

PRODUCT LIFE CYCLE MANAGEMENT (PLM).

Jakob Vlietstra

1. Introductie.

Het beheer en de beheersing van de levenscyclus van een product bestaat in feite uit het managen van een serie technische activiteiten en bedrijfsprocessen die, gedreven door diverse applicatiesoftware, de slagvaardigheid, efficiëntie, verbetering van de productiviteit en de intrinsieke waarde van een bedrijf ten goede komen. De huidige marktcondities dicteren situaties waarin wordt verlangd dat ondernemingen waakzaam zijn en direct inspelen op de zich snel wijzigende eisen van de markt. De gegevens van een product mogen niet langer in bepaalde applicaties worden opgesloten, maar dienen gedurende de gehele levensloop van dat product opvraagbaar en door een veelvoud aan applicaties te gebruiken zijn. In een aantal grotere ondernemingen is aangetoond dat in een omgeving waarin gebruik wordt gemaakt van massief ruimtelijke objecten (solids), de informatie van die solids wordt gebruikt in analyse-, simulatie-, en fabricageprocessen, alsmede in toepassingen ten behoeve van de technische ondersteuning van reeds afgeleverde producten.

PLM wint steeds meer aan belangstelling in industrieën waarin discrete producten worden vervaardigd, terwijl die interesse eveneens is waar te nemen in bedrijven waarin continue fabricageprocessen worden toegepast. In deze introductie tot PLM zal het accent liggen op het gebruik van PLM in bedrijven met hoofdzakelijk discrete fabricagemethoden. Als zodanig sluit het aan bij het merendeel van de lezers van dit tijdschrift.

2. De levensloop van een product.

De levenscyclus of levensloop van een product manifesteert zich als een serie aaneengesloten en mogelijk deels overlappende activiteiten. Deze activiteiten liggen tussen de start van de conceptie van een product en de beëindiging van dat product. De start wordt geïnitieerd door het willen verwezenlijken van een idee, het inspelen op een vraag van de markt of een specifieke klant, het moeten vervangen van een reeds bestaand product etc. De beëindiging kan de vernietiging van een product zijn, dan wel de overweging een product uit te markt te gaan nemen. In dat laatste geval dient de producent van dat product rekening te houden met bestaande contracten zoals contracten waarin wordt gegarandeerd dat fouten in een product zullen worden hersteld of waarin een gegarandeerde nazorg van dat product is geregeld. De processen die tussen deze mijlpalen van de levenscyclus (de geboorte en het overlijden) liggen, worden over het algemeen globaal weergegeven zoals ontwikkeling, fabricage, en nazorg (daaronder vallen eveneens de installatie van een product, het onderhoud van geleverde producten,

en de reparatie daarvan bij ontdekte fouten). Bij een nadere beschouwing van deze drie bedrijfsprocessen blijkt dat elk van hen een groot aantal ondernemingsactiviteiten bevat. Ook kunnen ze elkaar deels overlappen d.w.z bepaalde ondernemingsactiviteiten van een bedrijfsproces kunnen deels met de ondernemingsactiviteiten van het eigen bedrijfsproces of dat van een ander bedrijfsproces parallel lopen. Dit verschijnsel wordt met de volgende termen aangeduid: simultane ontwikkeling of simultane productie. Simultane ontwikkeling slaat op het overlappen van de activiteiten in de ontwikkelingsfase. Simultane productie op het overlappen van ondernemingsactiviteiten uit de ontwikkelingsfase met die van het fabricageproces. Simultane productie is over het algemeen een gevolg van indringende kwaliteitsanalyses.

Een meer gedetailleerde bloemlezing van de activiteiten tussen geboorte en sterven van een product leidt tot de volgende keten van ondernemingsactiviteiten die een onderdeel vormen van de bedrijfsprocessen '*ontwikkeling*', '*fabricage*' en '*nazorg*'.

Ontwikkeling: planning van de ontwikkeling - probleemanalyse - specificatie van eisen en behoeften - functioneel ontwerp - simulatie van het functionele ontwerp (verificatie) - gedetailleerd productontwerp - verificatie van het productontwerp (softwarematig meten en testen) - vervaardiging van tekeningen, documenten en (computer)bestanden - verzorging van het configuratiebeheer - vervaardiging van programmatuur voor apparatuur waarvoor die programmatuur een onderdeel vormt;

Fabricage: planning van de fabricage- en testprocessen - werkvoorbereiding (aanmaak van programma's voor elektronisch bestuurd apparatuur) - aanschaf van standaard onderdelen - fabricage van niet-standaard onderdelen - opslag, transport en distributie van onderdelen en halffabrikaten - assemblage van samengestelde producten - meten en testen van onderdelen en samenstellingen - vervaardiging van productiedocumenten - verpakken en verzenden; en

Nazorg: planning van de diverse activiteiten die onder de nazorg vallen - vervaardiging van klantgerichte handleidingen en installatiegegevens - installatie van geleverde (grote) systemen - distributie van massaproducten - opsporing van fouten in afgeleverde apparatuur - herstellen van fouten in afgeleverde apparatuur - terugmelding van gemelde of opgespoorde fouten in afgeleverde producten naar de ontwikkeling en/of de fabricage.

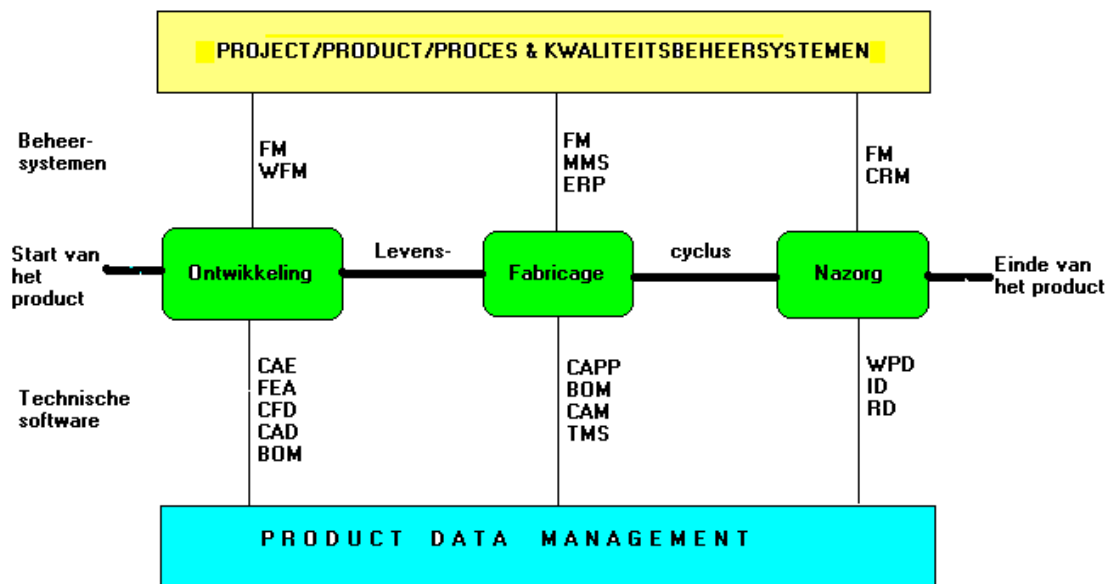
Bij de hierboven vermelde opsomming moeten een aantal kanttekeningen worden geplaatst.

1. De ontwikkeling van software die een onderdeel van het product vormt, zal eveneens een aantal stadia doorlopen, zoals het opstellen van de eisen en behoeften die voor deze software gelden, het opstellen van een specificatie, toepassen van software engineering gereedschappen voor de definitie van het softwareproduct, opstellen van de pseudocode, de feitelijke codering, evaluatie en testen van de code, vervaardiging van de documentatie en installatie van de software. Dit product kent als zodanig een van op dat product van

toepassing zijnde levenscyclus.

2. De onderdelen van samengestelde producten doorlopen hun eigen levenscyclus voor zover ze niet-standaard zijn, dat wil zeggen niet door leveranciers van standaard onderdelen worden toegeleverd. Men kan hier, evenals dat het geval is bij de software beschreven onder het vorige punt, van een eigen levenscyclus voor deze onderdelen spreken.

3. In de beschrijving van de levenscyclus van het product zijn de activiteiten met betrekking tot de inkoop van standaard onderdelen of de aanschaf van door derden geleverde onderdelen niet opgenomen. Dat geldt eveneens voor een aantal andere bedrijfsprocessen die weliswaar van invloed zijn op de levenscyclus, maar over het algemeen niet in de reeks van activiteiten die de levenscyclus bepalen, zijn opgenomen. Daaronder vallen de inkoop van materialen, diensten en goederen; de verwerking van financiële gegevens; het beleid ten aanzien van personeel en ingehuurde krachten; de commerciële ondersteuning bij het op de markt brengen van een product; het afsluiten van contracten met leveranciers en afnemers etc.



Figuur 1: Levenscyclus van een product.

Legende: WFM = Work Flow Management; MMS = Material Management System; ERP = Enterprise Resource Planning; CRM = Customer Relationship Management; CAE = Computer Aided Engineering; FEA = Finite Element Analysis; SE = Software Engineering; CFD = Computational Fluid Dynamics; CAD = Computer Aided Design; BOM = Bill Of Materials; CAPP= Computer Aided Process Planning; CAM = Computer Aided Manufacturing; TMS = Test & Measurement System; WPD = Word Processing Documents.; FM = Facility Management

Gezien vanuit het beheersen van alle aspecten van een onderneming, horen deze activiteiten wel degelijk in de levenscyclus van de door de onderneming geleverde of geïnstalleerd producten thuis. In het kader van deze, meer technisch georiënteerde optiek, hoort een

beschrijving van alle mogelijke processen die tot de levenscyclus kunnen worden gerekend in een meer daarvoor geschikt tijdschrift thuis.

In de volgende twee hoofdstukken zal worden ingegaan op de software die de levenscyclus van een product ondersteunt. Die software wordt opgedeeld in technische software en in programmatuur verpakte beheersystemen. Figuur 1, waarin de levenscyclus van een product wordt afgebeeld, toont een deel van deze software en systemen.

3. Technische software

Technische software ondersteunt de technische en voor een deel eveneens bepaalde administratieve activiteiten van de bouwstenen van de levenscyclus van een product.

Voor de ontwikkeling zijn dit o.a.:

- Textuele documenten waarin de specificaties van een product worden of zijn vastgelegd.
- Textuele documenten die de eisen en behoeften van een product bevatten.
- Computer Aided Engineering (CAE) software. Daaronder vallen o.a. analyse- en simulatiesoftware; wiskundige pakketten; programma's en systemen ten behoeve van het berekenen van spanningen; diffusie-, warmte-overdrachts-, en dynamische stromingsproblemen waarbij van de eindige-elementenmethode gebruik wordt gemaakt.
- Computer Aided Design (CAD) systemen. Deze worden ingezet bij het bepalen van de geometrische eigenschappen van een product en de vervaardiging van tekeningen. CAD-systemen worden over het algemeen onderscheiden in systemen die òf in twee dimensies òf in drie dimensies werken. In het laatste geval worden geometrisch bepaalde volumens solids genoemd.
- De definitie van specifieke eigenschappen en geometrische "features" van een product. Hiervoor zijn voor dit doel geschikte programma's ontwikkeld.
- Software voor de generatie van de ontwikkelingsstuklijst (engineering stuklijst). De productstructuur en onderdelen van een samenstelling worden in een stuklijst (Bill-Of-Material: BOM) vastgelegd. Na vrijgave wordt een stuklijstbestand overgedragen aan inkoop, fabriek en logistiek management.
- Gereedschappen die gebruikt worden bij de specificatie en ontwikkeling van productprogrammatuur. De methodiek die daarbij wordt gebruikt wordt vaak als "software engineering" bestempeld.

Voor de fabricage bestaat de technische software uit:

- Een programma voor het aanpassen van de engineering stuklijst aan de eisen en behoeften van de fabricage. Hier ontstaat dan de fabricagestuklijst.
- Computer Aided Manufacturing (CAM) software. Onder CAM-software wordt die programmatuur verstaan, die de werkvoorbereiders of het fabricagepersoneel ondersteunen bij de generatie van programma's

voor numeriek bestuurd productieapparaat.

- Programma's die bestemd zijn voor het ondersteunen van de test- en meetafdelingen van de fabriek. Voor de vervaardiging van testprogramma's voor elektronische producten is deze software van groot belang ten behoeve van de validatie van het product.
- Computer Aided Process Planning (CAPP) software. Met behulp van CAPP-systemen worden door werkvoorbereiders de diverse processtappen voor de vervaardiging van het fysieke product opgesteld.
- Eventueel kan hieronder ook de software die het management van een fabriek ter beschikking staat voor de lay-out van een werkplaats of fabricagehal worden verstaan.

De nazorg (onderhoud, installatie, reparatie etc.) kent de volgende technische documenten:

- Programmatuur met behulp waarvan de klantendocumentatie en installatiegegevens en -tekeningen worden vervaardigd.
- Test- en meetprogramma's voor de technische ondersteuning van eventueel uit te voeren foutdiagnoses van reeds geleverde producten.
- Software en/of systemen die de onderneming in staat stellen diagnoses van problemen die zich bij geïnstalleerde producten openbaren, op afstand uit te voeren. Eventueel kunnen problemen ook op afstand worden verholpen. Dit geldt met name voor liften, telecommunicatieapparaat, continue processen etc.

4. Beheersystemen

Beheersystemen zijn systemen die administratieve taken en planningen verzorgen. Er zijn in bijna elke onderneming een groot aantal van dit soort systemen in gebruik. Het merendeel wordt ingekocht, maar deze software wordt vaak aangevuld met programma's die de directe wensen van de onderneming vertalen. Van de beheersystemen die van belang zijn tijdens de levenscyclus van een product, worden hier de volgende genoemd.

- Enterprise Resource Planning (ERP). ERP-systemen vormen de logistieke ruggengraat van een bedrijf. Alle materialen en mensen die op een gegeven en gepland moment in de onderneming nodig zijn, worden met behulp van een ERP-systeem bepaald. Belangrijke invoer voor een dergelijk systeem is o.a. de fabricagestuklijst en gegevens afkomstig van het materiaalbeheersysteem. In de huidige ERP-systemen zijn ook de behoefteplanning van de capaciteiten en het "master production schedule" opgenomen. Dit kan ook het geval zijn met een afzonderlijk aangeschaft of geconcipieerd MMS-systeem.
- Material Management System (MMS). De MMS-software volgt waar en op welk moment ingekochte en zelf-gefabriceerde onderdelen worden opgeslagen, opgeroepen en gebruikt. In situaties waarin een bedrijf een geautomatiseerd magazijn toepast, kan de MMS-software als een subsysteem van een dergelijk magazijnsysteem worden gezien.
- Facilities Management (FM). Een FM-systeem beheert alle aspecten van een gebouwencomplex op het moment dat een dergelijk complex is

ontworpen en gebouwd. Dit omvat het plannen van de ruimten, de allocaties van het personeel, de inventarisatie van de infrastructuur en apparatuur, onderhoud en documentatie van apparatuur en gebouwen etc.

- Customer Relationship Management (CRM). Een CRM-systeem definieert de relaties en de informatiestromen tussen een onderneming en haar klanten. Een succesrijk CRM-systeem kent de eisen en behoeften van een klant en speelt in op de wens van de klant die producten aan wil schaffen die voor die klant belangrijk zijn. CRM is ook van toepassing in de relatie tussen de onderneming en haar leveranciers. Ook hier geldt dat in die relaties de wensen van de onderneming in een CRM-systeem zijn vastgelegd.

- Workflow Management (WFM) is een planningsysteem dat de voortgang van de ontwikkeling op projectmatige wijze regelt en volgt. WFM-programma's zijn over het algemeen planningsystemen die in een bepaald bedrijf zelf zijn ontwikkeld. Producten worden in de ontwikkeling projectmatig ontworpen indien er sprake is van unieke producten of producten die volgens klantenspecificaties worden geproduceerd. De voortgang van de meeste andere in ontwikkeling zijnde producten is over het algemeen procesmatig.

- Configuratiebeheersystemen zijn systemen waarin de onderdelen en de productsoftware min of meer regelmatig variëren. Dit leidt dan tot een verscheidenheid aan producten die in één bepaalde productfamilie thuishoren. De verschillende versies van dergelijke producten zijn onderworpen aan een versiebesturingssysteem.

- Wijzigingen van in ontwikkeling zijnde of reeds ontwikkelde producten worden in het veld, de fabricage of de ontwikkeling zelf voorgesteld en geïmplementeerd indien ze worden vrijgegeven. Wijzigingsprocedures regelen de toepassing van een geautomatiseerd wijzigingssysteem.

- Total Quality Control (TQC) is een combinatie van een methodiek, procedures en werkvoorschriften met behulp waarvan de kwaliteit van de producten in de ontwikkeling en de fabricage en eventueel reeds geleverde producten wordt gecontroleerd, bestuurt en (middels kwaliteitscertificaten) gegarandeerd. TQC strekt zich eveneens uit tot inkoop, alsmede tot de commerciële en administratieve afdelingen van een bedrijf. Rapportages en bevindingen betreffende de kwaliteit van het product, alsmede de resultaten van meet- en testactiviteiten, worden door een kwaliteitssysteem beheerd.

- In die gevallen waarin de hierboven genoemde beheersystemen zijn geïntegreerd kan men van een PPP-systeem (Product/Project/Proces beheersysteem) spreken. Een dergelijke integratie zal thans bij voorkeur via een PLM-systeem worden geregeld. Configuratiebeheer, versiebesturing en productwijzigingen behoren tot een productmanagementsysteem en zijn van invloed op alle aspecten van de levensloop van een product. ERP, MMS, CRM en TQC dekken procesmatige activiteiten af en behoren dus tot de familie van procesbeheersystemen.

- Product Data Management (PDM). PDM-systemen zijn direct gekoppeld aan die systemen en programma's waarin productgegevens worden

gegenereerd of bewerkt. PDM bevat in het ideale geval het complete pakket aan tekeningen, bestanden en (tekst)documenten die de definitie van een product en van de onderdelen van dat product representeert. Het spreekt vanzelf dat de aangeboden documenten in een standaardvorm worden aangeleverd. Vooral de STEP-standaard zal in PDM-systemen een steeds grotere rol gaan spelen. Dat wil echter niet zeggen dat andere overdrachtsformaten (IGES, DFX) niet kunnen worden gebruikt. In een PDM-systeem zal als voorwaarde gelden dat een maximum aan informatie wordt opgeslagen waarbij alle technische programma's en beheersystemen die informatie aanroepen, opvragen en verwerken die tot de definitie van het product kunnen worden gerekend. Naast de door de technische software direct gegenereerde informatie zal een PDM-systeem ook de controle op verschillende productversies en productwijzigingen moeten kunnen verwerken.

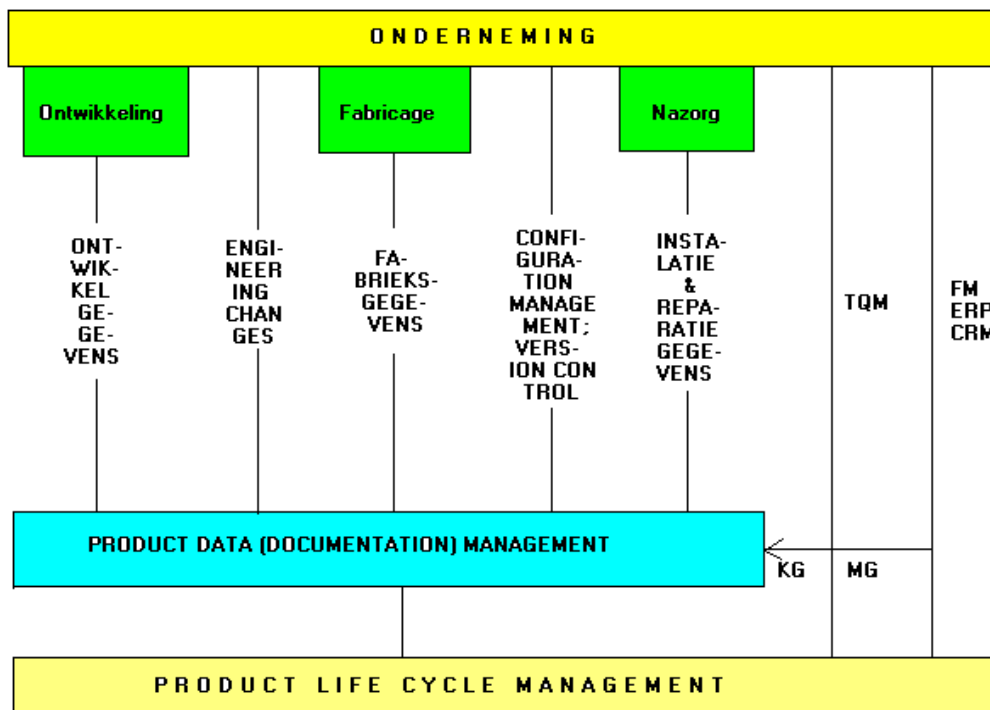
5. Het beheer van de levenscyclus van een product.

In de levenscyclus van een product spelen de software, nodig voor de ontwikkeling en fabricage van het product, en de beheersystemen, die de realisatie, de kwaliteit en de distributie van dat product waarborgen, een uitermate belangrijke rol. Echter, geen van deze systemen zijn tot één geheel geïntegreerd en evenmin kan worden aangetoond dat er bedrijven zijn die er in zijn geslaagd alle mogelijke onderlinge connecties tussen programma's en systemen aan te brengen. Toch zou men in het geval van een complete integratie of een compleet systeem van koppelingen, zeker voor wat de beheersystemen betreft, van een PLM-systeem kunnen spreken. De thans aangeboden en aangeprezen PLM-systemen tonen slechts een deel van die integratie. Het systeem dat de realisatie van een PLM-systeem mogelijk maakt is PDM, het systeem dat het beheer van de productgegevens en de complete productdocumentatie verzorgt. Een PDM-systeem waarin behalve de ontwikkel-, fabricage- en installatiegegevens (tekeningen, bestanden, documenten) ook alle gegevens betreffende materialen, productconfiguraties, wijzigingen en kwaliteitsgegevens zijn opgenomen, bezit alle mogelijkheden om uit te groeien tot een PLM-systeem. (EDS en Dassault geven daar voorbeelden van). Het ziet er naar uit dat thans door een groot aantal ondernemingen pogingen worden ondernomen om PDM als basis voor een compleet PLM-systeem te introduceren. Dat betekent echter wel dat nog veel werk zal moeten worden verzet om PDM naar een dergelijk niveau te tillen. De schoorvoetende acceptatie van de STEP-standaard en de verwarrende situatie met betrekking tot diverse andere overdrachtsformaten, gekoppeld aan de strijd welk documentatiesysteem in PDM moet worden gebruikt, maakt een universele realisatie van PDM, en dus ook van PLM, verre van eenvoudig.

Mocht men er in slagen een degelijke, efficiënte en bruikbare PDM-omgeving te realiseren dan zal de volgende stap de integratie of koppeling betekenen van logistieke en planmatige informatie, alsmede gegevens afkomstig van CRM-systemen. De logistieke

informatie is voor een PLM-systeem belangrijk omdat met behulp van die informatie de voortgang van de activiteiten in de levensloop van het product kan worden gecontroleerd en bestuurd.

Kwaliteits- en materiaalgegevens moeten vanuit resp. het TQC- en ERP-systeem aan de documentaties en gegevens in PDM worden toegevoegd. De directe koppeling van TQC met het PLM-systeem moet de kwaliteit gedurende de levensloop van het product verzekeren en de toepassing van de simultane productie mogelijk maken. Het ERP-systeem onderhoudt de logistieke keten gedurende het totale traject van de levenscyclus. Het is daarvoor nodig dat het ERP-systeem inderdaad een ondernemingsgericht systeem is dat ook de planningsactiviteiten van de ontwikkeling en de nazorg omvat en niet beperkt blijft tot de materiaalvoorziening en de planning van de fabricageactiviteiten.



Figuur 2: PLM-systeem

Legende: KG = Kwaliteitsgegevens; MG = Materiaalgegevens; TQM = Total Quality Management; FM = Facilities Management; ERP = Enterprise Resource Planning; CRM = Customer Relationship Planning

Een belangrijke bijdrage in een PLM-systeem vormt het faciliteitenbeheer (FM). Immers, in een FM-systeem zijn alle gegevens betreffende apparatuur, de locaties daarvan en het personeel dat van die apparatuur gebruik maakt of bedient, opgenomen. Op ieder willekeurig moment van de levenscyclus van het product is bekend waar, door wie en met behulp van welke apparatuur en gereedschappen dat product is ontworpen, gefabriceerd, getest, geïnstalleerd en/of gedistribueerd. Deze gegevens zijn van zeer groot belang bij

moelijkheden die zich na aflevering van het product in de installatie of het gebruik ervan voor kunnen doen. Deze overweging is op zichzelf al een rechtvaardiging van de introductie van een PLM-systeem. Tenslotte zal het CRM-systeem de voorziening van materialen gedurende de gehele levensloop van het product (vooral ook tijdens de nazorg) moeten waarborgen en er voor zorgen dat de leverings- en reparatiegaranties die aan de klanten zijn verstrekt, na worden gekomen. Figuur 2 toont een ideale situatie waarin het PLM-systeem de meeste bedrijfsprocessen, ondernemingsactiviteiten en de ondersteunende software omvat. Vooralsnog blijft het beheer van de levensloop van een product echter een activiteit waarin de mens een grotere rol speelt dan de gegevensverwerkende apparatuur en de daarin geïmplementeerde programmatuur.

6. Slotopmerkingen

In dit artikel is een verschil gemaakt tussen de technische aspecten van de voortbrenging van een product tijdens haar levenscyclus en het beheer daarvan. Dat beheer kan slechts optimaal met behulp van geautomatiseerde systemen worden verkregen. Daartoe moeten alle ondernemingsactiviteiten die in dit artikel zijn geschetst eveneens geautomatiseerd zijn en efficiënt kunnen werken. Menselijke ingrepen zijn mogelijk mits deze in digitale vorm aan de documentatie, die in een PLM-systeem is opgenomen, worden toegevoegd.

De overgang van een handmatig beheer van de levensloop van een product naar een volledig geautomatiseerd PLM-systeem is verre van eenvoudig en vraagt de volledige medewerking van het management en het overige personeel van een onderneming. Dat het desondanks mogelijk is op PDM gebaseerde prototypen van PLM-systemen te concipiëren en te implementeren blijkt uit de praktijkgevallen van een aantal grotere firma's (zoals IBM en The Boeing Company). Voordat er echter sprake is van een doorbraak zal het noodzakelijk zijn degelijke implementaties van PDM, CRM en ERP te realiseren en is de ontwikkeling van strikte standaarden voor gegevenselementen, gegevensoverdrachtsformaten en documentatievoorschriften en -vormen een noodzakelijk gegeven.

7. Geraadpleegde literatuur

[1] A. Molina, A. Kusiak, J Sanches (eds), Handbook of Life Cycle Engineering Concepts, Models and Technologies, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1998.

[2] Lars Hvam, Jesper Riis, Benjamin Loer Hansen, CRC cards for product modelling, Computers in Industry, 50(2003) 57-70

[3] K. Kosanke, F. Vernadat, M. Zelm (eds), CIMOSA: CIM Open Systems Architecture Evolution and Applications in Enterprise Engineering and Integration, Special Issue of Computers in Industry, 40(1999) 79-351, ISSN 0166-3615

- [4] C.H. Kim, D.-S. Yim, R.H. Weston, An integrated use of IDEF0, IDEF3 and Petri-net methods in support of business process modelling, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Journal of Engineering Manufacture, 215, Part E, 2001, pag. 317-329.
- [5] Zhi Gang Xu, John H. Frazer, Ming Xi Tang, Novel design methodology supporting product life-cycle design, Computers in Industry 49(2002) 253-265.
- [6] John D. Campbell, A.K.S. Jardine (eds), Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions (Mechanical Engineering, Nr. 135), Publisher Marcel Dekker, feb. 2001, ISBN 0824704975.
- [7] P. Northey, N. Southway, Cycle Time Management, Productivity Press, Portland (Oregon), 1993, ISBN 1-56327-015-3
- [8] Donald W. Dobler, David N. Burt, Purchasing and Supply Management: Text and Cases, McGraw-Hill, 1996, ISBN 0-07-114138-3
- [9] H. Edward Goldberg, Lifecycle FM solutions, in Cadalyst maart 2003, pag. 41-43.