



Affaldskontoret

**RENO
DJURS**

Vurdering af alternative drivmidler

Maj 2018



INDHOLDSFORTEGNELSE

Vurdering af alternative drivmidler.....	1
1. Indledning.....	3
2. Alternative drivmidler	3
2.1 Køretøjet.....	4
2.1.1 Syntetisk diesel/GTL-brændstof	4
2.1.2 Biobrændstoffer	5
2.1.3 Naturgas/biogas	7
2.1.4 El (herunder hybriddrift)	9
2.2 Hjelpeudstyr	10
2.2.1 Eldrevne komprimatorer	10
2.2.2 Eldrevne kraner	11
2.3 Andre indsatsområder og teknologiske løsninger	11
3. Implementering gennem udbud	12
4. Bæredygtighed generelt og certifikater	13
5. Opsummering	14
Referencer:	16
Kontakter:.....	16

1. INDLEDNING

Bestyrelsen for RenoDjurs har den 15. marts 2017 besluttet, at der i fremtidige udbud for indsamling af dagrenovation samt kørsel med affald indbygges optioner for alternativt brændstofvalg. RenoDjurs forventer at udbyde affaldsindsamlingen i Norddjurs og Syddjurs kommuner i 2018/19 med forventet ikrafttrædelse den 1. januar 2020. I den forbindelse har RenoDjurs bedt Affaldskontoret ApS. udarbejde et notat, der dels belyser hvilke muligheder, der p.t. er teknologisk og kommercielt tilgængelige, for alternative drivmidler, dels belyser de afledte konsekvenser (miljø, drift, økonomi m.m.) ved valg af andre drivmidler end diesel til indsamlingsskøretøjerne eller dele heraf. Endelig skal notatet belyse mulighederne for at indarbejde de alternative drivmidler i udbudsmaterialet og på en måde, så RenoDjurs kan vælge mellem de tilbudte tekniske løsninger.

RenoDjurs har i notat dateret 19. december 2017 nærmere specificeret sine ønsker til notatet. Notatet bygger på tidligere udarbejdede rapporter samt oplysninger indhentet hos leverandører, vognmænd og udbydere af renovationsindsamling i marts-april 2018.

Grontmij 2013 har været en central reference ift. at vurdere de teknologiske muligheder for alternative drivmidler til køretøjer anvendt til affaldsindsamling og -transport, herunder de mulige miljømæssige effekter og de økonomiske konsekvenser heraf. Der har været en vis udvikling på området, så Grontmij 2013 kan ikke bruges ukritisk i dag. Helt centralt er, at EURO VI normen i dag er gældende for nye lastbiler. Dette betyder – på papiret – en reduktion i emissionen med en faktor 2-5 for kulbrinter, NOx og partikler i forhold til EURO V, som var referencegrundlaget i Grontmij 2013.

De miljømæssige gevinster ved at bruge alternative drivmidler er derfor på forhånd reduceret, hvis man ser bort fra klimaeffekten ved brug af hhv. fossile og ikke-fossile drivmidler.

2. ALTERNATIVE DRIVMIDLER

Primo 2018 findes en række muligheder for alternative drivmidler til tung transport. Ikke alle teknologier er på nuværende tidspunkt implementeret i forhold til indsamlingsskøretøjer til affald (komprimatorbiler og ophalerbiler, sidstnævnte evt. også med kran til grabning af affald eller tømning af kuber).

I notatet skelnes mellem alternative drivmidler til selve køretøjet og til hjælpeudstyr (komprimator, flak eller kran) monteret på et chassis, der kan være dieseldrevet eller benytte alternative drivmidler.

For hvert alternativ beskrives:

- Den tekniske løsning
- Miljømæssige forhold
- Forsyning (forsyningsikkerhed/tilgængelighed)
- Økonomi

Implementering gennem udbud behandles samlet i afsnit 3, da Affaldskontoret skønner, at problematikken er universel for de forskellige alternativer.

Alle priser og beløb er angivet ekskl. moms og prisniveau april 2018. De anførte priser er offentligt tilgængelige oplysninger, og der er således ikke taget højde for evt. storkunderabatter. Det skønnes dog, at dette ikke påvirker sammenligningerne mellem drivmidlerne væsentligt, da der også gives storkunderabatter på konventionelle drivmidler og materiel.

2.1 KØRETØJET

Udgangspunktet for RenoDjurs vil, hvis man ikke inddrager alternative drivmidler, være at benytte dieseldrevne køretøjer med motorer, der opfylder EURO VI normen samt har et kraftudtag (mekanisk eller elektrisk) fra motoren til drift af hydraulikpumper (til drift af kompressor, flak eller kran på det givne køretøj). Referencesituationen er dog påvirket af, i hvilket omfang det kommende udbud skal implementere nye ordninger og dermed længden af udbudsperioden. Med en evt. kort udbudsperiode kan det for at opnå de bedste priser være relevant at give mulighed for at benytte eksisterende materiel, der blot opfylder EURO V normen.

2.1.1 SYNTETISK DIESEL/GTL-BRÆNDSTOF

Teknisk Løsning:

Syntetisk diesel er et drivmiddel, der af brugerne kan håndteres som en væske, og som indeholder 10-20 kulstofatomer i det enkelte molekyle.

Produktion af syntetisk diesel kræver en kulstofkilde samt en brintkilde. Syntetisk diesel kan være fossilfri (biogent kulstof eller kulstof fra CO₂ samt VE-baseret brint fra f.eks. elektrolyse), men produceres p.t. mest som GTL-brændstof (gas-to-liquid) ud fra naturgas på store anlæg i tilknytning til raffinaderier, hvor der er overskud af naturgas. Andre fossile kulstofkilder kan dog også benyttes, herunder raffinaderigas, som kan indgå i den indledende Fischer-Tropsch proces, hvor mere komplicerede organiske molekyler nedbrydes til primært brint og kulilte, som indgår i de videre processer. Affaldsprodukter af animalsk eller vegetabilsk art kan anvendes som kulstofkilde i processerne – her kaldes produktet dog som biodiesel, HVO. Men kemisk er GTL og HVO identiske produkter (begge produkter kan dog have en varierende sammensætning af kulbrinter afhængig af specifikke produktønsker hos kunderne).

I forhold til klimaeffekt er det således kulstofkilden, der afgør om der er en klimaeffekt (biogent kulstof). De produkter, der p.t. markedsføres som syntetisk diesel/GTL, er alle baseret på fossilt kulstof.

I modsætning til normal, fossil diesel består syntetisk diesel/GTL af alkaner (10-20 kulstofatomer) og indeholder ikke aromater (eller svovl). Syntetisk diesel/GTL har et højere brint/kulstofforhold end normal diesel. Samlet betyder dette, at syntetisk diesel/GTL forbrænder renere (fuldstændig forbrænding) end normal diesel. Syntetisk diesel/GTL kan anvendes umiddelbart på en dieselmotor og også blandes med almindelig diesel. Massefylden og brændværdien er lidt lavere end for almindelig diesel. Øvrige egenskaber svarer mindst til diesels egenskaber.

Miljø:

Fra producentside angives, at GTL reducerer emissionerne yderligere i forhold til lovkravene til motoren. Ift. EURO V normen angiver producenten følgende reduktioner: Partikler 23-33 %, NOx 5-37 %, uforbrændte kulbrinter 19-23 % og CO 8-22 %.

Der er ikke lavet målinger ift. EURO VI, idet emissioner på denne motor i forvejen er meget lave. Køretøjer med mange start og stop, hvor motorens optimale driftstemperatur ikke opnås, vil have problemer med at opfylde EURO VI normen, da det forureningsbegrænsende udstyr ikke fungerer normalt ved lave motortemperaturer. Her sikrer GTL, at motoren kan overholde emissionsværdierne også ved lave motortemperaturer.

Forsyning:

Syntetisk diesel/GTL baseret på naturgas produceres flere steder i verden på store petrokemiske anlæg bl.a. i tilknytning til raffinaderier og forhandles overalt i verden. Kan håndteres som almindelig diesel (på eget tankanlæg hos vognmand eller hos RenoDjurs). Produktet leveres i øjeblikket i Danmark kun af Shell og DCC og angiveligt kun i Østdanmark. AUDI er ved at etablere et anlæg i Schweiz, der ikke benytter fossilt kulstof i processen.

Økonomi:

Da der anvendes standardkøretøjer med dieselmotor er der ingen ekstraomkostninger i forbindelse med anskaffelsen, og der er heller ikke yderligere drifts- og vedligeholdelsesomkostninger ift. et almindeligt dieselkøretøj.

Prisen for GTL er ultimo april 2018 23,5 øre dyrere pr. liter end den billigste diesel (listepriser) svarende til en merpris på ca. 2,7 %.

2.1.2 BIOBRÆNDSTOFFER

Teknisk løsning:

Omfatter bioethanol og biodiesel. Produkterne er produceret ud fra vegetabiliske eller animalske råvarer. Produkterne kan være 1. generationsprodukter, hvor almindelige afgrøder anvendes til produktion af brændstof (f.eks. sukkerrør/sukkerroer til produktion af bioethanol eller rapsfrø til produktion af biodiesel), 2. generationsprodukter, hvor der anvendes animalsk eller vegetabilisk affald til produktionen eller 3. generationsprodukter, hvor råvaren dyrkes i tanke eller høstes i havet (f.eks. alger).

Bioethanol anvendes primært som tilsætning til benzin, men nogle lastvognsleverandører har motorer (med kompressionstænding som diesel), der kan køre på 95 % ethanol (+ 5 % additiver og smøremidler). Benzinmotorer kan omstilles/ombygges til at kunne køre på 85 % ethanol. Bioethanol vurderes ikke at få nogen vigtig betydning for tung transport de næste par år, idet 2. generationsproduktion ikke synes at slå igennem foreløbig, og bioethanol derfor fortsat i høj grad vil blive produceret på afgrøder i konkurrence med menneskeføde og dyrefoder. Bioethanol er samtidig dyrere end fossile brændsler, der er ingen dansk produktion og produktet kræver egne tankfaciliteter, hvilket er med til at gøre, at bioethanolen ikke er eller bliver et attraktivt alternativt drivmiddel i den nærmeste fremtid (men bruges som – lovpligtig - tilsætning til benzin).

Biodieselen omfatter 2 produkttyper:

- FAME (Fatty Acid Methyl Ester)
- HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)

FAME er normalt et 1. generations biobrændstof produceret på fedtsyreholdige planteolier (rapsolie, soyaolie, palmeolie). FAME produceres også i Danmark. En dieselmotor kan normalt ikke uden modifikationer køre på 100% FAME, og FAME bruges derfor normalt mest som tilsætning til diesel (op til 30 %). Årsagen er brændstoffets indhold af urenheder og andre kemiske forbindelser, herunder forskellige methyl-estre. Det gængse produkt er ikke lagerstabil som almindelig diesel, syntetisk diesel og HVO, idet FAME bl.a. suger vand. FAME har også et højt frysepunkt, hvilket vanskeliggør anvendelsen i vinterperioder. Enkelte producenter leverer en FAME, der er rensat for urenheder og ikke består af forskellige fedtsyrestre. Dette produkt benyttes ifølge leverandøren uden problemer som eneste drivmiddel på bybusser i Stockholm og Stavanger og med temperaturer helt ned til -21 grader.

FAME kan også produceres på animalske og vegetabiliske affaldsprodukter, men er grundlæggende det samme produkt som produceret på rapsolie eller andre fedtsyreholdige olier.

HVO er som navn lidt misvisende, da råvaren i dag er meget andet end fedtsyreholdige planteolier. HVO markedsføres i dag typisk som et 2. generations biobrændstof, men man skal være opmærksom på, hvilke råvarer der er anvendt til produktionen, da nogle producenter stadig anvender planteolier (palmeolie). HVO fremstilles typisk på affaldsprodukter af både vegetabilisk og animalsk oprindelse. Fedtstofferne i affaldet (eller planteolien) behandles med brint under højt tryk og temperatur over en katalysator. Fedtstofferne omdannes herved og bliver ved efterbehandling til et diesellignende produkt (samme kemiske sammensætning som GTL/syntetisk diesel), dog uden aromater. HVO produceres også på affald fra papirindustrien (celluloseproduktion) – i praksis er der tale om GTL/syntetisk diesel produceret på biogent kulstof, men produktet kaldes HVO af leverandøren da der ofte sker en sammenblanding af HVO produceret på forskellige affaldskilder.

Miljømæssige forhold:

Bioethanol giver efter motorleverandørernes oplysninger en CO₂ reduktion på op mod 90 %, ligesom bioethanol angives at give lavere NO_x udledninger end diesel på en EURO VI motor.

FAME og HVO har ifølge leverandøroplysningerne følgende miljømæssige effekter:

- CO₂: Op til 90 % CO₂ reduktion, normalt vil det lægge imellem 85 til 90% CO₂ reduktion, afhængig af affaldsmateriale som anvendes for den enkelte batch. Der udstedes anerkendte ISCC certifikater for alt.
- NO_x: 9 % reduktion, men fjernes i forvejen med AdBlue på Euro 5-6 modeller
- HC: 30 % reduktion
- CO: 24 % reduktion
- PAH: Reduceres

Forsyning (forsyningsikkerhed/tilgængelighed):

Bioethanol produceres p.t. ikke i Danmark (Inbicon anlægget i Kalundborg er lukket og Maabjerg Bio Energi ikke etableret), men produceres i stort omfang andre steder i Verden, bl.a. i Brasilien og Tyskland. Så

produktet vil kunne leveres stort set som andre drivmidler, men vil ikke kunne tankes i Danmark på almindelige tankstationer.

Der er p.t. 2 producenter af FAME i Danmark, Emmelev og DAKA ecoMotion. HVO produceres ikke i Danmark, men flere steder i Norden. De danske forhandlere af FAME og HVO oplyser, at der kan indgås langtidskontrakter om levering af produkterne.

Økonomi:

Køretøjerne er som udgangspunkt standardkøretøjer, og anskaffelsesmæssigt kan det antages, at der kun er marginale prismæssige forskelle ift. tilsvarende dieselkøretøjer (bioethanol). Bioethanol og FAME kan have lettere forhøjede service- og driftsomkostninger som følge af motormodifikationer og drivmidlets sammensætning.

Biobrændstofferne er p.t. afgiftsbelagte på samme måde som fossile drivmidler (afgifter beregnes dog ift. energiindhold).

Bioethanol (E85 eller E95) koster ca. 2-3 DKK mere pr. liter end benzin og diesel, og der er angiveligt forskel på priserne mellem 1. og 2. generationsprodukter, hvorfor prisforskellen for 2. generations bioethanol kan være højere. Præcise priser for leverancer af bioethanol som motorbrændstof i Danmark kendes dog ikke. FAME koster ca. 2 DKK mere pr. liter end diesel. Prisen for HVO er oplyst at være 4,50 DKK højere pr. liter end diesel.

2.1.3 NATURGAS/BIOGAS

Teknisk løsning:

Når man taler om gas som brændstof til tunge køretøjer, er der næsten uden undtagelse tale om anvendelse af metan i form af naturgas eller opgraderet biogas. LPG ("flaskegas" bestående af butan/propan) anvendes ikke længere i større omfang som motorbrændstof og da primært til personbiler.

Naturgas/biogas kan anvendes som brændstof til lastbiler enten som komprimeret naturgas/biogas (CNG/CBG) eller som flydende naturgas/biogas (LNG/LBG). I notatet anvendes efterfølgende alene betegnelsen CNG og LNG, idet brændstoffet principielt er det samme, metan. Der er således ingen forskel i den tekniske løsning mellem anvendelsen af fossil eller biogent metan. Motorerne til CNG er tændrørmotorer – typisk traditionelle dieselmotorer med andet topstykke.

Til indsamling og transport af affald i Danmark (samt bus- og distributionskørsel) anvendes i dag udelukkende CNG. LNG bruges normalt kun til fjerntransport (og færgefart). LNG er p.t. ikke umiddelbart relevant som løsning i Danmark, da der ikke findes tankanlæg til LNG. LNG behandles derfor ikke yderligere i notatet.

Der er p.t. ca. 100 gasdrevne renovationsbiler i Danmark.

Gas selv i komprimeret form fylder betydeligt mere pr. energienhed end diesel. Gaskøretøjer skal derfor opbygges med flere tanke - typisk i kompositmaterialer for at spare vægt. Dette giver en række udfordringer ved opbygning af chassiser til affaldsindsamling og -transport og ikke mindst, hvis køretøjerne samtidig skal have f.eks. batteripakker til elektrisk drift af hjælpeudstyr. Også køretøjernes anvendelse har betydning for placeringen af gastanke. Det er således vanskeligt at placere tanke mellem vangerne på en ophalerbil, hvor der

skal være plads til hydraulikcylinderen på flakket. Også køretøjets fysiske anvendelsesområde har betydning for tankenes placering. Det er således problematisk at placere tanke, som ved indsamling af affald på ubefæstede veje kan skrabe på sten i vejsiden eller vejkassen. I sådanne tilfælde – eller hvis chaufføren rammer en stele eller et skilt i et byområde med tanken - skal tanken udskiftes af sikkerhedsmæssige årsager. Selv med maksimal tankkapacitet er rækkevidden for et gasdrevet renovationskøretøj højst 150-200 km (mod diselkøretøjets ca. 200-250 km).

Gasforbruget for renovationskøretøjer angives til ca. 165 Nm³ pr. 250 km. Renovationskøretøjer, der i væsentligt omfang også skal dække land og landsbyområder, og/eller har stor afstand til behandlingsanlægget må derfor påregne at skulle tanke i dagens løb, hvilket kan give logistiske udfordringer, hvis muligheden for gastankning ikke ligger centralt for kørselsruterne. En gasdrevet bil kan ikke køre på andre drivmidler, så et køretøj, hvor gastanken er tømt, må enten afhentes med blokvogn (dyrt) eller have tilkørt gas i en "reservetank" (mindre tankcontainer, der kan køres på en mindre ladbil, og hvorfra der hurtigt kan overføres gas nok til det strandede køretøj, så det kan køre til tankningsanlægget).

De første gasbiler til affaldsindsamling har for i hvert fald et fabrikkens vedkommende haft voldsomme driftsproblemer pga. høje motortemperaturer med motorudskiftninger til følge.

Miljømæssige forhold:

Ved anvendelse af gas i forhold til diesel opnås følgende reduktioner (uafhængig af, om der er tale om bionaturgas eller naturgas):

- NO_x og SO_x: ca. 40-45 %
- VOC: ca. 20 %
- Partikler: ca. 25 %

Den helt store miljømæssige (klimamæssige) fordel opnås, hvis der køres på biogas. Herved opnås en reduktion af CO₂ emissionen med ca. 90 %.

Forsyning (forsyningsikkerhed/tilgængelighed):

I dag er der 17 gastankstationer i Danmark alle lokaliseret i tilknytning til naturgasnettet. Alle steder kan der tankes bionaturgas (opgraderet biogas). Nærmeste etablerede tankstation i forhold til RenoDjurs' opland ligger i Silkeborg (ca. 100 km). Der er naturgasledninger i Favrskov Kommune (Hinnerup-Søften) relativ tæt på forbrændingsanlægget i Lisbjerg, som benyttes af RenoDjurs. Det vil derfor måske være muligt at etablere en gastankstation her, men dette kræver en nærmere undersøgelse, og erfaringsmæssigt tager denne proces tid (hvem skal etablere, skal f.eks. busser også forsynes, VVM, egnede lokaliteter til tung trafik, økonomi, m.m.).

En mulig teknisk løsning på tankningsproblematikken kan være at etablere et decentralt tankningsanlæg, der forsynes med CNG fra en tanktrailer, som igen fyldes på en tankningsstation på naturgasnettet. Sådanne løsninger findes udbredt i stor stil i Sverige, hvor CNG til transportformål er vidt udbredt, men naturgasnettet er ikke udbygget som i Danmark. Gastankstationerne forsynes derfor med CNG tilkørt på lastbil.

Økonomi:

CNG-løsninger er dyrere end anvendelse af dieselmotor. Et chassis koster typisk ca. 200-250.000 DKK mere end et tilsvarende dieselbaseret chassis (svarende til typisk 25-30 % merpris).

Driftsmæssigt er CNG dyrere end diesel. Omkostningerne til drivmiddel er ca. 10-15 % højere, hvilket skyldes lavere brændstofeffektivitet for CNG, og fordi CNG pr. energienhed er dyrere end diesel. Dagspriser for CNG er ult. april 2018 omkring 8,80-8,90 DKK DKK/Nm³. Serviceomkostninger er også højere – en servicekontrakt vil typisk koste 20-30 % mere end en tilsvarende for et dieselkøretøj.

Skal der etableres et decentralt tankningsanlæg til CNG, vil selve tankanlægget inkl. kompressor koste ca. 2 mio. DKK. Anlægget skal løbende forsynes med gas tilkøbt med en tanktrailer. Afhængig af størrelsen af den gasmængde, der skal transporteres (som igen afhænger af, hvor mange biler, der skal tankes og deres kørselsbehov), skal der investeres mellem ca. 3 og 6 mio. DKK, idet der skal anskaffes 2 tanktrailere – en der er tilsluttet tankningsanlægget som gaslager og en, der er under opfyldning på gasnettet eller på vej til/fra opfyldningsstedet på gasnettet. Udstyret kan leases, og der kan indgås serviceaftaler om vedligehold og alarmudkald. Gasselskaberne leverer p.t. ikke decentrale tankanlæg som en del af produktpaletten.

2.1.4 EL (HERUNDER HYBRIDDRIFT)

Teknisk løsning:

Der er 2 teknologimuligheder: 100 % eldrift og hybriddrift (diesel og el).

Komprimatorbiler med 100 % eldrift har været på markedet i flere år. 1. generationskøretøjerne er baseret på et traditionelt lastbilchassis med kardan- og bagaksel, men hvor forbrændingsmotoren er erstattet af en elmotor. Kan være med transmission. På nuværende tidspunkt findes der i Danmark en leverandør af 1. generations komprimatorbil, PVI (fransk/engelsk chassis og komprimeringsenhed), men bl.a. VOLVO har netop introduceret et 100 % elektrisk renovationskøretøj.

De øvrige chassisleverandører vurderer, at eldrevne renovationskøretøjer med rækkevidde på op til 300 km vil være markedstilgængelige i løbet af få år.

2. generationskøretøjer er under udvikling, bl.a. i Danmark, hvor Banke, ARWOS og Odense Renovations planlægger at sætte en 100 % eldrevet komprimatorbil på gaden omkring årsskiftet 2018/19. Her er elmotorerne placeret på de drivende hjul (som på elbiler til persontransport), og chassiset er bygget op i en gitterkonstruktion og ikke med 2 langsgående vanger, som ellers er det normale på lastbiler. Dette giver bedre mulighed for at indrette førerkabinen ergonomisk samt øger nyttelasten.

Som energilagring anvendes et batteri - i dag normalt et antal lithiumion batterier (2-6). Batteripakken har typisk en energikapacitet på 100-300 kWh, hvilket efter leverandørplysninger skulle kunne give en rækkevidde på op mod 300 km, hvilket dog p.t. ikke er dokumenteret ift. indsamling af affald. De nyeste lithiumion batterier kan hurtigoplades på 1-2 timer eller oplades normalt på ca. 10 timer. Blybatterier anvendes ikke pga. vægten (reduceret nyttelast) samt kortere levetid af batterierne. Levetiden for lithiumion batterier opgives af leverandørerne at være 8-10 år, svarende til køretøjets normale afskrivningsperiode. Batteriet oplades som udgangspunkt via elnettet, når køretøjet ikke benyttes (og elektriciteten kan dermed være VE-strøm). Ligeledes kan bremseenergien – i teorien - benyttes til opladning af batteriet, men denne option forudsætter jævn opbremsning fra normal marchfart og ikke de hyppige start og stop ved lav hastighed, som er det typiske for køretøjer, der indsamler affald.

Elektriciteten kan også produceres på køretøjet med en brændselscelle med enten brint eller metanol som brændstof. Teknologien er p.t. under udvikling til tung transport (busser), men vurderes ikke at være kommercielt tilgængelig for køretøjer til affaldsindsamling og transport de næste par år.

Hybridkøretøjer er konventionelle diesel/gaskøretøjer forsynet med et batteri og en elmotor. Elmotoren er typisk monteret i forbindelse med gearkassen. Batteriet oplades af motoren under normal drift eller via elnettet. Hybridkøretøjerne fungerer som eldrevne køretøjer i tættere byområder,

Miljømæssige forhold:

Op til 90 % CO₂ reduktion ved 100 % eldrift – hvis el er VE.

Forsyning (forsyningsikkerhed/tilgængelighed):

Forsyning fra elnettet.

Økonomi:

100 % el-drift har hidtil betydet en fordobling af anskaffelsesprisen ift. en konventionel dieseldrevet enhed. En 100 % eldrevet komprimatorbil koster således typisk ca. 3,5 mio. DKK, hvilket er ca. 100 % mere end en tilsvarende dieseldrevet. Hvordan prisudviklingen bliver, når flere chassisleverandører går på markedet med 100 % eldrevne enheder, kan ikke forudsiges. Formentlig betyder teknologisk udvikling og konkurrence mellem producenterne, at meromkostningen reduceres væsentligt (som for computere, solceller, vindmøller og anden ny teknologi).

Hybrid teknologi er billigere, men man skal stadig væk regne med 40-50 % merudgift for chassis ift. konventionelt dieselchassis (batteripakke, styring samt elmotor koblet på gearkassen).

2.2 HJÆLPEUDSTYR

På kommerciel basis tilbydes i dag eldrevne komprimatorer. Eldrevne kraner findes også på markedet (1 producent), men der er tilsyneladende ikke kommet andre fabrikater siden introduktionen i 2014. Tilsyneladende tilbydes – endnu - ikke et elektrisk drevet flak. Eldrevet hjælpeudstyr kan benyttes på alle køretøjer uanset køretøjets drivmiddel. Brug af elektrisk drevet hjælpeudstyr knytter sig tæt til, at motoren – for at reducere støj og luftforurening - stoppes, mens hjælpeudstyret arbejder.

2.2.1 ELDREVNE KOMPRIMATORER

Teknisk løsning:

Komprimatorens hydraulik drives af en elmotor, der forsynes med strøm fra en batteripakke (se informationer om batteripakken i afsnit 2.1.4). Den største miljømæssige effekt – luftemissioner og støj – opnås, hvis motoren stoppes, når beholdere skal løftes og tømmes og komprimeringsenheden aktiveres. Der er i flere tilfælde konstateret problemer i forbindelse med hyppige start/stop af motoren. Det drejer sig både om køretøjer, hvor motorerne (diesel Euro VI) for at forurene mindst skal opretholde en vis driftstemperatur – hvilket ikke kan sikres ved hyppige start og stop. Hyppige start/stop har også vist sig at være et problem for startermotorerne på lastbilerne med reparationer eller udskiftning af startermotorer til følge. Disse problemer løses ved at lade motoren køre i tomgang, mens den eldrevne komprimator står for tømningen af beholdere og komprimering af affaldet. Anvendelse af eldrevne komprimatorer er i dag meget udbredt – både på diesel og gaschassis. Der kan vælges en fuld batteripakke, der har et energiindhold svarende til en hel dags tømninger (helt op til 12 timer) eller en lille pakke, der giver energi til ca. 30 beholderløft. En eldrevne

komprimator reducerer nyttelasten, da batteripakken vejer mellem 500 og 1000 kg. Batteridrift af komprimatoren giver tilsyneladende ingen driftsmæssige problemer.

Miljømæssige forhold:

Eldrift af komprimator vil give en besparelse på 15-25 % CO₂ ækvivalenter – forudsat at bilens forbrændingsmotor stoppes, og der anvendes ikke fossilt el. De væsentligste miljøfordele ved eldrift af komprimatorer ligger i lokalmiljøet, hvor der opnås en betydelig støjreduktion samt en reduktion af emissionen af gasser fra motoren (fordi motoren slukkes eller som kører tomgang under eldrift af komprimatoren).

Forsyning (forsyningsikkerhed/tilgængelighed):

Forsynes fra elnettet.

Økonomi:

En fuld batteripakke inkl. styringssystem, der har kapacitet til drift af komprimatoren en hel arbejdsdag, koster ca. 4-500.000 DKK.

En mindre batteripakke med styresystem, som har kapacitet til at løfte 30 containere og tømme dem, koster ca. 50.000 DKK.

2.2.2 ELDREVNE KRANER

Teknisk løsning:

Det eneste kendte nuværende fabrikat (HIAB) tilbyder ca. 2 timers driftstid på en opladning af batterierne (7 timers opladning, 40 kWh kapacitet på et lithiumion batteri. Elmotor til hydraulikpumpe 32 kW. Kranen har samme kapacitet som konventionel kran - kan løfte 2-3 ton med 10 m arm. Opladning sker ved 3-faset 400V 16A.

Miljømæssige forhold:

Støjniveau ved eldrift (motor slukket) reduceres med 30 %. Reduktion af luftemissioner som for andre eldrevne enheder, når forbrændingsmotoren er slukket.

Forsyning:

Forsynes fra elnettet.

Økonomi:

Ingen tilgængelige oplysninger om økonomi, men det må antages, at merinvesteringen i batteripakken med styring er i størrelsesorden 100-200.000 DKK ud fra hvad batteripakkerne til komprimatorer koster. Producenten angiver 70 % lavere driftsomkostninger, men dette er baseret på data fra Sverige, hvor el pr. energienhed er billigere end diesel.

2.3 ANDRE INDSATSOMRÅDER OG TEKNOLOGISKE LØSNINGER

For fuldstændighedens skyld nævnes herunder nogle indsatsområder eller andre teknologiske løsninger, der kan have en – normalt marginal – miljø- og klimamæssig effekt.

- Automatisk stop/start funktion, når køretøjet kører i tomgang.
Er som regel knyttet til elektrisk drift af hjælpeudstyr, hvor motoren (diesel) slår fra under f.eks. komprimering, men kan også implementeres særskilt – hvor betydningen dog er reduceret, fordi motoren skal levere effekt til hjælpeudstyret. Der kan forventes en CO2 reduktion på ca. 5 %. Tilbagebetalingstid 1-2,5 år. Der er en lille effekt for luftkvalitet og støj (motoren kører mindre), som især har betydning ved kørsel i byområder. De ekstra komponenter antages kun at have marginal betydning for køretøjets samlede LCA. Leverandørerne hævder at mange start og stop ikke medfører ekstra slid og dermed reparationer. En enkelt entreprenør har dog haft store problemer og har måttet skifte starter flere gange. Se også afsnit 2.2.1.
- Anvendelse af dæk med lav rullemodstand.
Der opnås en reduktion af CO2-emissionen i størrelsesordenen 1-5 %.
Dæk med lav rullemodstand kan have en lidt kortere levetid end normale dæk. CO2 reduktionen og sparede omkostninger til drivmidler forventes at modsvare den kortere levetid.
- Undervisning i miljø- og energirigtig kørsel
Uddannelse af chauffører i miljø- og energirigtig kørsel har effekt for såvel emission og energiforbrug, omend effekterne nok er beskedne. Omkostningerne er meget små ift. investeringer i materiel og driftsomkostningerne i øvrigt – effekten er nok omvendt også beskedne og kvalifikationer skal opretholdes ved opfølgingskurser samt ved løbende opfølgning på den enkelte chaufførs og køretøjs performance. De store chassisleverandører har i dag sådanne overvågning.

3. IMPLEMENTERING Gennem UDBUD

Affaldskontoret har gennemgået en række nyere udbud samt talt med en del af udbydere. De udbydere, der i dag benytter alternative drivmidler til indsamlingen/transport af affald, har alle på forhånd truffet beslutning om, at der skulle anvendes nærmere angivne alternative drivmidler.

Det er ikke lykkedes at finde et eksempel på udbud, hvor valg af alternative drivmidler er sket basis af en åben konkurrence, hvor alternative drivmidler indgår i tildelingskriterierne. Miljøparametre kan indgå i tildelingen, men er så mere på kriterier for, hvordan f.eks. el produceres eller hvilken andel, der garanteres kørt på med CNG/CBG eller 2. G biodiesel. Beslutningen om at ville have et alternativt drivmiddel – f.eks. at komprimatorenheden skal drives elektrisk med batteri under tomgang – eller bilerne i videst muligt omfang skal køre på HVO er truffet på forhånd.

En vigtig årsag hertil er, at man reelt ved prioriteringen mellem pris og andre elementer i tildelingsmodellen beslutter, hvad der skal betyde mest. Hvis tilbud på anvendelse af alternative drivmidler skal kunne influere på tildelingen i forhold til den - forventeligt - væsentligt lavere pris baseret på dieselskørsel, skal miljøparameteret, alternativt drivmiddel, vægte betydeligt mere end man normalt anvender i tildelingsmodeller. Med de eksisterende udbudserfaringer på affaldsområdet kan man konstatere, at miljøparametre som oftest skal tælle mere end pris for overhovedet at få betydning. Udbyder kan derfor lige så godt fastlægge i udbuddet, at man kræver alternative drivmidler. I princippet kunne man lade forskellige alternative drivmidler konkurrere, men dette er hidtil ikke set i udbud. En forklaring kan være, at udbydere har opfattet gasmotorer, som det bedste alternativ til anvendelse i tættere byområder (som de fleste udbud med alternative drivmidler har drejet sig

om). Ren el har været for dyr og teknologisk uegnet uden for København/Frederiksberg, og biodiesel har tidligere været for meget baseret på fødevarer/foderfortrængende afgrøder samt givet tekniske udfordringer.

Alternative drivmidler, der reducerer klimabelastningen fra affaldsindsamling og -transport, er i øjeblikket dyrere end traditionel løsning baseret på diesel og et kraftudtag fra motoren til hjælpeudstyr. En medvirkende årsag til den højere pris kan være den måde, som udbud af affaldsindsamling normalt gennemføres på. F.eks. betyder udbudsperioden meget, idet tilbudsgiver ved anvendelse af specielt udstyr må indregne fuld afskrivning af investeringerne i kontraktperioden. Ligeledes kan prisreguleringen i kontraktperioden være utilstrækkelig til at dække tilbudsgivers risici for prisudviklingen for alternative drivmidler. Og endelig betyder tilbudsgivers ekstrakørsel for at skulle tanke et specielt drivmiddel – og måske også tanke flere gange om dagen – også noget for tilbudsgivers prissætning (materiellet og mandskab kan ikke udnyttes lige så effektivt som ved dieseldrift). Dette taler for en længere kontraktperiode, hvilket alt andet lige normalt ikke er i udbyders interesse.

Når RenoDjurs som udbyder skal overveje, i hvilket omfang alternativer drivmidler skal bringes i anvendelse, er det vigtigt at vurdere, om de økonomiske konsekvenser for den leverede tjenesteydelse har nogen væsentlig betydning for den samlede økonomi. Det er klart, at en stor investering i et system, der kan sikre forsyning med bionaturgas til en decentral tankstation i oplandet, i kombination med det i øvrigt højere prisniveau ved at benytte gaskøretøjer, kan medføre en væsentlig fordyrelse af affaldsindsamlingen og -transporten. Det vil være hensigtsmæssigt at foretage beregninger af, hvad konsekvensen for hhv. renovationsgebyr eller tømningpris for containere bliver ved anvendelse af de alternative drivmidler, som RenoDjurs vurderer er teknologisk og kommercielt tilgængelige i oplandet. Anvendelse af HVO vil således medføre en meromkostning på ca. 30 DKK årligt pr. renovationsenhed (baseret på, at merprisen for HVO er ca. 4.50 DKK pr. liter, en skraldebil (20-30.000 km/år) bruger ca. 15.000 liter brændstof om året og indsamler affald fra 2-3.000 enheder pr. uge med 2-3 mand på bilen). RenoDjurs må her vurdere, om denne merpris – eller merprisen for andre drivmidler - er acceptabel ift. den opnåede miljø- og klimaeffekt. Tilsvarende vil merprisen for at benytte en 100 % eldrevet komprimorbil være i størrelsesordenen ca. 100 DKK årligt pr. renovations enhed – hvis køretøjet i praksis kunne løfte opgaven (merprisen for 100 % el-drift, ca. 1,75 mio. DKK afskrevet over 7 år og igen fordelt på 2-3.000 tømninger pr. uge – dog ikke indregnet evt. driftsmæssige meromkostninger). Endelig vil en eldrevet komprimeringsenhed også koste ca. 30 DKK (merprisen ca. 1/2 mio. DKK afskrevet over 7 år).

4. BÆREDYGTIGHED GENERELT OG CERTIFIKATER

Et element, der - indtil videre – ikke fylder meget i overvejelserne, når miljøeffekterne skal vurderes, er køretøjets samlede miljøbelastning fra produktion til ophugning og nyttiggørelse af de indgåede ressourcer. Som det fremgår af notatet, er fokus på emissionsreduktionen ved anvendelse af et alternativt drivmiddel i forhold til referencesituationen. Den samlede miljøbelastning opgøres ikke, hvor f.eks. produktion af lithiumion batterier i lande uden en miljøregulering som i Skandinavien, brug af genanvendte materialer til køretøjet eller rydning af store tropearealer med/uden bæredygtighedscertifikater for at kunne producere palmeolie til HVO, kunne være relevante at inddrage.

Leverandører af biobrændstoffer og biogas bruger certifikater til at dokumentere, at det produkt, de sælger, har en klimaeffekt og er baseret på fornyelige ressourcer og/eller affaldsprodukter = biogent kulstof. Når man f.eks. benytter gas, benytter man i praksis en blanding af biogent og fossilt metan – herunder også naturgas,

som ikke stammer fra Nordsøen. Men via certifikatsystemet kan man være sikker på, at der er pumpet en biogasmængde ind på systemet, der svarer til det, som bliver solgt som bionaturgas. Man skal som kunde af biobrændstoffer være opmærksom på, at der findes særlige certifikater for bæredygtige biobrændstoffer. De bæredygtige biobrændstoffer er ikke produceret på raps (FAME) eller majs (biogas) eller andre afgrøder, der kunne have været anvendt til dyrefoder eller menneskeføde. Der er en forskellig prissætning for biobrændstoffer med forskellige certifikater.

Certifikater kan også anvendes i nogle sammenhænge koblet til salg af fossile brændstoffer, idet producenten har købt CO2 reduktioner, som så "videresælges" med produktet. Som udgangspunkt er det ligegyldigt om CO2-reduktionen optræder i Danmark eller Sydafrika, da klimaproblematikken er global. Men formidlingsmæssigt er det nok svært at forklare borgerne, at CO2 emissionen bliver reduceret med x % ved at benytte en dieselskraldebil til at indsamle affald på Djursland.

5. OPSUMMERING

- Rækkevidder ved anvendelse af alternative drivmidler:

- Diesel ca. 200-250 km
- Biodiesel ca. 220 km
- Bioethanol ca. 125 km
- CNG ca. 150-200 km
- El i dag 50-100 km - måske op til 200 km omkring 2021/22.

- Anskaffelse - merpris ift. standardudstyr (diesel og kraftudtag på dieselmotor). Tallene er størrelsesordener og varierer fra leverandør til leverandør:

- Syntetisk diesel/biodiesel (HVO) Samme køretøj, dvs. ingen merpris
- CNG/CBG 200-250.000 DKK svarende til + ca. 25-30 % på chassspris
- Ethanol 50.000 DKK svarende til ca. +3-5 % på chassspris
- Ren el 1,5-2 mio. DKK for færdig komprimatorbil, svarende til + ca. 100 %
- Hybrid el til diesel/CNG 350-400.000 DKK svarende til + ca. 40-50 % på chassspris
- Eldrevet komprimeringsenhed 4-500.000 DKK (med batterikapacitet til mindst 1 skift)
- Eldrevet komprimeringsenhed 40-50.000 (med batterikapacitet til 30 løft)

- Driftsomkostninger - merpris ift. dieselkøretøj (grundet kørselsmønster vil der være variationer for ophalerbiler og komprimatorbiler). Øget medarbejdertid til tankning med f.eks. gas ikke indregnet:

- Brændstof gas ca. 10 % (gaspris og virkningsgrad)
- Brændstof FAME ca. 20 % (brændstofpris og virkningsgrad)
- Brændstof HVO ca. 50 % (brændstofpris og virkningsgrad)
- Servicekontrakt gaskøretøj ca. 20-30 %
- Servicekontrakt HVO 0 % (evt. lidt kortere olieskiftinterval)

- Konsekvenser for renovationsgebyr ved anvendelse af alternative drivmidler i forhold til en traditionel dieseldrevet komprimatorbil. Tallene er indledende skøn baseret på, at merprisen afskrives over køretøjets levetid, ca. 8 år, og at køretøjet med 2-3 mand på bilen kan tømme ca. 2-3.000 renovationsenheder (standardspande eller -sække) om ugen.

- HVO 30 DKK/år
- 100 % eldrevet indsamlingsbil 100 DKK/år
- Eldrevet komprimatorenhed 30 DKK/år

- Andre indsatsområder og teknologivalg:

- Motorstop ved tomgang giver problemer.
- Uddannelse i miljø- og energirigtig kørsel og anvendelse af dæk med lav rullemodstand er selvfølgelig godt, men effekten marginal.

- Kvalitativ vurdering af performance af forskellige drivmidler ift. diesel:

Drivmiddel Chassis	Egnethed		CO2 reduktion	Partikler	NOx	Støj
	Kompri- matorbil	Ophalerbil				
GTL	+++	+++	marginal	marginal	marginal	0
Naturgas	+++	+++	15 %	50 %	40-45 % **	+
Biogas	+++	+++	op til 90 %	50 %	40-45 %	+
FAME (brændstof egenskaber)	+	+	op til 90 %			0
HVO	+++	+++	op til 90 %	30 %	Marginal (som diesel)	0
Ethanol	+++	+++	op til 90 %	?	?	0
Hybrid (krav om jævn op- bremsning) *	-	+++	20 % 90 % (hvis biogas)	20 %	Op til 100 % ved eldrift	++
El (reduceret last og rækkevidde)	++	++	80-100 % (VE el)	100 %	100 %	+++

* Jævn opbremsning er nødvendig, da bremseenergien genvindes.

** Hvis forhøjet motortemperatur risiko for øget NOx dannelse, som reduktionsudstyret måske ikke kan håndtere.



REFERENCER:

- /1/ ALTERNATIVE DRIVMIDLER TIL RENOVATIONSBILER. Analyse af drift af dagrenovationsbiler på biodiesel, bioethanol, biogas og el. Grøntmij. April 2013
- /2/ European Commission: Best Environmental Management Practices for the Waste Management Sector, January 2018
- /3/ UDBUDSGUIDEN. Biogas som drivmiddel i offentlige flåder. Biogas 2020. 2017

KONTAKTER:

Leverandører:

Shell/DCC Energi. Per Ollikainen, + 45 2220 5307, per.ollikainen@shell.com /Allan Jensen +45 2220 5212, allan.jensen@dccenergi.dk

Biofuel Express A/S, Traneparken 10, 8960 Randers. Martin Sebastian Agdal, +45 2926 4122 / +45 7026 4122, msa@biofuel-express.com

Serenergy A/S, Lyngvej 8, 9000 Aalborg. Mads Bang (+45 8880 7040)

SAWO A/S, Knapholm 8, 2730 Herlev. Preben Liliiegren Larsen (+45 2774 7700), pll@sawo.dk

Nærenergi Danmark A/S, Knud Bro Alle 4B, 3660 Stenløse. Steen Penzien-Mikkelsen, +45 6128 0816, steen.penzien@narenergi.dk, Jacob Himmelstrup, jacob.himmelstrup@narenergi.dk, +45 2427 9704

VOLVO, Klaus Jensen, +45 4454 6600

SCANIA, Industribuen 19, 2635 Ishøj, Kasper Rasmussen/Anton Freiesleben, +45 2551 9400 /+45 25 51 80 49, kasper.rasmussen@scania.dk, anton.freiesleben@scania.dk

Mercedes, Ole Pedersen, ole.pedersen@daimler.com, +045 3378 5656

Nature Energy. Svend Dover, +45 4041 8585, sdo@natureenergy.dk, Morten Gyllenborg, +45 2876 9706, mog@natureenergy.dk

Entreprenører/vognmænd:

HCS A/S, Mads Frederiksen, +45 2845 8037 / +45 4329 9837, mads.frederiksen@hcs.dk

M. Larsen A/S, Claus Barslund, +45 20 33 48 28 /+45 43 63 18 28, cb@mlarsen.dk

RenoNorden, Thorbjørn Rosenkilde, +45 5625 0550/+45 4189 2007, thr@renonorden.dk

Odense Renovation A/S, Lars T. Hansen, + 45 6313 8222, lth@odenserenovation.dk

AffaldPlus, Leo Andersen (– tidligere M. Larsen A/S), +45 2479 3632 / +45 3031 6330, leo@affaldplus.dk

City Container Cph, Frank Meyer, +45 4015 5530, fme@citycontainercph.dk

Udbydere/indkøbere:

Aarhus kommune, Tom Ellegaard, +45 4185 7135, toel@aarhus.dk

Københavns Kommune, Iben Carlsen, +45 2452 4472, ibcarl@tmf.kk.dk

Frederikssund Kommune, Tom Johansen, +45 4735 2384, tjoha@frederikssund.dk

Silkeborg Forsyning, Karsten Sønderborg, +45 8920 6435, ks@silkeborgforsyning.dk

Slagelse Kommune, Gurli Møller, +45 5857 3383, gumol@slagelse.dk

Næstved kommune, Knud-Arne Nygaard, +45 5588 6187, knnyg@naestved.dk

Vordingborg kommune, Henrik Sørensen, +45 5536 2474 hens@vordingborg.dk

AffaldPlus, Arne Kristensen, +45 5575 0849, akr@affaldplus.dk

Ole Nielsen, Frederiksberg Kommune. Ole Nielsen, +45 3821 4116, olni02@frederiksberg.dk



Affaldskontoret

Andre:

Biogas Global/ NOFOSS, Poul Erik Pedersen, +45 22 33 95 51, pop@biogasglobal.com