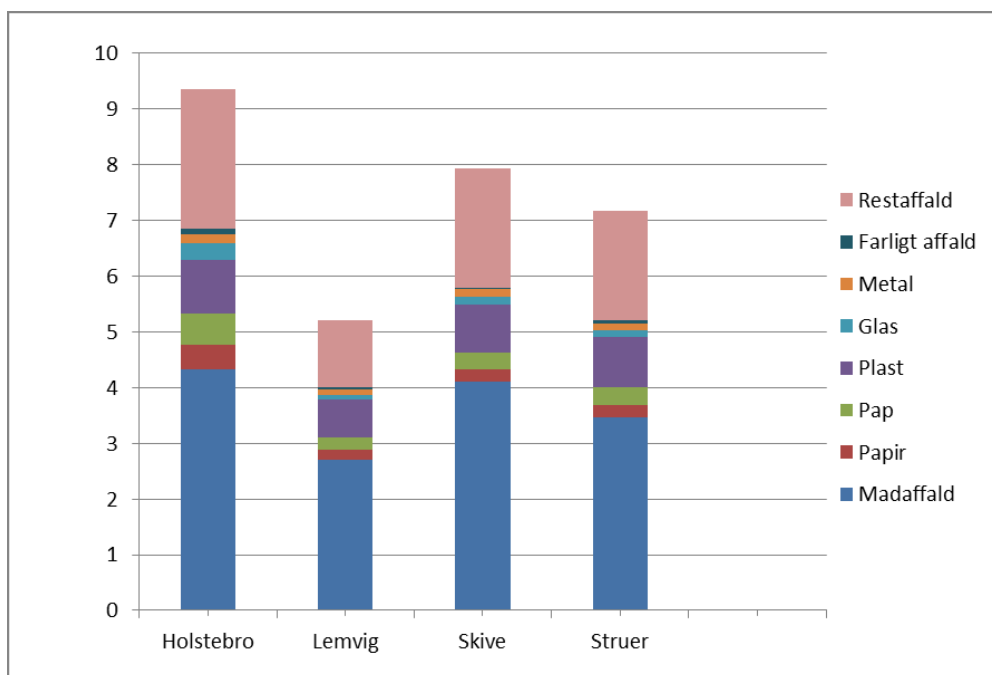
De fundne mængder af plastrelateret og metalrelateret affald i restaffaldet fra dagrenovationen ligger lige over 1 kg/ enfamiliebolig/uge samlet set. Det samme billede tegner sig for restaffaldet fra de øvrige boligtyper – enfamilieboliger på landet, flerfamilieboliger og sommerhuse.

Dette betyder, at der vurderes, at være et potentiale for at udsortere yderligere godt 10 % plast og knap 2 % metal fra restaffaldet til genanvendelse pr. enfamiliebolig pr. uge.

Med en årlig restaffaldsmængde på ca. 35.000 tons medfører dette en potentiel merindsamling til genanvendelse på ca. 3.500 tons plast og 700 ton metal, som allerede indsamles til genanvendelse.

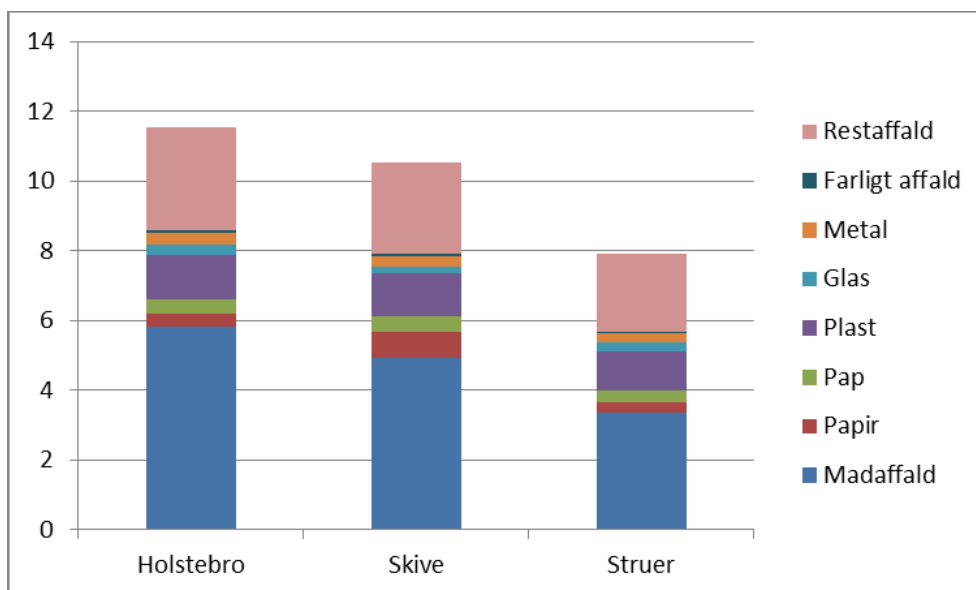
De følgende figurer 3.2-3.4 viser mængden og sammensætningen af restaffaldet fra dagrenovation indsamlet fra forskellige områder i de fire kommuner.

De i undersøgelsen udsorterede 27 fraktioner er her samlet til 8 hovedfraktioner; *madaffald, papir, pap, plast, glas, metal, farligt affald og restaffald*.



Figur 3.2 Mængde og fordeling af restaffaldet fra dagrenovation fra enfamilieboliger i fire områder med bymæssig bebyggelse. Kg pr. husstand pr. uge.

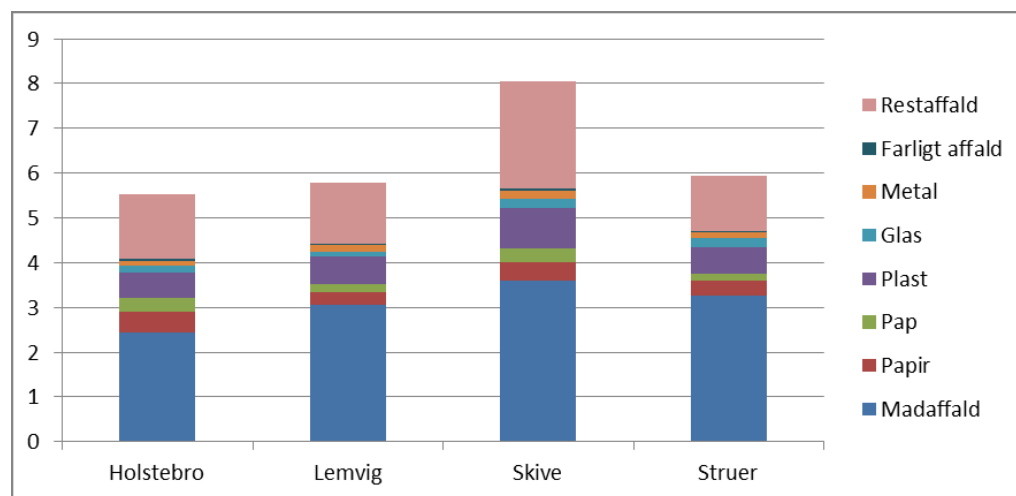
Figur 3.2 viser mængden og sammensætningen af restaffaldet fra dagrenovation fra enfamilieboliger i områder med bymæssig bebyggelse. Foruden en stor mængde madaffald ses at fraktionen plast udgør en relativt stor del.



Figur 3.3 Mængde og fordeling af restaffaldet fra dagrenovation fra enfamilieboliger i tre områder med landdistrikter. Kg pr. husstand pr. uge.

Figur 3.3 viser mængden og sammensætningen af restaffaldet fra dagrenovation fra landdistrikter i tre områder – ét område i hver af kommunerne Holstebro, Skive og Struer. Landområder i Lemvig indgik ikke i denne undersøgelse. Også her tegnes billedet af en betydelig plastfraktion.

Det samme billede ses ved opgørelse af mængden og sammensætningen af restaffaldet fra dagrenovation fra etageboliger i de 4 kommuner – affald indsamlet fra ét område i hver af de fire kommuner.



Figur 3.4 Mængde og fordeling af restaffaldet fra dagrenovation fra etageboliger i fire områder. Kg pr. husstand pr. uge.

Opgørelsen i de foregående 3 figurer illustrerer, hvor der er potentiale for yderligere sortering.

Ser man bort fra madaffald, hvor indsamling og nyttiggørelse er et kapitel for sig selv, ses at der ligger et potentiale for indsamling af plastaffald i restaffaldet fra husholdningerne. Det er altså muligt, ved yderligere kildesortering, at indsamle mere plastaffald til udsortering.

Man kan også se, at der for såvel pap, papir, glas og metal ligger et potentiale. På baggrund af dette og for at skærpe borgernes opmærksomhed på mulighederne indenfor kildesortering, fik Nomi4s i 2016 udarbejdet og udsendt nye affaldsguider til borgerne i de 4 ejerkommuner. Dette initiativ vil der løbende blive fulgt op på.

Affaldsguiderne kan findes på Nomi4s hjemmeside <http://nomi4s.dk/> under menupunktet "Information" "Publikationer", hvor der ligger 2 link til Affaldsguiderne.

Sideløbende med denne Econet undersøgelse, der omfattede beholderen til restaffald, har Nomi4s kortlagt indholdet i beholderne til kildesortering af emballageaffald ved borgeren. Emballageaffald omfatter hård emballageplast og småt metal.

Undersøgelsen viste følgende fordeling:

Forbrænding	25,5 %
Alu dåser	23,4 %
Jern	27,7 %
Plast	23,4 %

Som det ses, indeholder den kildesorterede emballagefraktion lige omkring 25 % plast.

En samlet opgørelse over potentialemængder i forhold til plast fra hhv. restaffaldet og emballageaffaldet ses i tabel 3.5.

Tabel 3.5 Potentialemængder plastaffald – fra dagrenovation

	Restaffald	Emballagebeholder
Samlet mængde	35.000 tons	640 tons
Opgjort %	10 %	25 %
Potentiale	3.500 tons	160 tons

6.2 Storskrald, genbrugspladser og modtageanlæg

Det andet spor der blev undersøgt er den del, som kommer fra storskrald (forbrændingseget), er indsamlet på genbrugspladser og fra de nuværende Nomi4s modtageanlæg.

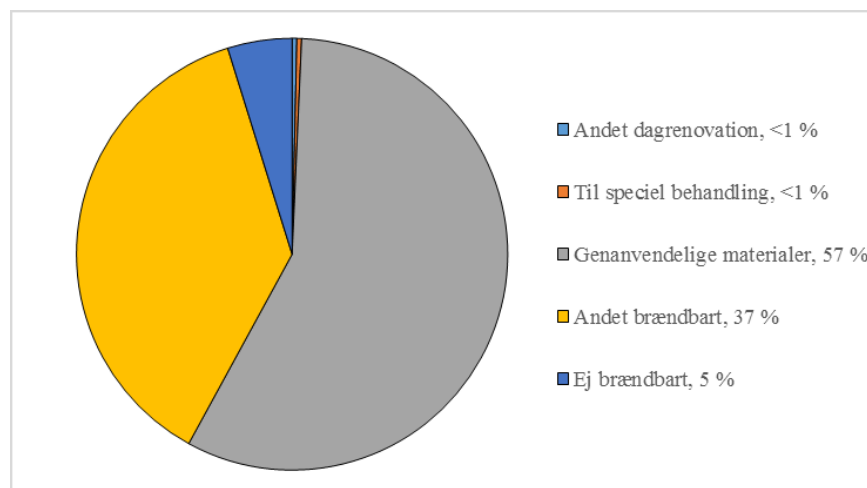
I 2015 gennemførte Nomi4s således en Econet undersøgelse af forbrændingseget affald efter forsortering og forud for forbrænding, for at belyse mængde og sammensætning af forsorteret affald fra sorteringsanlæggene. Econet-undersøgelsen fra 2015 kan findes i sin fulde længde på Nomi4s hjemmeside <http://nomi4s.dk/> under menupunktet "Information" "Publikationer" "Affaldsanalyse".

Undersøgelsen omfattede i alt to læs affald fra hhv. Affaldscenter Kåstrup og Affaldsterminal Måbjerg.

Der blev ved undersøgelsen sorteret i alt 9.255 kg affald fordelt på 34 fraktioner, herunder rent papir, rent pap og karton, plastfolie, plastemballage, anden plast, glasemballage, metal og metalemballage.

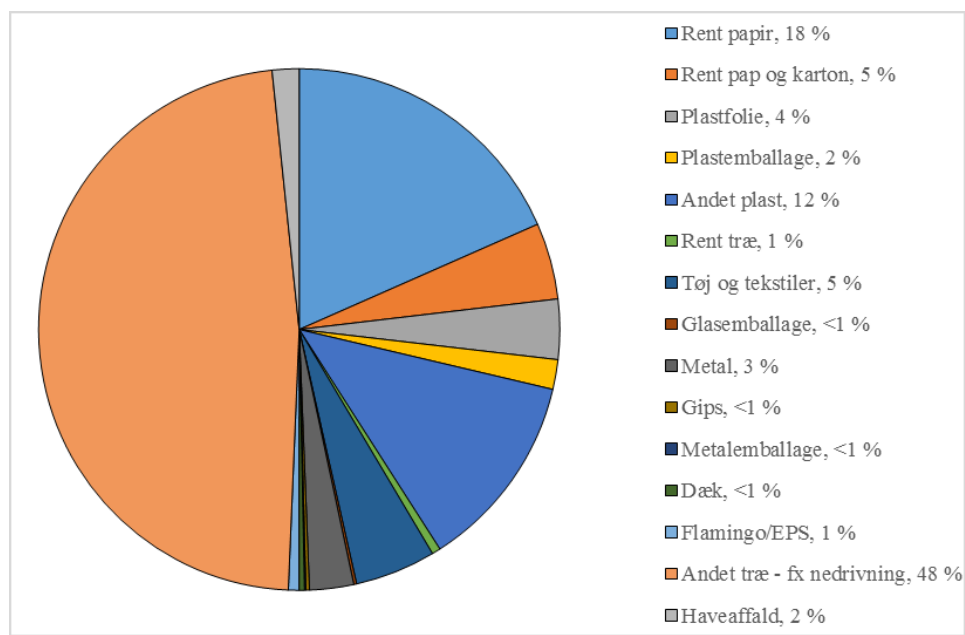
Den største enkeltfraktion under de "genanvendelige materialer" udgøres af "*andet træ-fx fra nedrivning*", men der er også fundet en del plast under fraktionen "*anden plast*". Her er der typisk tale om større genstande af hård plast. Samlet udgør plast godt 9 % af det forbrændingsegnete affald.

Den samlede fordeling af forbrændingseget affald fra sorteringsanlæggene er illustreret i figur 3.6.



Figur 6.6 Sammensætning af brændbart affald fra Holstebro og Kåstrup. Angivet i %

De genanvendelige materialer udgør ifølge undersøgelsen 57 % af det forbrændingsegnete affald. Ved udsortering i enkeltfraktioner ses fordelingen af de genanvendelige materialer - dette er illustreret i figur 3.7.



Figur 6.7 Fordelingen af genanvendelige materialer

Ca. halvdelen (48 %) af de genanvendelige materialer består af *”andet træ, fx fra nedrivning”*, og 18 % består af *”rent papir”*.

De tre forskellige plastfraktioner udgør tilsammen 18 % når man alene vurderer den genanvendelige del af det forbrændingsegnete affald.

Det skal her, i forhold til opgørelsen bemærkes, at der på modtageanlæggene for erhvervsaffald til enhver tid vil være tale om et øjebliksbillede.

Tabel 3.8 Potentialemængder – plastaffald fra storskrald, genbrugspladser og modtageanlæg

	Genbrugspladser og storskrald	Erhverv
Samlet mængde	2.500 t småt brændbart	12.000 tons brændbart
Opgjort %	Ca. 20 %	<10 %
Potentiale	Ca. 500 tons	< 1.200 tons

7. Vurdering af fraktioner

Ved opstart af projektet blev der identificeret 4 potentielle fraktioner til nærmere vurdering.

1. Madrasser
2. Kvalitet A2 træ
3. Vinduer
4. Plast

De enkelte fraktioner er blevet vurderet i forhold til afsætning, potentiel mængde, samt eventuelle udfordringer man kan støde på i forbindelse med udsortering eller afsætning af fraktionen.

De tilgængelige mængder er opgjort i 2015-tal.

7.1 Madrasser

Madrasser til opsprætning anslås i Nomi4s området at udgøre omkring 200 ton/år, hvoraf der estimeres at være ca. 50 ton metalfjedre.



Foto 7.1 Madrasser til opsprætning

Udfordringerne i forhold til madrasser ligger blandt andet i opdelingen/udsorteringen i rent metal og brændbart, samt vanskelighederne omkring håndtering. Umiddelbart vurderes mængden, at være for lille i forhold til at opbygge et opsprætter-anlæg for madrasser.

7.2 Kvalitet A2 træ

Træaffald i Danmark opdeles i typerne A1, A2, A3 og A4. A2-træ modtages på de danske genbrugsstationer. A2-træ indeholder maling, lak, lim, søm, skruer mm. Det er hverken helt rent eller helt giftigt. Det vurderes, at der er en relativt stor mængde tilgængelig. I Nomi4s-området anslås ca. 10.000 ton/år.

Indledningsvis blev det vurderet, at der var potentiale i sortering af træ blandt andet på grund af de relativt store mængder, der vurderes at være tilgængelig. Denne vurdering blev gennem projektforløbet ændret, blandt andet på baggrund af analyse og vurdering af afsætningsmulighederne for A2-træ.

Der er flere udfordringer for udsortering af træ, og afsætningsmulighederne er begrænsede.

Der findes ingen deciderede lov- eller myndighedskrav i forhold til anvendelse af A2 træ til f.eks. dyrestrøelse. I stedet er man som producent underlagt producentansvarsloven, hvilket medfører erstatningsansvar og risikoen vurderes for høj.

Genanvendelse af A2 træ til WPC (Wood Plastic Composite), hvor der må anvendes op til 60 % genbrugstræ og 30% genbrugsplast, er tidligere forsøgt af Aage Vestergaard Larsen A/S. Projektet blev opgivet, da der var for mange urenheder i A2 træ til denne anvendelse. De der laver WPC bruger A1 træ i dag.



Foto 7.2 Træaffald

Genanvendelse af A2 træ til bioformål vurderes mulig, dog ikke realistisk indenfor de nærmeste år. Der er ikke forsket i anvendelsen af affaldstræ til hverken biogas eller biofuel og mulighederne er derfor aktuelt ikke kendte. Der er en del, der skal afklares forinden, herunder biologiske og kemiske processer; tilladelig mængde af urenheder i råmateriale; energibehov i proces; (energi)værdi i slutprodukt og etablerings- og driftsomkostninger.

Det besluttet derfor, efter en samlet vurdering, at der ikke i herværende projekt arbejdes videre med fraktionen træ. Der er dog mulighed for, på et senere tidspunkt, at udbygge sorteringsanlægget til også at omfatte træfraktionen.

7.3 Vinduer

Indenfor Nomi4s området vurderes mængden af vinduer til adskillelse at udgøre ca. 1000 ton/år. Den adskilte fraktion vurderes at bestå af ca. 250 tons træ, ca. 50 tons PVC/metal og ca. 700 ton glas.



Foto 4.3 Vinduer til adskillelse

Transport forud for udsortering af vinduer er relativt dyrt og dertil kommer en del håndtering. Et mobilt anlæg har været under overvejelse, men er dog forkastet på grund af den relativt lille mængde, samt det faktum, at der findes gode alternativer til oparbejdning af glas.

7.4 Plast – fra husholdningsaffald og genbrugspladser

De præcise mængder kendes ikke, men med udgangspunkt i den gennemførte undersøgelse af dagrenovationens sammensætning i Nomi4s-kommunerne, undersøgelsen af affald fra genbrugspladsernes "småt brændbart" på sorteringsanlæggene, samt allerede kendte mængder af indsamlet emballageplast kan følgende konkluderes:

- Plast som én fraktion i dagrenovationen(husholdningsaffaldet) udgør i alt ca. 10 %
- "Genanvendelsesbeholderen" med hård plast og metal indeholder ca. 25 % plast
- Plast som en fraktion fra genbrugspladsernes "småt brændbart" udgør knap 20 %



Foto 4.4 Emballageaffald indsamlet via beholder til småt metal/hård plast

Samlet afleveres omkring 640 tons emballageaffald/år via genbrugsbeholder og på genbrugsplads

Vurderingen er dermed, at der er store mængder tilgængelig plast i hhv. husholdningsaffald og fra den brændbare fraktion på genbrugspladserne, men at der ikke kan tegnes et entydigt billede af omkostnings- eller afsætningsøkonomi.



Foto 4.5 Hård plast indsamlet via genbrugspladsen

Mængderne findes – men der findes i dag ingen anlæg i Danmark, hvor finsortering af det kildesorterede affald kan foretages uden en høj grad af manuel sortering.

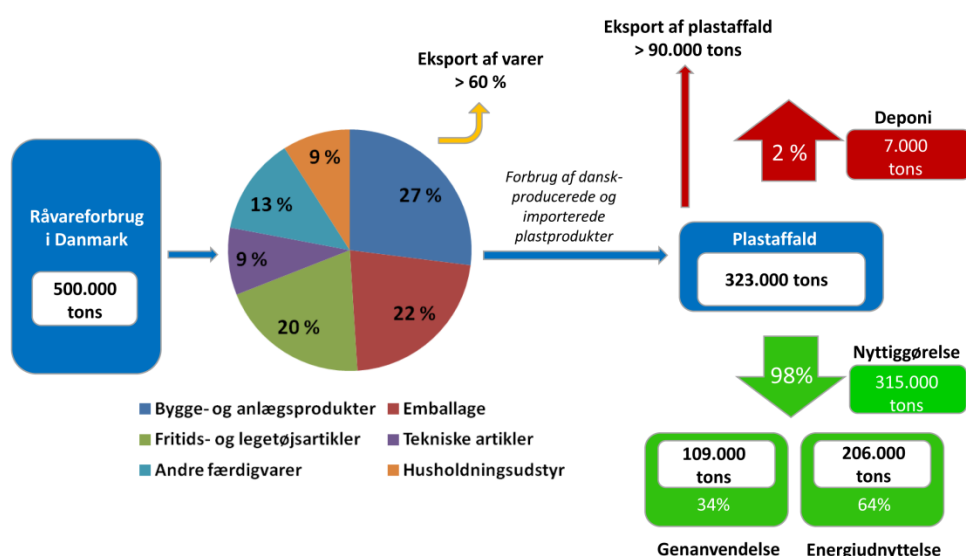
8. Fraktionen plast

Med baggrund i overvejelserne omkring fraktioner besluttes det i foråret 2015 at arbejde videre med udvikling af et robotsorteringsanlæg, der kan finsortere ren plast i et nærmere defineret antal plastpolymerer.

Det må konstateres, at der i Danmark fortsat forbrændes en stor mængde plast, både i form af beskidte emballager og som skjult affald i dagrenovationen. Denne antagelse understøttes af de affaldsanalyser, Nomi4s har foretaget både for dagrenovationen og for sorteringsanlæggene indenfor eget geografisk område.

Som det er illustreret i Figur 5.1 "Plastens veje i Danmark", bliver størstedelen af plastaffaldet stadig brændt/energiudnyttet og det selvom mange kommuner har indført eller vil indføre kilde-sortering af plast. Kvaliteten af det kildesorterede plast er desværre ofte for ringe og afsætningsmulighederne dermed få. Dette bevirker, at en stor del af det kildesorterede plast frasorteres og i stedet brændes.

Figur 5.1 Plastens veje i Danmark



Kilde Plastindustrien, Brancheforening for danske plastvirksomheder

Der findes mange forskellige typer af plast, men generelt kan det opdeles i følgende

- Folier (2D plast)
- Hård plast (3D plast)
- PVC

8.1 Folier

Langt de fleste folier – som også kaldes blød plast eller 2D plast – er fremstillet af plasttypen polyethylen, som er mærket PELD eller LDPE. Der er ikke tilsat blødgørere. Folier/blød plast anvendes for eksempel til strækfolier, krympefolier, plastposer, belægning på karton, boblefilm og folier til emballering af varer. Folier kan være transparente eller farvede.

8.2 Hård plast

Hård plast kaldes også i visse sammenhænge 3D plast. I denne fraktion er der flere typer af, f.eks. polyethylen - HDPE, polypropylen - PP, polyethylen-terephthalat - PET og PVC.

Anvendelsesområder og mærkning er for overskuelighedens skyld anført i Tabel 5.2.

Information om de forskellige plasttyper er fundet ved "Brancheforeningen af danske plastvirksomheder".

Tabel 5.2 Plasttyper indenfor fraktionen "Hård plast", med angivelse af anvendelsesområder og mærkning

Plasttype	Polyethylen	Polypropylen	Polypropylen-terephthalat	PVC Polyvinylchlorid
Mærkning	PEHD, HDPE	PP-plast	PET, 1PET	PVC
Anvendelse	Samme "grundplast" som anvendes til blandt andet folier. I formstabil udgave anvendes den for eksempel til spande, bøtter, tønder, palletanke, emballage, vand- og afløbsrør, flasker og legetøj.	Anvendes for eksempel til emballage til fersk kød og færdigretter til mikroovnen, tæpper, måtter og møbler, tovværk, beklædning og sportsundertøj, plastikposer, filtre, pipetter, rør, inhalatorer (medico), instrumentpaneler, kofangere og andre komponenter til biler	PET (ofte kaldet polyester) er en af de mest anvendte typer af plast i europæisk emballageindustri – typisk anvendt til drikkeflasker. Genanvendt PET kan anvendes til mange ting herunder f.eks. fleece, soveposefyld, bildele	2 typer; hård (2/3) og blød (1/3). Blød PVC indeholder ftalater. Anvendes for eksempel til nedløbsrør, vinduesrammer, kabelbakker, tagrender – og kabelisolering, vinylgulve, presenninger, medicinsk udstyr og bolde,

Som en sidste type indenfor hård plast bør nævnes polystyren - PS, som er en plastgruppe med 3 primære typer; GPPS - glasklar polystyren, anvendes for eksempel til engangskopper og emballage, HIPS - slagfast polystyren, som især anvendes til kabinetter til køle/fryseskabe, TV/computer kabinetter o.a. og EPS - ekspanderet polystyren – også kaldet flamingo, som primært anvendes til isolering og emballering.

8.3 PVC

PVC fremgår også af tabel 4.1. PVC udsorteres særskilt. PVC findes i en hård og en blød type – den hårde PVC udgør 2/3 af den totale PVC mængde.

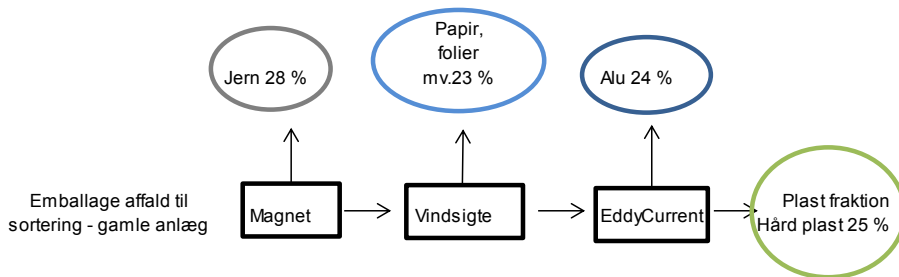
Hård PVC anvendes for eksempel til nedløbsrør, vinduesrammer, kabelbakker og tagrender og den bløde PVC anvendes i høj grad til medicinsk udstyr, slanger og poser, samt vinylgulve og bolde.

8.4 Opgørelse af den potentielle mængde

I Nomi4s området kildesorteres den hårde plast allerede ude ved forbrugeren/borgeren.

Ved den enkelte husstand står således en beholder til genbrugsemballage i hård plast og småt metal, som f.eks. plastflasker og – bøtter, samt metaldåser.

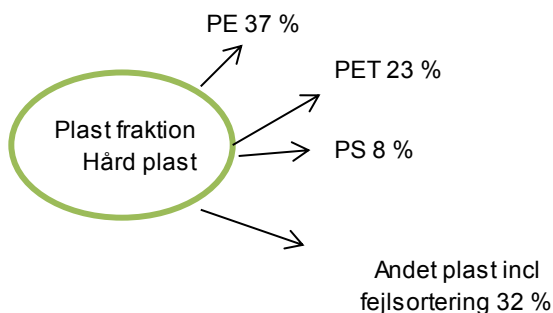
I figur 5.3 er sorteringen på det gamle anlæg illustreret ved en principskitse. En kortlægning af indholdet i emballagebeholderen fra 2015 viste, at beholderen indeholdt cirka 25 % hård plast. Med de nuværende indsamlede mængder svarer dette til, at hver husstand udsorterer omkring 2,4 kg hård plast pr. år. Indholdet af de øvrige fraktioner er angivet i figur 5.3



Figur 8.3 Principskitse - "gamle" sorteringsanlæg

Efterfølgende er der lavet test med den hårde plastfraktion på et tysk sorteringsanlæg, hvor der er foretaget sortering i polymererne PE, PET, PS. Restmængden indeholdt andet plast og fejl-sortering. I andet plast indgår PP plast, der ikke kunne udsorteres på det tyske sorteringsanlæg.

Indholdet i fraktionen fordelte sig med 37 % PE, 23 % PET, 8 % PS og 32 % på andet plast og fejlsorteringer.



Figur 8.4 Polymerfordeling i fraktionen hård plast ved sorteringsforsøg

På genbrugspladserne er der mulighed for at sortere den hårde plast, så f.eks. plasthavemøbler udsorteres. Erfaringen viser desuden, at der kan findes en potentiel mængde hård plast i fraktionen "småt brændbart" på genbrugspladsen.

Som tidligere beskrevet indikerede en Econet undersøgelse af restaffaldet (=dagrenovation – indholdet i genanvendelsesbeholderen (kap.3.1)) fra de "private husholdninger", at der kan findes en potentiel plastmængde på yderligere ca. 10 % her.

En lignende opgørelse er estimeret for henholdsvis "genbrugspladser" (kap.3.2)) og "erhverv", hvorved den potentielle bruttomængde for plast i Nomi4s området er opgjort.

Tabel 5.5 Samlet opgørelse over potentielle bruttomængder af plast.

Bruttomængde dagrenovation	Bruttomængde "genbrugsbeholder"	Bruttomængde genbrugspladser	Bruttomængde erhverv
Ca 10 % er plast jf. opgørelse	Ca. 25 % plast i emballageaffaldet	Ca. 20 % plast	< 10 % plast
I alt 35.000 tons dagrenovation	Ca. 640 t/år	I alt 2.500 tons småt brændbart	12.000 tons brændbart
3.500 tons	160 tons	500 tons	< 1.200 tons

Det skal bemærkes, at den plast der potentielt kan hentes i dagrenovationen, hvis der iværksættes yderligere kildesortering – i alt 3.500 tons – forventes at skulle vaskes, hvor i mod plast fra "genbrugsbeholderen" som det er i dag, genbrugspladser samt erhverv kan betegnes "ren".

På baggrund af opgørelsen i Tabel 5.5 skønnes den totale mængde af plast fra de 4 ejerkommuner i Nomi regi at være ca. 5.000 tons pr. år (inklusive plast fra erhverv).

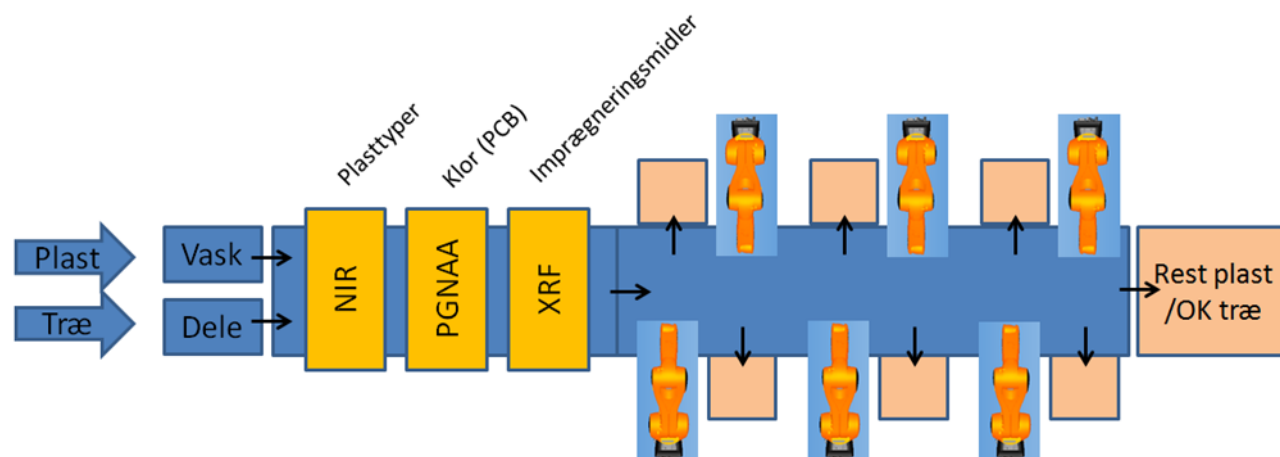
Plast indsamlet via genbrugspladserne og fra erhverv er typisk indenfor fraktionerne PE og PP og på baggrund af %-fordelingen for plast fra genbrugsbeholderen skønnes bruttomængden fra beholderen, at være fordelt med ca. 37 ton PET plast, ca. 59 tons PE plast og ca. 13 tons PS plast.

9. Koncept-studier

9.1 Processen

Ved projektstart var ønsket at udsortere flere fraktioner med det samme grundudstyr.

Det var dermed ønsket, at undersøge mulighederne for at anvende detekteringsudstyr til afklaring af indhold af såvel klor og imprægneringsmidler (som arsen, krom, cadmium, kobber og bly) og om efterfølgende sortering kunne ske med en række robotter. Følgende oplæg til opstilling blev indledningsvist udarbejdet.



Figur 9.1 Skitse indledende opstilling

Som det ses omhandler denne indledende skitse alene robotlinjen, idet det var en forventning, at eksisterende forsortering var brugbar.

Anlæggets design er blevet udviklet hen ad vejen efterhånden som de forskellige delelementer er blevet kortlagt, vurderet og eventuelt videre-udviklet – herunder valg af forsortering, sigter, render, magneter, robotter, gribeværktøjer og sensortechnologi.

Der er således løbende i projektperioden foretaget analyser og vurderinger i forhold til sorteringsanlæggets opbygning og de test, der er udført, har medført ændringer i forhold til oprindelig ideoplæg.

Forsorterings-anlægget og ombygningen af anlægget beskrives nærmere i kapitel 8.

I herværende afsnit gøres rede for baggrunden for valg af henholdsvis sensortechnologi, robotteknologi og gribeteknologi.

9.2 Sensortechnologi

Valget er faldet på en NIR sensor (near infrared). Teknologien er kendt og gennemprøvet og man ved, at den kan løse opgaven ift. at genkende forskellige plastpolymerer. Den valgte model var mulig at indkøbe som separat sensor, i stedet for som et indbygget element i et færdigt koncept med både sensor og udsortering.

En NIR sensor udfører en kontinuer hyperspektral analyse af de emner, der passerer forbi den, og derved detekteres materialetypen (for eksempel plastpolymeren).



NIR sensor med 2 gange 8 lysgivere, 32 poler/31 mm

Alle data fra NIR sensoren sendes til anlæggets overordnede styring og fordeles herfra til hver enkelt robot.

Foto 9.2 NIR sensor

9.3 Robotter

I forhold til robotteknologi, har valget stået mellem 3 forskellige robotfabrikater, med hver deres styrker og svagheder.

- KUKA Agilus
- ABB Flexpicker
- Festo XYZ portalloader

I forbindelse med valget er der blevet vurderet på hastighed, rækkevidde, mekanisk opbygning samt pris.

Kravet ift. hastighed hænger sammen med ønsket om en høj kapacitet for anlægget. Kravet ift. workrange (rækkevidde) har været bestemt til minimum 1600 mm og samtidig har ønsket været et payload (vægt) på minimum 4 kg.

På baggrund af disse overvejelser er der efterfølgende indhentet tilbud for følgende robottyper.

Tabel 6.3 Nøgleoplysninger for vurderede robotter

Fabrikat	Model	Payload	WR	Speed(cyc)
ABB	IRB 360/6-1600	6 kg	1600 mm	139/min
KUKA	KR6 R900 Sixx	6 kg	1800 mm	150/min
KUKA	KR10 R900 Sixx	10 kg	1800 mm	131/min
KUKA	KR10 R1100 Sixx	10 kg	2200 mm	143/min
KUKA	KR6 R900 Fivve	6 kg	1800 mm	155/min
KUKA	KR10 R1100 Fivve	10 kg	2200 mm	147/min
Festo	XYZ-portal	6 kg	1800 mm	?

Valget er faldet på KUKA KR6 R900 Fivve med 5 akser og ceiling (loft-ophængt), idet denne bedst opfylder kriterierne.

9.4 Gribeteknologi

I forhold til gribeteknik kunne der vælges mellem følgende typer:

- Vakuumsugekop
- Magneter
- Parallelgribere (mekanisk griber)
- Intelligent hånd
- Mulighed for en kombination af en eller flere elementer.

Den helt store udfordring har været det faktum, at affald, herunder også plastaffald, er en inhomogen masse. Det vil sige, at der ikke er tale om et veldefineret objekt der skal gribes – objektet kan have alle udformninger, herunder både fladt, rundt, aflangt, firkantet, skarpt, spidst og forvredet

Ret tidligt i projektet blev der derfor taget beslutning om, at man måtte søge en gribeteknologi, der både kan suge og holde vakuum for således at imødekomme denne udfordring.

10. Testanlæg

10.1 Indkøb og opsætning af testanlæg

Med disse grundlæggende elementer på plads – sensorteknologi, robot og gribeteknologi – blev der gennemført en forsøgsopstilling ved Nordtec-Optomatic.

Forsøgsopstillingen blev udført med et brugt bånd, en nyindkøbt NIR sensor, indledningsvis en for hånden værende ABB Flexpicker robot, efterfulgt af en Kuka Robot, samt styring, stativer mm.

I forsøgsopstillingen har det været muligt at teste de valg, der blev truffet i forhold til robot-, griber- og sensorteknologi, herunder gennemgå og justere software i robotten samt teste NIR-sensoren.

10.2 Testkørsel og tilpasninger

Som ventet medførte testkørsel justeringer i forhold til oprindeligt oplæg – de væsentlige elementer i forhold til testkørsel og justeringer gennemgås i det følgende.

10.2.1 Robot, NIR, transportbånd og ophængsramme

Den indledende forsøgsopstilling blev lavet med en ABB robot, og allerede her kunne man konkludere, at rammen, hvori robotten er fastgjort skulle være af en meget kraftigere dimension og den skulle være mere stabilt opbygget.



Foto 10.1 Indledende forsøgsopstilling med ABB Flexpicker ophængt i ramme

Som det ses af foto 7.1 er rammen hvori robotten er ophængt relativ spinkel.

Når robotens hastighed steg, medførte det kraftige ryk i ophænget, og det blev derfor besluttet, at udføre ophængsrammen i en kraftigere dimension.

På baggrund af beslutningen om en kraftigere dimension for ophængsrammen blev det vurderet, at transportbåndet med fordel kunne fastgøres til denne ramme også. Herved opnås den sidegevinst, at fremtidigt arbejde med vedligeholdelse og udskiftning af transportbåndet lettes.

Endelig blev det også besluttet, at sensor og robot skulle være adskilte rent mekanisk, blandt andet på baggrund af de ryk og vibrationer, der opstod i den spinkle ophængsramme.

Det kunne ved testkørsler konstateres, at den indkøbte NIR sensor fungerede efter hensigten og genkender de forskellige plastpolymerer. I testperioden blev der kørt med reduceret hastighed og med begrænsede bevægelser.

På foto 7.2 ses det endelige valg i forhold til robot og ophængsramme.



Foto 7.2 Ophængs-ramme i kraftigere materialekvalitet med Kuka robot

10.2.2 Styringsprogram

Til programmering af styringen, skulle der anvendes en simuleringssoftware, hvilket blev udlånt af leverandøren af NIR sensoren.

Ved forsøgsopstillingen var en del af opgaven blandt andet at indstille og etablere mulighed for hastighedsregulering for båndet via frekvensomformere, at programmere styringen for robotten samt montere og optimere sugekop/griberfunktion på robotten.

10.2.3 Griber

På testanlægget blev flere forskellige vakuum-griber testet.

Som tidligere nævnt har opgaven med at finde en egnet griber, ikke været helt enkel ud fra den præmis, at der er tale om et meget inhomogent objekt – stort, lille, fladt, rundt, firkantet, skarpt, spidst og evt. forvredet.

Nedenstående billeder er forskellige versioner af sug og vakuumgriber, som er blevet testet undervejs i projektperioden.



Foto 7.3 Unigripper



Foto 7.4 Metalworks-koncept 4*4 sugekopper

Såvel Unigripper og Metalworks-koncept er blevet testet og vurderet.

Konklusionen er, at de ikke fungerer hensigtsmæssigt i forhold til grikning af plastaffald. Samtidig vurderes de for langsomme i forhold til de opstillede krav.

En anden griber, der vurderedes interessant ud fra ønsket om flexibilitet var Versaball fra Empire Robotics – se foto 7.5.



Foto 7.5 Versaball



Foto 7.6 Festo Gripper hand²

Virksomheden bag Versaball – Empire Robotics - vurderede selv, at griberen ikke er den rigtige til denne opgave på grund af hastighedskravet og det faktum, at der kan være skarpe og spidse genstande i mellem de emner, der skal gribes/suges.

Festo Gripper hand – foto 7.6 - blev efter vurdering fravalgt før egentlig test.

Sideløbende disse testkørsler blev der internt arbejdet med egen-udvikling af griberteknologi.

I den forbindelse blev Fab Lab bussen³ lejet ind, og forskellige prototyper blev udviklet.

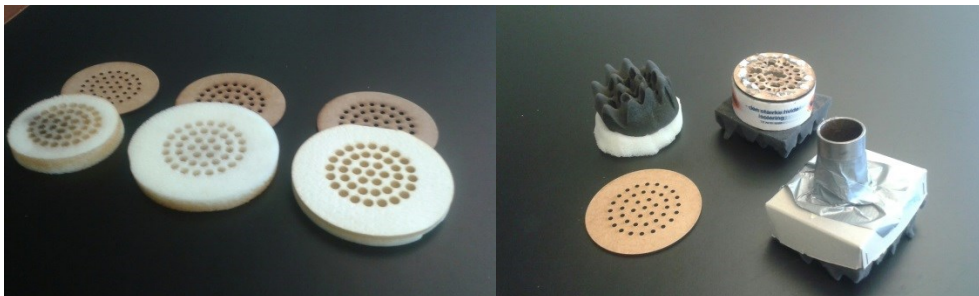


Foto 7.7 Prototyper – egen-udvikling. Plader af skumgummi og masonit samt forskellige prototyper udviklet i FabLab.

Ud fra arbejdet i Fablab kunne det blandt andet konkluderes, at plader af masonit beklædt med skumgummi ikke var den rigtige strategi.

Dog medførte testene i FabLab, suppleret med ideer fra projektgruppen, at der kunne udvikles nedenstående koncept for griber med sug og vakuum.

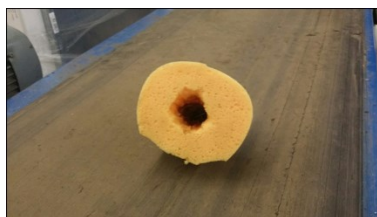


Foto 7.8 Egenudviklet griber koncept, med skumgummi + støvsuger

I forsøget blev den egenudviklede griber monteret med skumgummi, filter, ventilfunktion og central værkstedsstøvsuger på 2kW, så der kunne opnås flowbaseret sug.

² <http://www.roboticsupdate.com/2014/10/robot-gripper-based-on-the-human-hand/>

⁴ <http://fablabdanmark.dk>, Fablab – Fabrication Laboratory – er et kreativt, højteknologisk prototypeværksted, hvor man kan omsætte idéer og projekter til fysisk form.

Det vurderedes, at konceptet, med videreudvikling, kunne blive den optimale løsning. Dette blev begrundet i sugehovedets blødhed og deraf følgende mulighed for at gribe om og holde vakuum på både kantede og skarpe objekter



Foto 7.09 Nærbillede af udviklet griber/sug

Igennem testarbejdet er der således optimeret på udformningen af griberen.

10.2.4 Sug

I starten af testarbejdet anvendte man den centrale værkstedsstøvsuger der var tilgængelig på teststedet. Denne værkstedsstøvsuger blev senere erstattet af en 1,3 KW kapselblæser/suger, som gav et større sug, men som også resulterede i meget varm afgangsluft. Dette er dog vurderet og fundet uden betydning, da varmen blot blæser ud i omgivelserne.



Foto 7.10 Sidekanalblæser; varm afgangsluft



Foto 7.11 Detailtegning; griber med suger og fjeder

Der blev testkørt med materiale fra Nomi4s og det kunne konstateres, at der kunne opstå problemer med suget på grund af støv og snavs. Dette har medført, at der er indsat et filter mellem sugehoved og kapselblæser.

Valget omkring central suger, hvorfra der skulle fordeles vakuum til griberne kontra separat, har resulteret i, at der er etableret decentralt sug – dvs. for hvert sugehoved og hver robot er der en blæser/suger. Suget kører konstant bortset fra når emnet skal slippes – 1/100 del sekund – hvor der samtidig blæses med trykluft.

Det besluttes ligeledes i forløbet, at max størrelsen for emner vil være 30*30*30 idet robotterne ellers ikke kan håndtere emnerne.

Slippetiden er igennem projektet blevet optimeret – indledningsvist lå den omkring 300 ms – ved projektets afslutning ligger den omkring 100 ms. I forhold til vertikal vandring er griberen blevet optimeret via montage af en fjeder – se foto 7.11.

10.3 Konklusion efter testkørsel

Et stykke inde i testfasen erkendes det, at det eksisterende forsorteringsanlæg ikke har tilstrækkelig mængde- og kvalitetsmæssig kapacitet i forhold til at materialeføde det nye sorteringsanlæg og opretholde en fornuftig kapacitetsgrad.

Dette medfører, at projektet ændrer kurs fra at være en tilbygning til det eksisterende sorteringsanlæg til at blive en total ombygning.

Den ene halvdel af det oprindelige anlæg besluttes afkoblet, herunder magnet og separator. Da det dog samtidig har været ønsket, at genanvende så mange delelementer fra anlægget som muligt er såvel magnet og metalseparator efterfølgende blevet indbygget i det nye anlæg. Den del af det eksisterende anlæg, der ikke blev frakoblet, og som i dag indgår som en del af det nye koncept, indeholder blandt andet luftsichter, der adskiller lette og tunge materialer.

Neddeling og størrelsessortering indgår efterfølgende som en mulighed for udbygning, men indgår ikke i projektet.

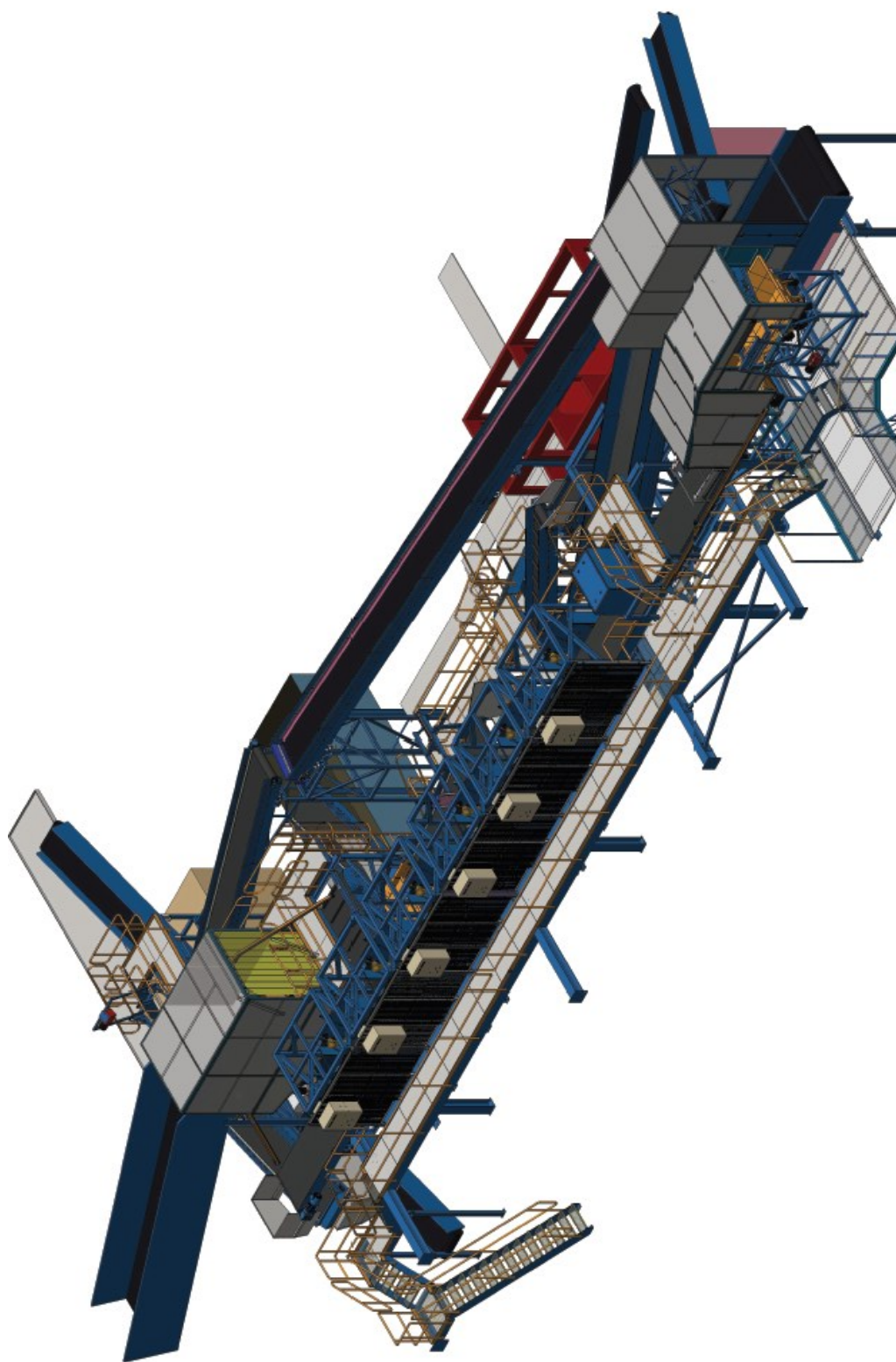
Det videre projektarbejde fokuserer på, at der skal ske en forudgående forsortering, men at sorteringsanlægget skal kunne håndtere frasortering af jern og metal, tunge ting og glas samt udsortere udvalgte plastpolymerer.

Glas indgår, da mange jyske kommuner i dag blander glasaffald med plastaffald og småt metalaffald – og derfor besluttes det, at anlægget også skal kunne håndtere en glasfraktion.

Der blev ved udgangen af 2015 udarbejdet et forslag til maskinopsætning, der blandt andet indeholdt 6 robotter, et bånd med båndbredde på 1 m og et bånd som frakoblede eksisterende bægersigte, og dermed store dele af det allerede etablerede sorteringsanlæg ved Nomi4s.

Testkørsler og analyser har løbende ført til ændringer på sorteringsanlægget, men i efteråret 2016 var projektet så langt, at det eksisterende sorteringsanlæg blev frakoblet og opbygningen af et nyt anlæg påbegyndtes.

Det nye sorteringsanlæg er illustreret i figur 7.12. En nærmere beskrivelse af centrale anlægs-komponenter følger i kapitel 8.

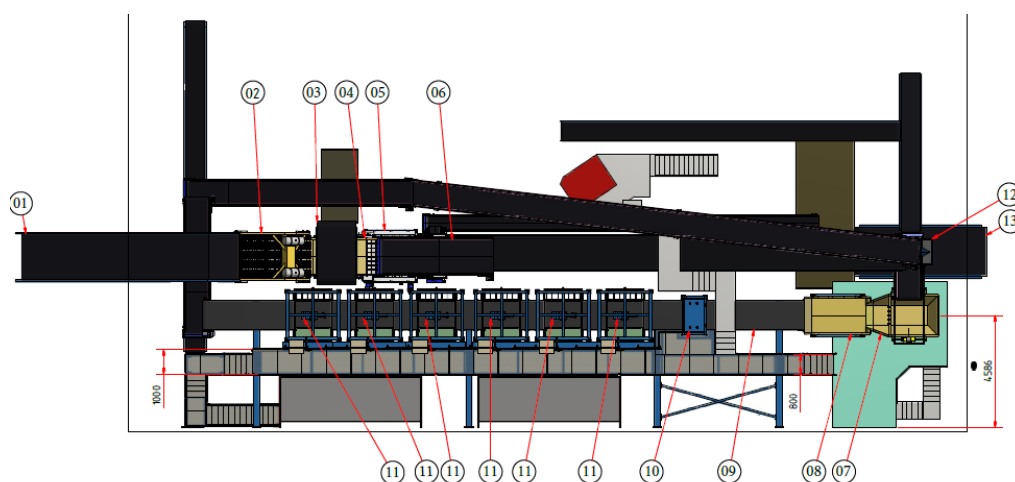


Figur 10.12 Robotsorteringsanlæg - endelig opbygning - perspektiv

11. Design – endelig opbygning af nyt anlæg

Det endelige anlæg er udført som 2 maskinlinjer – en forsortering, der frasorterer jern, metaller, store dunke og glas, og en robotsortering, der udsorterer udvalgte plastpolymerer fra materialestrømmen.

I figur 8.1 knytter punkterne ① til ⑥ sig til forsorteringen, mens punkterne ⑦ til ⑬ knytter sig til robotsorteringen.



Figur 8.1 Oversigt sorteringsanlæg

I det følgende gennemgås de enkelte anlægskomponenter med reference til punkterne ① til ⑬ som angivet på ovenstående figur.

11.1 Forsortering

Formålet med forsorteringen er at udsortere jern, metaller, store dunke og glas samt at få rystet og adskilt de emner, der er trykket sammen i forbindelse med indsamlingen.

① Fødebånd

Fødebåndet doserer/føder affald til anlægget. Båndet er monteret med frekvensomformer, således hastigheden og dermed doseringen kan tilpasses.

② Vibrationssigte

Vibrationssigten har flere funktioner. Sigten anvendes i første omgang til at få adskilt det affald, som er trykket sammen og som skal ind på anlægget.

På sigten frasorteres, via solde i bunden, det affald som er under 40 mm, herunder evt. glas. Materialet over 40 mm sendes videre til magneter og vibrationsrende.

Når der køres affaldstyper uden glas, så påmonteres blindplade i stedet for sold. Sigten har herefter kun som funktion at adskille affaldet, og fungerer også som fremfører.

03 Overbåndsmagnet

Affaldet ledes efter sigten forbi overbåndsmagneten. Denne magnet fjerner alt magnetisk materiale.

04 Vibrationsrende

Overbåndsmagneten 03 er installeret over vibrationsrenden. Denne rende er udført i rustfrit stål og må ikke være magnetisk. Vibrationsrenden sikrer - med vibrationerne - at overbåndsmagneten kan gribe de magnetiske affaldsfraktioner.

Ved udløbet af vibrationsrenden er der monteret "fingre", som sikrer fordeling/opdeling af affald over- og under 15 cm.

Ved vibrations-renderne, og hvor der ellers er stor faldhøjde, er der bygget afsugningshuse for at minimere støvet i hallen.

05 Metalseparator

Det affald, der er under 15 cm, falder gennem fingrene til hvirvelstrøms-magneten. Denne sikrer frasortering af metal, her primært aluminiumsdåserne.

06 Afskrabere til store dunke

Det affald som er over 15 cm føres via et bånd til dunke-afskraber. Denne afskraber styres af en lysbro, som aktiveres når der kommer affald med en højde større end 30 cm, og derved bryder broen. Når lysbroen brydes, kører afskraber over båndet og fjerner alt, herunder også affald under 30 cm. Dette accepteres, da affald over 30 cm kan sætte sig i klemme på robotbåndet.

11.2 Robotsortering

07 og 08 Vibrationsrender

Efter forsorteringen løber affaldet til de to vibrationsrender, som dermed udgør starten på robotsorteringen.

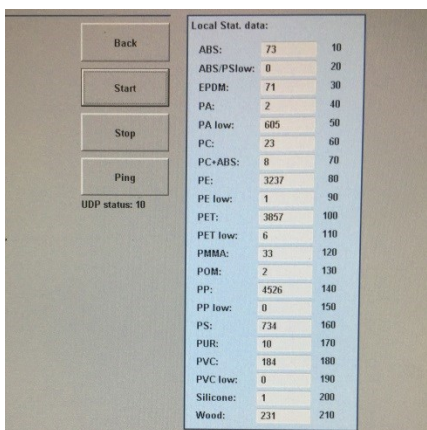
De to render er forskellige i opbygning og funktion. Den første rende fungerer som buffer rende, og har en indbygget buffer. Samtidigt sikrer denne rende en ensartet dosering til rende to.

Rende to er en normal rysterende og sikrer, at det affald som leveres til robotbåndet 09 ligger i ét lag.

10 NIR-sensor

Via robotbåndet 09 kører affaldet gennem NIR sensoren, som er robotsorteringsanlæggets øjne. NIR sensoren udfører en kontinuerlig hyperspektral analyse af de emner der passerer forbi, og derved detekteres materialetypen (plasttypen).

Når affaldet passerer NIR sensoren detekteres plasttypen og emnet/affaldet placeres på båndet i x og y retning (længde og bredde).



Local Stat. data:	
ABS:	73
ABS/PSlow:	0
EPDM:	71
PA:	2
PA low:	605
PC:	23
PC+ABS:	8
PE:	3237
PE low:	1
PET:	3857
PET low:	6
PMMA:	33
POM:	2
PP:	4526
PP low:	0
PS:	734
PUR:	10
PVC:	184
PVC low:	0
Silicone:	1
Wood:	231

UDP status: 10

Foto 8.2 Fraktioner genkendt af NIR sensor

Oplysninger om plasttype, og placering sendes fra NIR sensoren til anlæggets centrale styring, som sender oplysningerne videre til de seks robotter.

11 Robotter

De 6 tophængte robotter modtager, som beskrevet, signaler fra den centrale styringsenhed om plasttype og placering. Inden opstart er hver robot tildelt en plast type, og fjerner således kun denne ene plasttype.

Robotsorteringen er lavet fleksibel, og giver en lang række kombinations muligheder i forhold til sorteringen af plast. Følgende muligheder kan nævnes:

- Hver robot sin plasttype, altså seks typer i første gennemløb
- Hver robot to plasttyper. Her smider den en type til højre og en anden type til venstre, altså tolv forskellige typer i første gennemløb

Som anført i kapitel 5 omkring plastsammensætning så ved vi, at affaldet, der skal håndteres på anlægget, ofte indeholder meget af den samme type plast. Derfor vil der ikke/kun sjældent være behov for at udsortere tolv typer plast.

Som følge heraf blev følgende fleksibilitet indbygget i anlægget:

- Hver robot sin plasttype, men kun på den ene halvdel af båndet. Dette medfører, at to robotter udsorterer den samme plasttype, men på hver sin halvdel af båndet
- Én serie, hvor tre robotter udsorterer den samme type plast. De to første robotter sorterer på en halvdel af båndet, mens robot tre dækker hele båndbredden, og fungerer som "sweeper" og altså sikrer oprydning bag de to første.

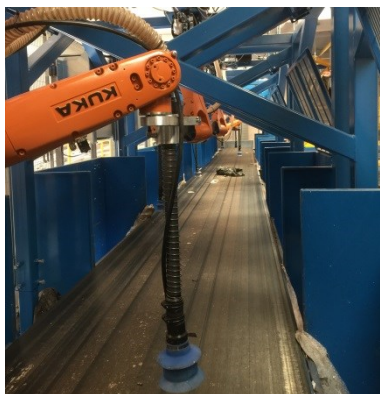


Foto 8.3 Robotsorteringslinjen

12 Klappasse

Det affald som kommer til klappassen er rensat for jern, metal og emner større end 30 cm.

Klapkassens funktion er at fordele affaldet. Er klapkassen åben løber affaldet igennem til en komprimator og videre til forbrænding, og er klapkassen lukket ledes affaldet tilbage i systemet til endnu en sortering. Under drift er klapkassen åben, og affaldet løber igennem.

⑬ **Bånd til komprimator**

Når klapkassen er åben, så løber restaffaldet i en komprimator og sendes til forbrænding.

12. Projektets resultater

Dette projekt har haft fokus på at udvikle en højteknologisk løsning på de udfordringer, der ofte ses i forhold til sortering af genanvendelige fraktioner fra for eksempel husholdningsaffald.

Det har været målsætningen, at udvikle en teknologi, som kan finsortere en række affaldsfraktioner til en kvalitet, der kan indgå som ressource i forhold til produktion af nye materialer. Herved understøttes målsætningen om øget genanvendelse og øget udnyttelse af ressourcerne i affaldet og samtidig opnås, at dagsordenen om cirkulær økonomi fremmes.

I forhold til andre teknologier til affaldssortering er der i udviklingen af herværende robotteknologi lagt stor vægt på at minimere den manuelle del af arbejdet. Denne del indebærer ofte problematiske arbejdsmiljøforhold blandt andet i forhold til støj, støv og ergonomi, herunder arbejdsstillinger, tunge løft, ensidigt gentaget arbejde og nedslidning.

Projektet har fokuseret på at udvikle og teste et pilot anlæg, og fokus har i første omgang været at finsortere plastaffald, der er indsamlet via dagrenovationsordningen.

Plast er valgt af følgende årsager:

- Plast produceres primært af oliebaseerede produkter – altså af fossile ressourcer. Der er stor bevågenhed i forhold til genanvendelse af disse, idet der herigennem opnås reduktion i CO₂-emissionen.
- Fraktionen plast findes i et utal af typer, farver og kvaliteter, der alle har betydning for materialet. At finsortere plast fra husholdningerne stiller derfor store krav til den anvendte teknologi.
- Plastmængden i husholdningerne er stigende
- Der vurderes, at være et stort potentiale i Nomi4s opland (ca. 5000 tons/år)

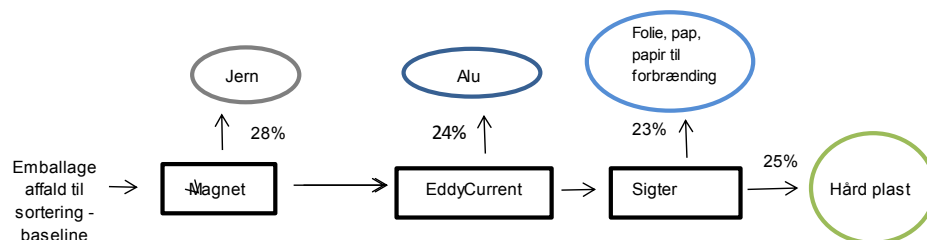
Det har dog samtidig været et klart mål, at robot-sorterings-anlægget skal kunne sortere en række forskellige tørre genanvendelige affaldsfraktioner.

På denne måde, vil et fuldt udviklet anlæg, kunne bidrage til at finsortere så meget dagrenovation som muligt, i en høj kvalitet til genanvendelse.

12.1 Plastsortering

Som tidligere nævnt fik Nomi4s i 2015 kortlagt indholdet i de beholdere til kildesorteret affald, som står ude ved borgeren. I denne beholder kan borgeren lægge emballageaffald i form af hård emballageplast og småt metal. Undersøgelsen viste, at beholderen til emballageaffald i gennemsnit indeholder knap 25 % hård plast – hvor denne plast er beskrevet som en samlet fraktion.

Fordelingen af emballageaffaldet fremgår af figur 9.1.



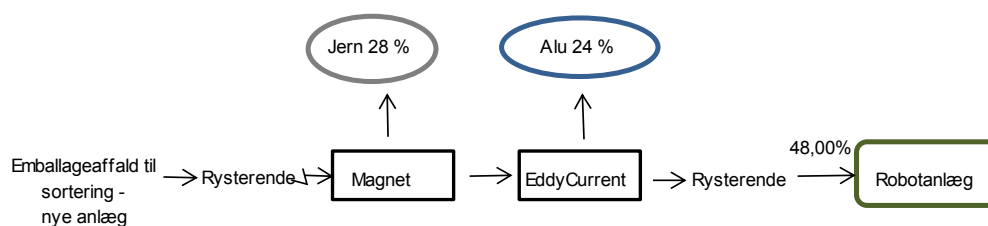
Figur 9.1 Fordeling på fraktioner i emballageaffaldet (hård plast +småt metal)

Efterfølgende blev der udført test på et tysk sorteringsanlæg, hvor man prøvesorterede 25 ton hård plast fra emballagebeholderen. Denne test viste følgende fordeling på plasttyper – polymerer; 37 % PE, 23 % PET, 8 % PS og 32 % andet plast og fejlsorteringer – se tabel 9.2.

Tabel 9.2 Fordeling af PE, PET og PS i 1 tons emballageaffald

Polymér	Fordeling %	Potentiale tons/år Nuværende	Kilo i 1 tons emballageaffald = 250 kg plastaffald
PE	37	59	92,5
PET	23	37	57,5
PS	8	13	20
Andet plast og fejl	32	-	-

På baggrund af disse opgørelser og opbygningen af det nye sorteringsanlæg kan følgende illustreres:



Figur 9.3 Principskitse - robotsorteringsanlæg

Anlægget har været i drift i ca. 4 måneder og de første resultater for udsorteringseffekten foreligger. I testperioden har der udelukkende været fokus på udsortering af fraktionen PE.

Ved alle registrerede testkørsler er der:

- Sorteret på blandet emballageaffald indsamlet fra kommunerne Holstebro, Struer, Skive og Lemvig
- Tilført 2 tons emballageaffald/time
- Kørt 1 time
- 3 robotter, der har udsorteret PE plast og 3 robotter, der har udsorteret PET plast



Foto 9.4 Udsorterede plastdunke – PE plast – fra robotsortering

Resultater fra testkørslerne sammenholdt med potentialemængderne ses i Tabel 9.5.

Tabel 9.5 Testresultater – udsorteret PE – 1 times testkørsel – 2 tons emballageaffald

Måned	Kg udsorteret PE	Potentiale (kg)	% af potentiale
Februar	64	185	34
Marts	90	185	49
April	113	185	61
Maj	110	185	60

Det er – med udgangspunkt i den tilførte mængde og den fundne % fordeling i emballageaffaldet – teoretisk muligt at udsortere 185 kg PE plast/time.

Som det fremgår, er der sket væsentlige forbedringer i udsorteringen fra februar til april/maj. I forbindelse med opstarten blev der i februar udsorteret 64 kg PE plast fra en potentiale-mængde på 185 kg – svarende til 34 % af potentialet. I maj blev der udsorteret 110 kg - svarende til 60 % af potentialet.

Denne forbedring skyldes de løbende justeringer og forbedringer, der er foretaget på anlægget, blandt andet en opdateret/ny sugekop, optimering af afkast funktion således emner nu afleveres i skakt og endelig opdatering af robotbens cyklus.

Med det nuværende set-up er der ikke forventning til, at udsorteringen kan øges væsentligt. For at opnå væsentlig højere udsorteringsgrad må der nødvendigvis iværksættes tiltag omkring forbedret forsortering, dosering, forbedret sensorteknik og gribning.

Ser man på renhedsgraden for den udsorterede PE plast kan det konstateres, at efter manuel frasortering af folier (2D plast) kan PE fraktionen afsættes med positiv afregning.

12.2 Robotperformance

Kigger man specifikt på robotkapaciteten igennem testforløbet kan følgende konkluderes;

- En cyklus defineres ved "*Startposition-ned grib- sug op (ca. 20 cm over bånd)-kørsel til skakt- aflevere(slippe) - tilbage til startposition*".
- En cyklus tager robotten 1,04 sekunder
- Teoretisk er det muligt, at køre 57 cykler/minut = 3420 cykler/time

I forbindelse med de registrerede testkørsler, er der i alt udtaget 100 tilfældige emner af PE plast. For disse emner, er der beregnet en gennemsnitsvægt på knap 78 gram pr. stk.



Foto 9.6 Vejning af PE plast

Med et potentiale på 185 kg PE plast pr time og en gennemsnitsvægt på 78 gram for et PE gennemsnits-emne, svarer det til, at der kører 2372 stykker PE plast gennem anlægget pr. time.

Da en robot teoretisk vil kunne gribe 3420 stykker/time, kan det konkluderes, at der er tilstrækkelig teoretisk kapacitet ved robotterne – der er i alt 6 robotter i anlægget.

12.3 Det videre arbejde

Resultaterne fra første fase af projektet tegner et billede af en teknologi med et interessant potentiale for højteknologisk sortering af plast fra for eksempel husholdningerne.

Der er dog, som nævnt, stadig en række problemstillinger omkring anvendelse af robot-teknologi til sortering af affald, som det er nødvendigt at løse.

De gennemførte testkørsler peger på følgende problemstillinger, i prioriteret rækkefølge:

- Gribning – mange emner har en form, der gør, at de ikke løftes fra båndet
- Sorteringshastighed/præcision/styring; da robotterne har en defineret cyklus, er der emner, der ikke gribes
- Forsortering herunder dosering til sorteringsanlægget; emner ligger for tæt, og plastfolier der forstyrrer gribningen af hård plast

Ved løsning af disse kan anlæggets performance forbedres og teknologiens fulde potentiale udnyttes.

På baggrund af ovenstående er der udarbejdet en MUDP-ansøgning om en Fase 2 – en ansøgning, der er imødekommet af Miljøstyrelsen. De udfordringer der vil blive håndteret i Fase 2 er opstillet i tabel 9.8.



Foto 9.7 Manuelt frasorteret plastfolie

Tabel 9.8 Foreløbige erfaringer og tilhørende udfordringer

Område	Erfaring	Udfordring
Forbehandling	Plastfolie (2D plast) frasorteres ikke effektivt nok i forsorteringen. Blandet 2D/3D plast medfører, at plasten ikke kan afsættes til genanvendelse	At sikre bedre udskillelse af 2D/3D plast. Herved forbedres kvalitet og værdi – pt ingen kendt teknologi til løsning af udfordringen
Forbehandling	Form på 3D plast emner – mange emner har en form der gør, at de ikke løftes fra båndet	At sikre højere grad af ensartethed til robotsorteringen – for eksempel ved fladtrykning
Gribeteknologi	Det udviklede gribehoved fra Griba fungerer – men der tabes fortsat emner.	Videre udvikling af gribeteknik – gribehoved og sug/trykfunktion. I samspil med højere grad af ensartethed på plastemnerne opnås en større udsortering og genanvendelse
Robot styring og hastighed	Robotbevægelser er umiddelbart ok, der ses dog problemer omkring hastighed, præcision og styring. Robotterne har en forud defineret cyklus, som bevirker, at der er emner der ikke gribes	Forbedring/videreudvikling til mere intelligent algoritme, styring og hastighedsforøgelse, og dermed bedre performance for systemet.
Sensorteknologi	Den NIR sensor, der er testet i projektet, er en traditionel NIR sensor. Der kan dermed alene identificeres i 2 dimensioner i forhold til placering på bånd, og der er ingen farvegenkendelse.	Forbedre/udbygge den anvendte NIR teknologi – inkl. afprøvning af andre teknologier – gerne kombinerede løsninger – og dermed øge udsorteringen

På sigt er der yderligere potentiale for udsortering af en lang række andre affaldsfraktioner og vel at mærke uden, at dette involverer manuel affaldshåndtering

En videreudvikling af denne sorteringsteknologi vil kunne udgøre et vigtigt element i det fremtidige affaldssystem, hvor der i endnu højere grad vil være fokus på genanvendelse og på at bibeholde værdien af ressourcerne i affald.

Med sigte på en mere cirkulær tankegang vil der, på dette sorteringsanlæg, fremadrettet kunne udsorteres høj kvalitets produkter, der kan genanvendes som råvarer i nye produkter.

En færdigudviklet teknologi til robotsortering vil således bidrage væsentligt til besparelser i forhold til miljø og ressourcer, ligesom der kan være såvel arbejdspladser som eksportpotentiale i teknologien.

Forbedret teknologi for automatisk sortering af affald

Dette projekt har haft fokus på at udvikle en højteknologisk løsning på de udfordringer, der ofte ses i forhold til sortering af genanvendelige fraktioner fra for eksempel husholdningsaffald.

I projektperioden er der udviklet et sorteringsanlæg hvor magnet, sigter og separater frasorterer jern og metaller, og hvor NIR sensor og robotter herefter frasorterer plastfraktionen.

Igennem den afsluttende testperiode på 4 måneder er det lykkedes at øge udsorteringen af PE plast fra 34 % til 60 %.

Projektet er gennemført i samarbejde med 3 små og mellemstore virksomheder, der har bidraget med viden og kompetencer om automatiske maskinløsninger: Robotsort Aps, Odense; Linatech A/S, Kjellerup og Nordtec-Optomatic, Ikast.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2300 København Ø

www.mst.dk