
3D PRINTEN

Dit rapport betreft een verdieping in de innovatie 3D printen.

Project: Innovatie januari 2017
Vera Berkeveld
Studentnummer: 2311836
PTH Afstudeerfase
Onderhoud, Restauratie en Afwerking
13vtBW

Gegevens school;
Fontys Hogeschool
Rachelsmolen 1 Eindhoven
Docent: Henk Versluis

Inhoudsopgave

1. Inleiding 3D printen.....	3
1. De 3D printer	4
Soorten 3D printers	4
2. Het proces (printen)	7
Het creëren van een 3D model	7
3D-printen	7
3. De toepassingen van 3D printen	8
Toepassing van 3D-printen onderverdeeld in branches	8
4. De toekomst van 3D printen	9
Bibliografie	11

1. Inleiding 3D printen

3D-printen bestaat al 30 jaar, en al 25 jaar zijn er commerciële 3D-printers op de markt. De eerste patenten aangaande 3D-printen werden aangevraagd begin jaren '80. De eerste publicatie van een geprint fysiek object stamt uit 1981, en de eerste commerciële machines werden in 1988 aan klanten geleverd. Op dit moment zijn de ontwikkelingen op technologisch vlak in een stroomversnelling, en groeit de acceptatie door consumenten en bedrijven. In dit rapport passeren we de hype en kijken we naar de daadwerkelijke ontwikkelingen en toekomstperspectieven.

De officiële term voor 3D-printen is: 'Additive Manufacturing'. Deze term beschrijft productietechnologieën waarbij fysieke, driedimensionale producten computergestuurd geproduceerd worden door middel van het toevoegen van materiaal (Geenen, van Hessen, & Mataheru, 11 juni 2013).

Deze techniek onderscheidt zich van andere productietechnieken, doordat een product wordt opgebouwd door het toevoegen van materiaal, waarbij het gehele proces computergestuurd is. Bij conventionele computergestuurde productietechnieken wordt materiaal weggehaald om tot het product te komen, bijvoorbeeld bij lasersnijden of CNC frezen, of er wordt materiaal in mallen gegoten, bijvoorbeeld spuitgieten. Dit onderscheidende vermogen; vanuit een digitaal bestand, (laagsgewijs) een product opbouwen, heeft een aantal zeer kenmerkende voordelen ten opzichte van andere productietechnieken.

De 3D-printindustrie is hard aan het groeien. Gezien de grote ontwikkelingen in 3D-printen zijn er ook hoge verwachtingen voor de toekomst. Er is sprake van een hype.

Zeker in vergelijking met productietechnieken waarvoor mallen nodig zijn, heeft 3Dprinten zeer lage opstartkosten. Ook is de opstartsnelheid hoog, waardoor snellere productontwikkeling kan plaatsvinden. De grote vormvrijheid maakt nieuwe ontwerpen mogelijk. Hierdoor kunnen eigenschappen van producten worden verbeterd, beter aangepast worden aan eisen van gebruik, en zijn er nieuwe vormgevingsmogelijkheden.

Het digitale karakter, wat 3D-printen deelt met andere computergestuurde technieken, maakt lokale productie mogelijk. Je kunt namelijk bestanden digitaal versturen in plaats van producten via de post. 3D-printen kan het energiegebruik tijdens de productie van een product sterk reduceren. Dit is echter zeer afhankelijk van de betreffende producteigenschappen en productie-eisen. Grofweg gesteld is op dit moment 3D-printen het meest effectief wanneer zeer complexe vormen, unica of relatief kleine oplages gemaakt moeten worden. Door het dalen van de kosten, worden de oplages waarbij 3D-printen effectief is, steeds groter (Geenen, van Hessen, & Mataheru, 11 juni 2013).

1. De 3D printer

3D-printen is op dit moment niet op alle materialen toepasbaar, en de meeste machines printen in één materiaal. Materialen die geprint kunnen worden zijn onder andere kunststoffen zoals Polyamide, PLA en ABS, verschillende metalen zoals titanium, edelmetalen, aluminium legeringen en roestvrij staal, keramische materialen, was en glas.

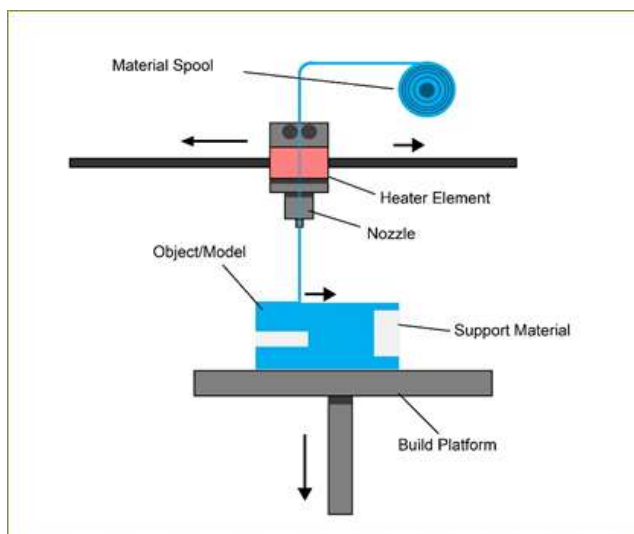
Soorten 3D printers

ASTM International Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies heeft een lijst samengesteld van "Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies."

(Geenen, van Hessen, & Mataheru, 11 juni 2013)

Material extrusion: materiaal wordt selectief uitgescheiden door een printkop.

De gangbare 'thuis-3D-printers' maken veelal gebruik van deze categorie technologieën. De thuisprinters smelten kunststof in een printkop, welke weer uithardt nadat deze op de juiste plaats is gedeponeerd en afkoelt.



De volgende lagen worden toegevoegd bovenop eerdere lagen.

Lagen worden samengesmolten bij afzetting van het materiaal in een gesmolten toestand.

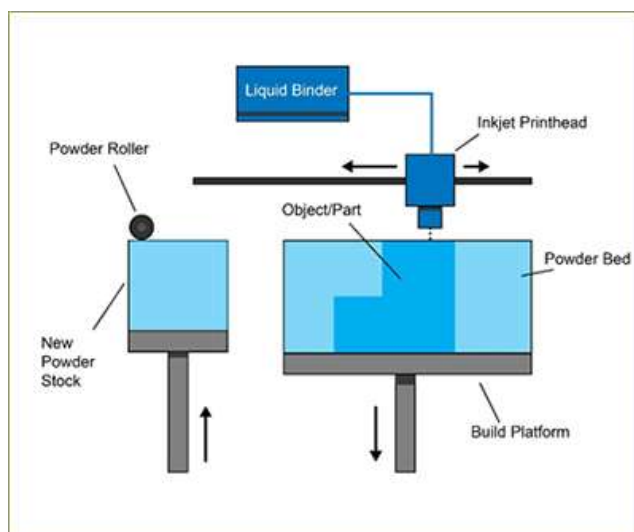
Bron:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/materialextrusion/>

4

Material jetting: druppeltjes materiaal worden selectief neergelegd.

Meest toegepaste materialen met deze techniek zijn photopolymeren en was, wat veel gebruik wordt als model voor metaalgieten. Material jetting machines kunnen meerdere materialen tegelijk printen.



Poedermateriaal wordt verspreid via het bouwplatform met een rol. Het platform gaat omlaag voor laagdikte van het model.

Een andere laag poeder wordt gespreid over de vorige laag.

Ongebonden poeder blijft op zijn plaats rond het object.

Het proces wordt herhaald totdat het gehele object is gemaakt.

Bron;

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/binderjetting/>

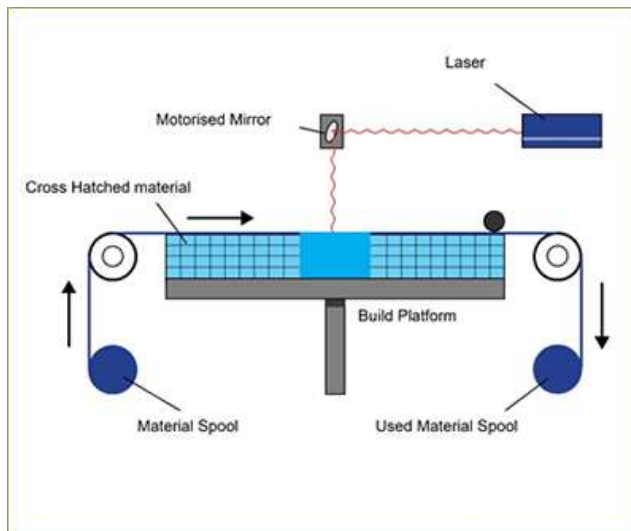
Binder jetting: een vloeibaar bindmateriaal wordt selectief neergelegd om een poedervormig materiaal samen te binden.

De bekendste toepassing hiervan zijn machines die met water-gebaseerd bindmiddel en op gipsgebaseerd materiaal printen. Andere toepassingen printen in zand, polymeren of metaal.

Er zijn machines die hiermee op zeer grote schaal printen, en ook de pionierende machine van de Italiaan Enrico Dini¹, die een machine ontwikkelde die op het formaat van een klein huis kan printen, maakt gebruik van deze techniek.

Sheet lamination: vellen materiaal worden samengevoegd om een object te vormen.

Gebruikte materialen zijn papier met een verlijmende coating of metaalfolies of tapes. Na ieder vel materiaal dat wordt neergelegd wordt de benodigde vorm uit het vel gesneden.



Het materiaal is gebonden met de kleefstof. De gewenste vorm wordt vervolgens gesneden uit de laag, met behulp van een laser of een mes. De volgende laag wordt toegevoegd. Stappen twee en drie kunnen worden omgekeerd en als alternatief, kan het materiaal worden gesneden voordat het geplaatst en verbonden.

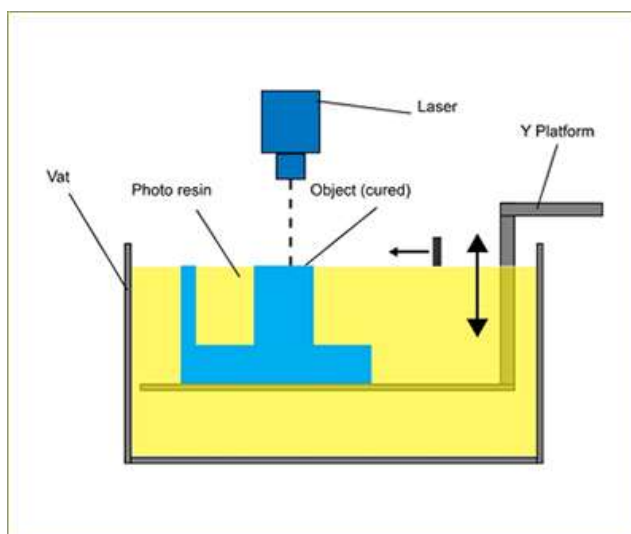
Bron:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/sheetlamination/>

Vat photopolymerization: een vloeibaar photopolymeer in een tank wordt selectief verhard door met UV-belichting polymerisatie te activeren.

In 2012 introduceerde de Amerikaanse startup Formlabs op de crowdfunding website Kickstarter met succes de Form1, de eerste 'thuisprinter' die Vat photopolymerisation gebruikt.

Er zijn zeer grote machines beschikbaar, bijvoorbeeld deze in het bezit van het Belgische Materialise met een printbad van meer dan 2 meter lang, waarop bijvoorbeeld prototypes voor auto-onderdelen zoals bumpers worden geprint.



Een UV-licht hardt de hars laag voor laag. Het platform blijft beneden bewegen en aanvullende lagen zijn opgebouwd bovenop de vorige. Na afloop wordt het vat afgetapt van hars en het object verwijderd.

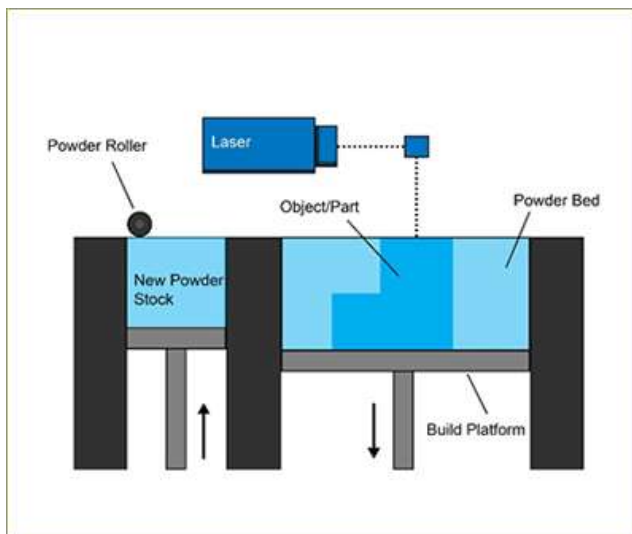
Bron:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/>

¹ <http://www.ground3d.nl/enrico-dini/>

Powder bed fusion: thermische energie versmelt selectief delen van een poeder bed.

De bron van de energie is een laser- of elektronenstraal. Door de hitte versmelt het poedermateriaal, wat bij afkoeling weer stolt. Zowel metaal als polymeer materialen zijn beschikbaar.



Een laag, meestal 0.1mm dik materiaal wordt gespreid over het platform.

Een laser smelt de eerste laag of de eerste dwarsdoorsnede van het model.

Een nieuwe laag poeder wordt verspreid over de vorige laag met een rol.

Verdere lagen of doorsneden worden gesmolten en toegevoegd.

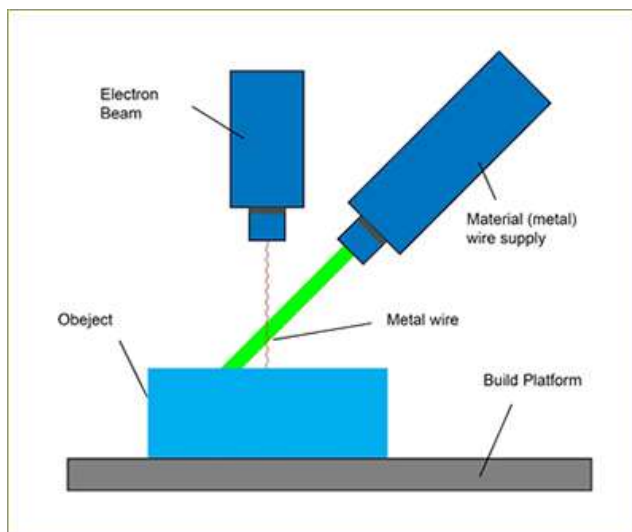
Het proces wordt herhaald totdat het gehele model wordt gecreëerd.

Bron:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/powderbedfusion/>

Directed energy deposition: gefocuste thermische energy wordt gebruikt om materialen te versmelten op het moment dat de materialen worden neergelegd.

In de meeste gevallen wordt een laser gebruikt om metaalpoeder te versmelten.



Een 4 of 5-assige arm met mondstuk beweegt rond een vast object.

Materiaal wordt afgezet uit het mondstuk op bestaande oppervlakken van het voorwerp.

Materiaal is ofwel voorzien van draad of poedervorm.

Materiaal is gesmolten met behulp van een laser, elektronenbundel of plasma boog na afzetting.

Verder materiaal wordt toegevoegd, laag voor laag en stolt.

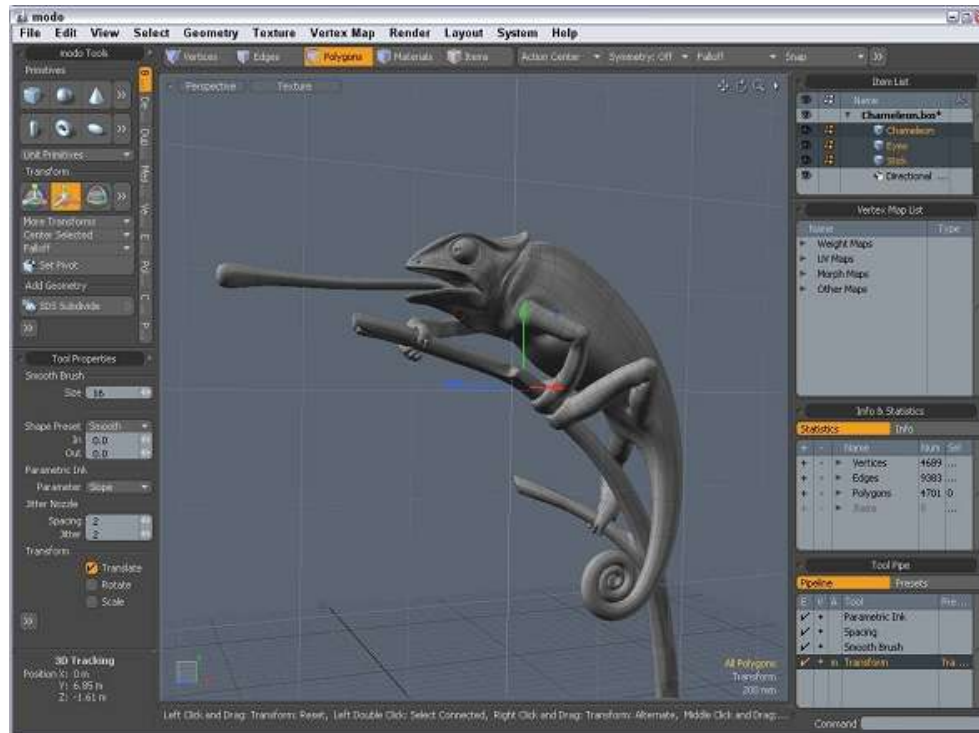
Bron:

<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/directedenergydeposition/>

2. Het proces (printen)

Het creëren van een 3D model

Voordat een idee gematerialiseerd wordt, moet eerst een 3D-tekening gemaakt worden. Hiervoor zijn verschillende software programma's beschikbaar. Behalve het zelf tekenen van ontwerpen zijn er service bureaus die in opdracht tekeningen maken. Een andere mogelijkheid is het downloaden van een kant-en-klaar bestand. Een laatste mogelijkheid is het maken van een 3D-scan van een fysiek object. De eenvoudigste versies stellen in staat om met de camera van een smartphone of tablet een 3D-scan te maken. Echter, vaak moet het verkregen model in de computer nog bewerkt worden om tot een geschikt bestand voor 3D-printen te komen.



7

3D-printen

Als er eenmaal een bestand verkregen is wat aan de voorwaarden voor 3D-printen voldoet, is de stap naar printen snel gemaakt. Een eenvoudig programma zet het 3D-model om in een code die door de printer gelezen kan worden.

Er kan een 'thuis-3D-printer' gebruikt worden, waarvan er momenteel 65.000 van op de markt zijn (WohlersAssociates, 2013). Deze printers printen enkel in thermoplastische kunststoffen, veelal ABS, PLA, of Nylon. De printkwaliteit van de thuisprinters is de afgelopen jaren sterk verbeterd, maar de betrouwbaarheid van de machines vraagt nog veel geduld van de gebruikers.



3. De toepassingen van 3D printen

De grootste toekomst is voorbehouden aan het inzetten van 3D-printen voor het produceren van eindproducten, of onderdelen van eindproducten. Tien jaar geleden werd slechts 4% van de technologie gebruikt voor eindproductie, nu is dat 30%, en de verwachting is dat deze stijging flink doorzet (WohlersAssociates, 2013).

Bij eindproducten gaat het bijvoorbeeld over onderdelen die in de automotive- of aerospace industrie toegepast worden. Consumenten eindproducten zijn er onder andere op het gebied van design, speelgoed en gadgets.

Toepassing van 3D-printen onderverdeeld in branches

Bijna dagelijks horen we over nieuwe toepassingen van 3D-printen. De volgende cijfers geven weer welke industrieën het meest bediend worden door producenten van 3D-printers en door service bureaus, die bijvoorbeeld in opdracht producten printen (WohlersAssociates, 2013):

- Consumentenproducten en elektronica	21.8%
- Automotive	18.6%
- Medisch en tandheelkundig	16.4%
- Industriële en zakelijke machines	13.4%
- <u>Aerospace</u>	10%
- Academische instituten	6.8%
- Overheid en defensie	5.2%
- Architectuur	3.9%
- Overig	3.6%

In al bovengenoemde industrieën wordt 3D-printen op verschillende wijzen ingezet.

Opvallend is de grote toepassing van 3D-printen in de medische en tandheelkundige sector. 3D-printen komt hier uitermate tot zijn recht omdat er op maat unieke objecten gemaakt kunnen worden, met zeer specifieke vormen.

Een andere mogelijkheid is voor het maken van onderdelen voor productie. Bijvoorbeeld voor mallen en inzetstukken die gebruikt worden om door middel van conventionele technieken te produceren.

4. De toekomst van 3D printen

De laatste jaren zijn de ontwikkelingen in een stroomversnelling gegaan. Belangrijke aanjagers zijn prijsdalingen, het verlopen van een aantal belangrijke patenten op de technologie, het open-source RepRap project, dat kennis over het maken van een 3D-printer beschikbaar heeft gemaakt, en de grote hoeveelheid media-aandacht. Deze ontwikkelingen maakt 3D-printen bereikbaar voor de hobbymarkt en kleine bedrijven.

3D-printen kan gezien worden als onderdeel van de digitale maakindustrie. De ontwikkelingen rondom 3D-printen kunnen niet geheel los gezien worden van de ontwikkelingen in andere digitale productietechnieken (computergestuurde productietechnieken) (Geenen, van Hessen, & Mataheru, 11 juni 2013).

3D-printen is vanwege de laagdrempeligheid en de wijze hoe printen tot de verbeelding spreekt dé eye catcher van de digitale maakindustrie, en zal vanwege de mogelijke ontwikkelingen die de technologie kan doormaken de meeste impact hebben op de cultuur en economie.

McKinsey (2013) noemt 3D-printen als een van de '12 economic disruptive technologies' voor 2025, in een lijst met onder meer mobiel internet, kenniswerk automatisering, 'Internet of Things' sensor netwerken en geavanceerde materialen.

De verwachting is dat de gehele 3D-printindustrie over de komende jaren met dubbele cijfers zal blijven groeien en dat de verkoop van 3D-geprinte producten.

Glossarium

ABS (Acrylonitril-butadien-styreen)

Acrylonitril-butadien-styreen is een thermoplast en een copolymeer dat gebruikt wordt voor starre voorwerpen. Het bestaat uit 5 tot 30% 1,3-butadien en zo'n 50% styreen, met de rest acrylonitril. Het is eenvoudig te spuitgieten en levert een glad en stevig aanvoelend plastic op. Bij verwerken zoals verwarmen, 3D-printen en boren komt een kenmerkende licht onaangename geur vrij.

Aerospace

Aerospace is de menselijke inspanning in de wetenschap, techniek en het bedrijfsleven om te vliegen in de atmosfeer van de Aarde (luchtvaart) en de omliggende ruimte (ruimtevaart).

Aerospace is niet hetzelfde als het luchtruim, dat de fysieke luchtruimte direct boven een locatie op de grond. Het begin van de ruimte en de beëindiging van de lucht wordt beschouwd als 100 km boven de grond op basis van de fysieke verklaring dat de luchtdruk te laag is voor een opheffing lichaam om zinnige hefkraft te genereren zonder overschrijding baansnelheid.

Polyamide

Een polyamide is een molecuul dat bestaat uit een keten van monomeren van het type amide. Een polyamide kan een alifatische (acyclische) structuur hebben, maar kan ook gevormd worden uit arylverbindingen. Wol en zijde zijn natuurlijke polyamiden. Daarnaast bestaan er talloze kunststoffen van polyamide, zoals nylon en aramide. Synthetische amiden worden doorgaans gesynthetiseerd uit een carbonzuur of carbonzuurchloride en een organisch diamine.

Handelsnamen van verschillende synthetische polyamiden zijn ook wel bekend als:

Twaron, Technora, Cordura, Nylon, Perlon, Tactel, Nomex, Teijinconex, Kevlar

PLA (Polymelkzuur)

Polymelkzuur of polylactide is de naam voor thermoplastische polymeren van melkzuur. Ze worden vaak aangeduid met de afkorting PLA (van het Engels polylactic acid). Ze zijn biologisch afbreekbaar, biocompatibel en worden geproduceerd uit hernieuwbare plantaardige grondstoffen (maïszetmeel of suikerriet), en worden daarom gepromoot als duurzaam alternatief voor traditionele plastics uit petroleumchemicaliën zoals polyetheen, polypropreen of polystyreen. Voorlopig liggen de productiekosten van PLA wel hoger zodat een grootschalige vervanging nog niet aan de orde is.

Bibliografie

Geenen, B., van Hessen, M., & Mataheru, C. (11 juni 2013). *MARKTORIËNTATIE 3D-PRINTEN*. Ground3d.

Group, A. M. (sd). *About Additive Manufacturing*. Opgeroepen op januari 2017, van Additive Manufacturing Research Group: <http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/>

WohlersAssociates. (2013). *WohlersAssociates*. Opgeroepen op januari 2017, van <https:// WohlersAssociates.com/2013report.htm>