

WITBOEK DELFZIJL 2020

LIGHT METAL CAPITAL OF EUROPE



**Een verkennende studie naar de levensvatbaarheid
van de lichtmetaalindustrie in Noordoost-Nederland**

21 januari 2014
Drs. W.T. de Lange
LaMilCo Adviesbureau

WITBOEK DELFZIJL 2020

Inhoudsopgave

1. Inleiding	3
2. Aluminium: energieslurper of duurzaam materiaal?	4
3. Energiesituatie in Noordoost-Nederland	5
4. Flexibele productie.....	6
5. Vloeibaar-metaal-batterij.....	7
6. Alydro technologie.....	8
7. Delfzijl in 2020	10
Referenties	11
Colofon	12



Figuur 2. De laadsteiger van Aldel gezien vanaf het water

Foto: © F.L. Kemper

1. Inleiding

Voor u ligt een verkennende studie uitgevoerd door LaMilCo Adviesbureau naar de mogelijkheden om het industriegebied rond Delfzijl verder te ontwikkelen als internationaal schakelpunt op het gebied van duurzame energie, gebruik makend van de strategische ligging en de bestaande infrastructuur. Uitgangspunt is daarbij het behoud van de aluminiumsmelterij Aldel, die onlangs stilgelegd is, in afwachting van de verdere ontwikkelingen; het smelten van aluminium zou niet meer rendabel zijn vanwege de hoge energiekosten.

Aldel werd in 1966 gebouwd, het bedrijf zal/zou in 2016 dus 50 jaar bestaan. In dit rapport wordt er in principe van uitgegaan dat de fabriek behouden blijft tot (ver) na 2020, vandaar de optimistische titel Witboek Delfzijl 2020. Het koste wat kost openhouden van het bedrijf is daarbij geen doel op zich; wel is rekening gehouden met (het voorkómen van) de negatieve consequenties van sluiting: kapitaalvernietiging alsmede verlies van werkgelegenheid en expertise op het gebied van lichtmetaalverwerking.

Leeswijzer

Deze rapportage is als volgt opgebouwd: na een beschrijving van aluminium als veelzijdig metaal (hoofdstuk 2) wordt de energiesituatie in de regio beschreven (hoofdstuk 3) alsmede de noodzaak tot een meer flexibele productie (hoofdstuk 4). Vervolgens worden in hoofdstuk 5 en 6 nieuwe technieken met betrekking tot lichte metalen besproken, waarna in hoofdstuk 7 een beeld wordt geschetst van Delfzijl zoals het er in 2020 uit zou kunnen zien.



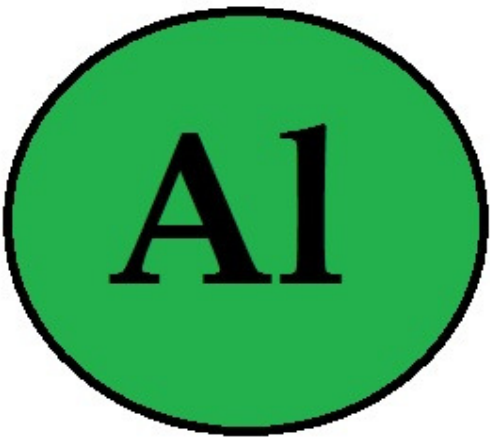
Figuur 3. Aluminium persstaven (bron: Aldel)

2. Aluminium: energielurper of duurzaam materiaal?

Het produceren (smelten) van aluminium ‘kost’ veel energie, dat weet iedereen. Net als ijzer is aluminium een zogenaamd onedel metaal dat niet van nature in de aardkorst voorkomt maar alleen als verbinding, meestal met zuurstof (aluminiumoxide). Voor het vrijmaken van het metaal uit het oxide, het reduceren van het erts, is veel energie nodig, welk proces daar ook voor gebruikt wordt. Aluminiumsmelterijen staan daarom vaak op plaatsen waar veel (relatief ‘goedkope’) energie beschikbaar is, zoals bij waterkrachtcentrales. Voor de winning van het erts, bauxiet, en het opwerken daarvan tot het tussenproduct (aluinaarde) is ook nog eens veel energie nodig, net als voor het transport ervan. Voor de productie van 1 kg aluminium uit bauxiet is ca. 155 MJ nodig. Geen wonder dat het produceren van aluminium over het algemeen wordt beschouwd als een bij uitstek energieverslindend en (dus) niet-duurzaam proces.

Aluminium is echter juist een zeer duurzaam materiaal. In de eerste plaats letterlijk (‘durable’): het gaat lang mee, dankzij het stabiele oxidelaagje dat automatisch wordt gevormd op het oppervlak en dat verdere corrosie van het metaal tegengaat. In de tweede plaats is het ook ‘sustainable’ in die zin dat het vaak wordt gebruikt in plaats van andere (zwaardere) metalen, hetgeen energie bespaart, bijvoorbeeld in de vliegtuig- en automobiellindustrie. Bovendien is het metaal relatief gemakkelijk te recyclen en wordt bij het hersmelten ervan maar een fractie gebruikt van de energie die nodig was voor primaire productie.

In feite is het onjuist om bij de productie van aluminium te zeggen dat dit energie ‘kost’: het is eerder het omzetten van de ene vorm van energie in een andere, met andere woorden, het metaal **aluminium is eigenlijk te beschouwen als een energiedrager**. Het reduceren en oxideren van aluminium(oxide) is een reversibel proces met een hoge efficiëntie, zoals o.a. aangetoond door de Israëlische firma Alchemy Research. In de nabije toekomst kan aluminium daarom een belangrijke rol gaan spelen als energiedrager: een stabiel en relatief inert materiaal met een hoge energiedichtheid, gemakkelijk en veilig op te slaan en te vervoeren.



Figuur 4. Aluminium: het groene element?

3. Energiesituatie in Noordoost-Nederland

Sinds de aanboring van de aardgasbel van Slochteren in 1959 heeft het noordoosten van Nederland zich ontwikkeld als een belangrijke speler op het gebied van de (inter)nationale energievoorziening. De ruime beschikbaarheid van energie en arbeid (vanwege de verregaande mechanisering van de landbouw) hebben de komst van energie- en arbeidsintensieve bedrijven als Aldel en Akzo (Nobel) gestimuleerd. De Eemshaven heeft zich steeds meer ontwikkeld als de energiehaven van Nederland, met de bouw van talloze elektriciteitscentrales en terminals voor olie, gas en LNG. De regio bevindt zich niet alleen bovenop de nationale gasvoorraden, maar is ook de spin in het Europese gas- en elektriciteitsweb, met een sterke energie- en agro-industrie en een strategisch ligging voor offshore windenergie. Veel lokale bedrijven en onderzoeksinstellingen zijn actief betrokken bij energieprojecten.

De opwekking en het gebruik van elektriciteit zijn van oudsher vraaggestuurd: overdag is vaak meer stroom nodig dan 's nachts en in het weekend, pieken in het stroomverbruik werden/worden opgevangen door het al dan niet inzetten van flexibele (meestal gasgestookte) centrales. Met de opkomst van hernieuwbare bronnen als zonne- en windenergie is dit traditionele patroon gewijzigd: zon en wind laten zich nu eenmaal moeilijk 'uitzetten', dus moeten pieken in de aanvoerlijn worden opgevangen door afschakeling van andere centrales, extra gebruik of opslag van de overtollige stroom. Aangezien in Duitsland relatief veel zonne- en windenergie wordt opgewekt en de Europese netwerken gekoppeld zijn heeft het Nederlandse net hier 'last' van op zonnige en/of windrijke dagen in Duitsland.

Energie-intensieve bedrijven als Aldel kunnen een belangrijke rol (gaan) spelen in de opvang van de pieken in de aanvoerlijn, mits zij zelf ook flexibel om weten te gaan met elektriciteit. Terwijl consumenten uitblinken in grillig en onvoorspelbaar gedrag is het voor netwerkbeheerders prettig om in het geval van bijzondere situaties te kunnen rekenen op grootverbruikers die hier actief en voorspelbaar op reageren.



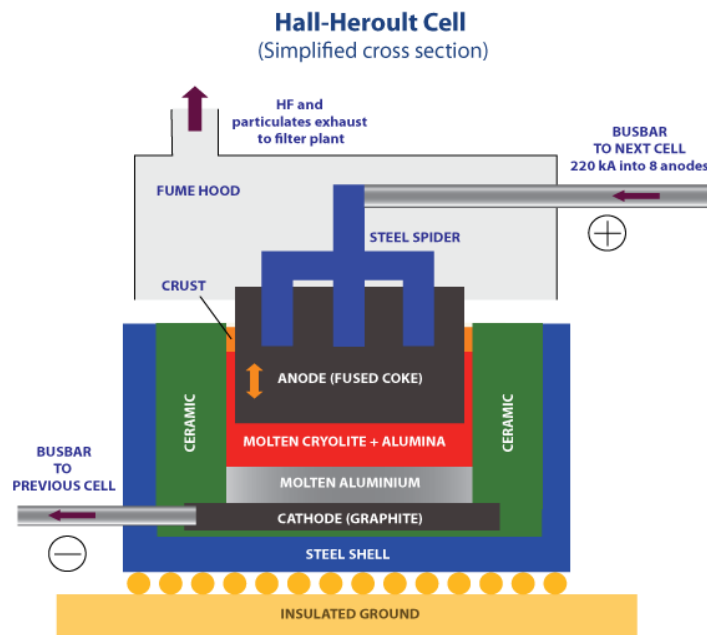
Figuur 5.

Delfzijl, strategisch gelegen ten opzichte van vele (potentiële) energiebronnen en -dragers, zowel hernieuwbaar als fossiel:

- wind (Noordzee, Duitsland, Denemarken)
- waterkracht (Noorwegen)
- zon (Duitsland)
- steenkool, aardgas, LNG (Eemshaven)

4. Flexibele productie

Aluminium wordt voornamelijk geproduceerd door middel van elektrolyse volgens het Hall-Thérout proces, ontwikkeld in 1888. Sindsdien is dit proces steeds verder geoptimaliseerd, waardoor de netto energie-input minimaal is: een groot deel van de ingevoerde elektriciteit wordt omgezet in “chemische energie”, of de verbrandingswaarde van het geproduceerde aluminium. Het proces is het meest efficiënt wanneer er een constante aanvoer van elektriciteit is.



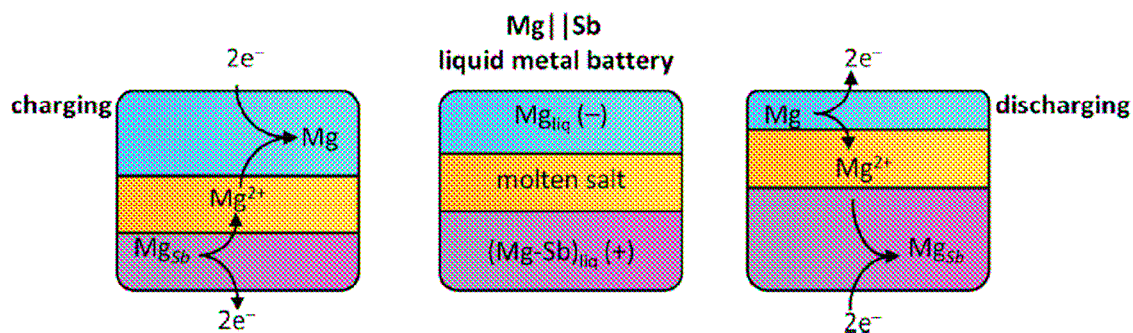
Figuur 6. Het Hall-Thérout proces (schematisch)

Om een bedrijf als Aldel optimaal te kunnen laten inspelen op de aanbod van (goedkope) elektriciteit is het noodzakelijk om de bedrijfsprocessen flexibel te laten verlopen. Dit kan enerzijds door de toevoer van elektriciteit aan het hoofdproces te variëren, anderzijds door het aan- of uitschakelen van nevenprocessen die minder elektriciteit verbruiken (of juist opwekken). Hierbij valt te denken aan het (tijdelijk) toevoegen van meer secundair aluminium, waardoor de netto elektriciteitsbehoefte daalt, of door het toepassen van nieuwe technieken. Twee recent ontwikkelde op lichte metalen gebaseerde technieken springen daarbij in het oog: de vloeibaar-metaal-batterij (Liquid Metal Battery, LMB) en de productie van aluminium als brandstof volgens het AlHydro-concept. In de komende hoofdstukken worden deze technieken nader toegelicht.

5. Vloeibaar-metaal-batterij

Onlangs is door Prof. Donald Sadoway (MIT) een batterij ontwikkeld die louter vloeibare metalen en zouten bevat, de liquid metal battery (LMB). Het idee achter deze batterij is dat met relatief goedkope materialen een efficiënt energie-opslagsysteem kan worden ingezet voor het opvangen van pieken en dalen in vraag en aanbod van elektriciteit, mede gelet op de voortschrijdende decentralisatie van de opwekking daarvan.

De tot nu toe meest veelbelovende batterij bevat de metalen antimoon en magnesium, en een elektrolyt bestaande uit $MgCl_2$, KCl en NaCl. Doordat de metalen en de zouten onderling niet mengen, en door het verschil in dichtheid, bevat de batterij drie gescheiden lagen. De onderste laag bestaat uit een legering van antimoon en magnesium. Bij het opladen van de batterij worden Mg^{2+} -ionen in de gesmolten zoutlaag gereduceerd tot Mg^0 (metallisch magnesium). Aangezien dit lichter is dan het elektrolyt migreert het uit het zout naar boven, zodat de laag magnesium breder wordt. Bij het ontladen van de batterij wordt het magnesium geoxideerd tot Mg^{2+} . Zie onderstaand schema.



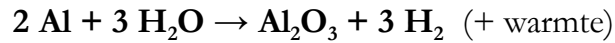
Figuur 7. Het principe van de magnesium-antimoon batterij. (Bradwell, 2012)

Nadeel van dit soort batterijen is de relatief hoge bedrijfstemperatuur (ca. 700 °C). Ook lijkt het lastig om de batterij op te schalen, het is vermoedelijk efficiënter om veel cellen in serie te schakelen (modulair) dan om één grote cel te maken. Op dit moment werkt het team van Prof. Sadoway aan het prototype van een grotere cel; tegelijkertijd wordt nog onderzocht welke andere (goedkopere) metalen in aanmerking komen voor deze toepassing, waaronder aluminium. Op grond van de kostprijs zou een aluminium-calcium batterij bijvoorbeeld een goede kans maken.

Onlangs had ondergetekende een gesprek met **Michael Kearney** van Ambri Inc., het bedrijf dat de Liquid Metal Battery verder ontwikkelt. Hij bleek zeer geïnteresseerd in het idee voor een 'pilot plant' in Delfzijl, maar vond het nog te vroeg om er een uitspraak over te doen. Op de middellange termijn zag hij zeker mogelijkheden, vooral vanwege de strategische ligging (vanuit energetisch oogpunt), en het relatief gunstige politieke klimaat. Ook het feit dat in de regio veel kennis en ervaring aanwezig is op het gebied van lichte metalen zag hij als een groot voordeel.

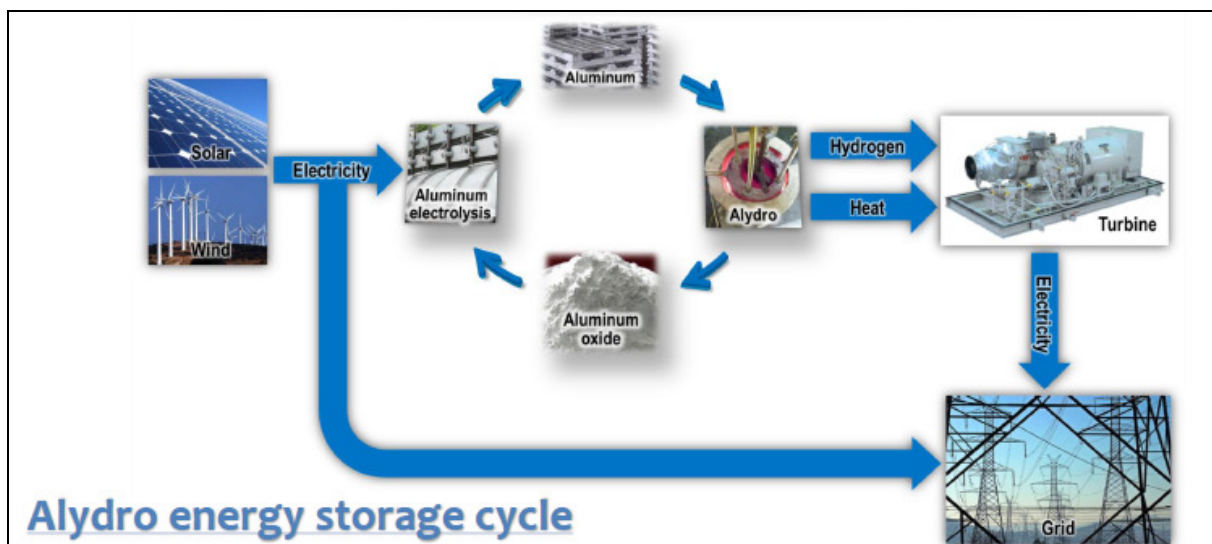
6. Alydro technologie

Dat aluminium een uitstekende energiedrager kan zijn, is ook aangetoond door o.a. de Israëlische firma Alchemy Research. Zij heeft de zogenaamde Alydro technologie ontwikkeld, waarbij aluminium als 'brandstof' dient. De reactie van aluminium met water (stoom) bij hoge temperatuur levert waterstof en aluminiumoxide, terwijl daarnaast ook veel warmte wordt gegenereerd.



Het gevormde waterstofgas kan vervolgens worden gebruikt voor (in situ) elektriciteitsproductie. Het aluminiumoxide is weer eenvoudig met behulp van elektrolyse om te smelten tot aluminium, waarmee de kringloop is gesloten.

Schematisch:



Figuur 8. De Alydro cyclus. Bron: Alchemy Research, Israël

De meest uitvoerig onderzochte toepassingen van de Alydro technologie zijn:

- motorbrandstof
- energieopslag

De aluminium-water auto

De ontwikkeling van een automobiel met een aluminium-water motor staat nog in de kinderschoenen. Het concept is echter veelbelovend: een auto die alleen aluminium en water als brandstof gebruikt, die geen schadelijke gassen uitstoot en slechts (recycleerbaar) aluminiumoxide als reststof heeft. Zo zou je in het tankstation van de toekomst niet alleen benzine, (bio)diesel of LPG kunnen tanken of je auto aan het stopcontact kunnen leggen, maar ook een zak aluminiumpoeder kunnen kopen tegen inlevering van een zak aluminiumoxide. De energiedichtheid (verbrandingswaarde) van aluminium is veel groter dan die van fossiele brandstoffen, bijvoorbeeld 2,5 keer zo groot als die van diesel. Met een tank van 60 liter aluminium zou dus 2400 km af te leggen zijn zonder bijtanken. Toekomstmuziek? Jazeker, maar bepaald niet onrealistisch.

Duurzame energieopslag

Met behulp van de Alydro-technologie kan een bijdrage worden geleverd aan de efficiënte inzet van elektriciteit, met name wanneer deze afkomstig is van hernieuwbare bronnen zoals zon en wind. In een speciale Alydro-generator wordt elektriciteit geproduceerd uit aluminium en water op momenten dat de vraag naar elektriciteit groter is dan het aanbod, bijvoorbeeld vanwege de weersomstandigheden. Het gevormde aluminiumoxide wordt meestal niet ter plekke hergebruikt; het wordt ingezameld en in een speciale fabriek opnieuw gereduceerd tot aluminium, waarna het weer als brandstof kan worden gebruikt. Gedurende deze cyclus treedt in principe vrijwel geen materiaalverlies op.

In vergelijking met gangbare generatoren biedt de Alydro-generator vele voordelen: hij is zeer stil, produceert geen afval anders dan (recycleerbaar) aluminiumoxide en neemt relatief weinig ruimte in. De opslag van 1 MWh vergt slechts 43 liter; voor diesel is dit 105 liter, voor een lithiumbatterij 3300 liter. Verder is aluminium een niet-toxisch materiaal dat onder normale omstandigheden inert en niet brandbaar is, en veilig te vervoeren en op te slaan. Wanneer het gevormde waterstofgas direct wordt omgezet in elektriciteit (of een andere vorm van energie) zijn de veiligheidsrisico's daarvan ook beperkt.

Strategische voorraad

Veel landen bezitten zogenaamde strategische voorraden grondstoffen, zoals metalen en brandstoffen, om achter de hand te hebben in het geval er (langdurige) handelsconflicten uitbreken met landen waar de betreffende grondstoffen vandaan komen. Aangezien de wereld nog altijd grotendeels draait op fossiele brandstoffen vormt de opslag van olie, gas en daaruit afgeleide producten een belangrijk deel van deze strategische voorraden. Indien een deel van deze fossiele reserves zouden worden vervangen door aluminium zou dit vele voordelen opleveren: de veiligheidsrisico's van de opslag en het vervoer van aluminium zijn te verwaarlozen ten opzichte van die van fossiele brandstoffen. Zo heeft een opslag van aluminium nauwelijks beschermende maatregelen tegen dreigingen als terroristische acties of aardbevingen. En stel dat alle olietankers zouden worden vervangen door aluminiumtankers dan worden de oceanen er gelijk een stuk veiliger op. De tankers worden dan bovendien erg efficiënt gebruikt: ze vervoeren niet alleen aluminium van de smelterijen naar de "gebruiker", maar varen ook weer terug met aluminiumoxide. Mocht er eens een schip vergaan dan heeft dat geen grote gevolgen voor het milieu: zowel aluminium als aluminiumoxide is slecht oplosbaar in water, bovendien is aluminium één van de meest voorkomende elementen in de aardkorst en voor de meeste soorten niet of nauwelijks giftig, ook niet in hogere concentraties.



Figuur 9. Nu olie, straks aluminium??

7. Delfzijl in 2020

In voorgaande hoofdstukken is een beeld geschetst van de technologieën die in de toekomst gebruikt kunnen worden in Delfzijl, gebaseerd op de kennis van en ervaring met de verwerking van lichte metalen die opgebouwd is in en bij Aldel.

Op grond van deze bevindingen wordt voorgesteld de vestiging van Aldel te behouden en te gebruiken als spil in de elektriciteitsvoorziening in Nederland en Noordwest-Europa. Wel zou de fabriek enigszins moeten worden gerenoveerd om flexibeler om te kunnen springen met een wisselend aanbod van elektriciteit. Voorwaarde is ook dat er een goede verbinding is zowel met de elektriciteitsproducenten in de regio (met name de nieuwe centrales in de Eemshaven) als met het Duitse netwerk, zoals de nieuwe kabel naar Emden die onlangs gepland is.

De regio is niet alleen belangrijk op het gebied van elektriciteit, tegelijkertijd wordt het een proeftuin voor lichte metalen, met vloeibaar-metaal-batterijen en toepassing van Alydro-technologie.

Om vraag en aanbod van elektriciteit nog beter op elkaar af te stemmen worden diverse vloeibaar-metaal-batterijen gebouwd, waarvan de werking nader wordt onderzocht. Er wordt in eerste instantie een grote magnesium-antimoon-batterij gebouwd, daarnaast wordt ook geëxperimenteerd met aluminium-calcium-batterijen. De bevindingen worden tevens gebruikt voor het verder optimaliseren van de aluminiumfabriek.

Er wordt ook een aparte fabriek gebouwd voor de productie van aluminium ten behoeve van de Alydro-technologie. In deze fabriek vindt niet alleen de productie plaats, ook wordt het gerecycleerde aluminiumoxide teruggenomen, onderzocht en zo nodig gezuiverd voor het opnieuw wordt verwerkt tot aluminium. In de regio worden experimenten opgezet met Alydro-generatoren en er komen 'tankstations' voor Alydro-auto's.

Deze 'lichtmetaal-proeftuin' trekt vooraanstaande wetenschappers en bedrijven uit de hele wereld aan en zorgt ervoor dat Delfzijl tot ver ná 2020 bekend zal staan als "Light Metal Capital of Europe", wellicht zelfs van de wereld.

Referenties

Wenjing Wei (2011): “Energy Consumption and Carbon Footprint of Secondary Aluminum Cast House”, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Menzie, W.D., et al. (2010): "The global flow of aluminum from 2006 through 2025: USGS Open-File Report 2010–1256 (<http://pubs.usgs.gov/of/2010/1256>)

The Aluminum Association (2011) "Aluminum: The Element of Sustainability - A North American Aluminum Industry Sustainability Report"

Alchemy Research (2013): “Alydro technology - the Alydro generator
<http://www.alcres.com/web/about-alydro/alydro-generator>

Donald Sadoway (2012): “The missing link to renewable energy” (TED Talk)
http://www.ted.com/talks/lang/en/donald_sadoway_the_missing_link_to_renewable_energy.html

Eric Wesoff, Greentech Media Com (7 Nov 2013): MIT Battery Startup Ambri Finds Early Customer and Christens Factory (<http://www.greentechmedia.com/articles/read/Ambri-an-MIT-Battery-Startup-Finds-Early-Customer-and-Christens-Factory>)

David J. Bradwell *et al.*, “Magnesium-Antimony Liquid Metal Battery for Stationary Energy Storage”, J.Am.Chem.Soc. **2012** (134), 1895-1897.

Colofon

Projecttitel	Witboek Delfzijl 2020
Projectomschrijving	Een verkennende studie naar de levensvatbaarheid van de lichtmetaalindustrie in Noordoost-Nederland
Initiatiefnemer	LaMilCo Adviesbureau, Groningen
Auteur	drs. W.T. de Lange
Datum oplevering	21 januari 2014

LaMilCo Adviesbureau is een onafhankelijk en objectief milieuadviesbureau gevestigd te Groningen. LaMilCo Adviesbureau streeft naar een duurzame(r) samenleving: een leefbare wereld waarin de kwaliteit van het leefmilieu wordt bevorderd door beperking van schadelijke emissies en verhoging van de externe veiligheid.

LaMilCo Adviesbureau wil hier een zinvolle bijdrage aan leveren door middel van het gevraagd en ongevraagd uitbrengen van deskundig, integer en verantwoord advies op deze gebieden.

Disclaimer

Dit rapport is zo objectief mogelijk tot stand gekomen. LaMilCo Adviesbureau heeft op geen enkele wijze financieel, economisch of emotioneel voordeel bij de uitkomsten van het rapport, met dien verstande dat, gezien de geografische nabijheid, een bepaalde emotionele betrokkenheid met de regio en zijn toekomst niet geheel kan worden ontkend.



Mondriaanstraat 8, 9718 MH Groningen

Telefoon: 050-3646188

Website: www.lamilco.nl

E-mail: info@lamilco.nl

Twitter: @LaMilCo

KvK inschrijving nummer 02082895 (KvK Groningen)

IBAN: NL55 INGB 0004 3435 63 t.n.v. LaMilCo te Groningen

BTW-nummer: NL 1073.15.580.B01

© Copyright 2014 LaMilCo Adviesbureau, Groningen

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de schrijver.