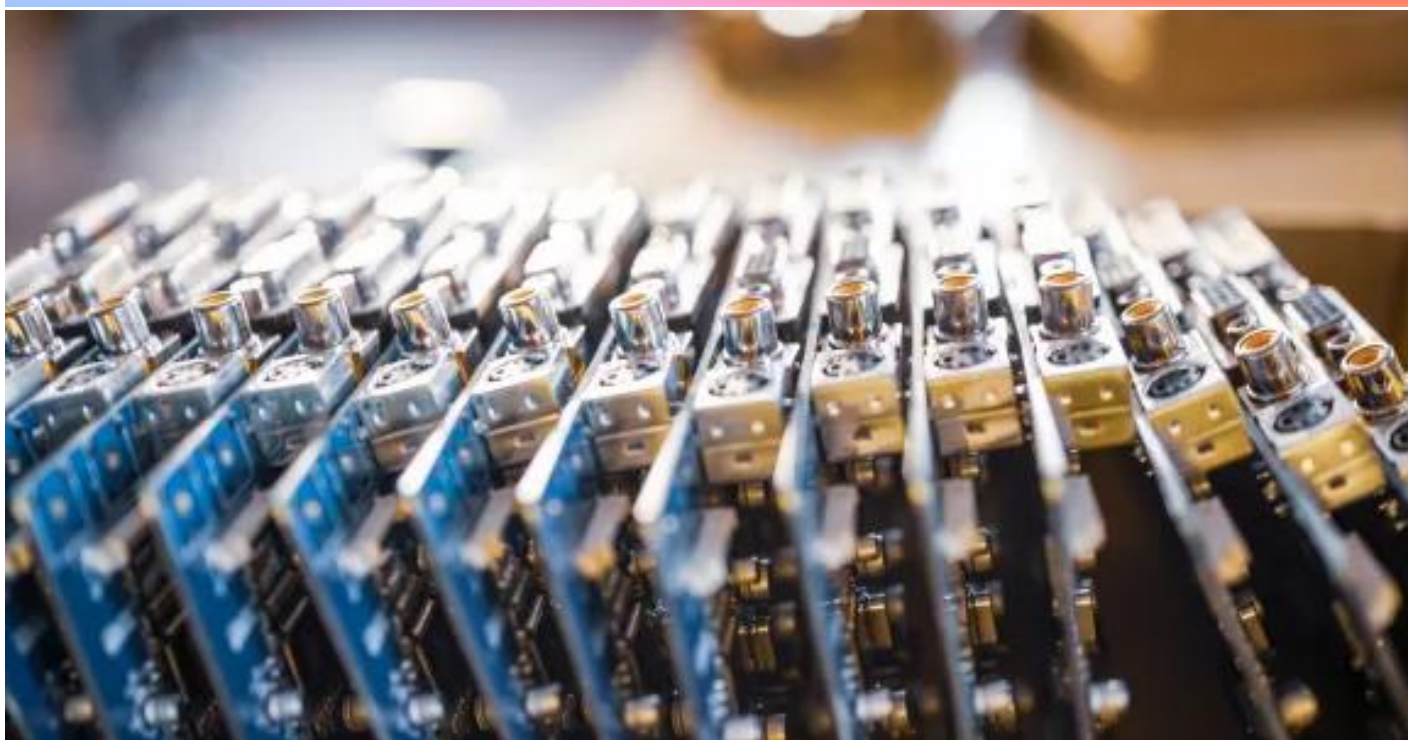




Componenten hergebruiken: enkel als het past!

10 maart 2026, 16:09

Stefan Milis

In de transitie naar een circulaire economie wint **ReX** aan belang. Het industrieel herbruiken en herwerken van gebruikte producten of componenten biedt zowel **economische** als **ecologische voordelen**. Dit geldt bij uitstek voor vele **mechatronische systemen** — systemen waarin mechanische, elektronische en softwarematige componenten op complexe wijze geïntegreerd zijn. Een belangrijke vraag die zich hierbij opdringt: in welke mate kunnen onderdelen van verschillende productgeneraties, versies of -varianten onderling worden hergebruikt of uitgewisseld?

In dit artikel verkennen we het **belang van compatibiliteit voor ReX**, de typische **knelpunten** die zich voordoen bij mechatronische systemen, en de **mogelijke oplossingsrichtingen**. We illustreren deze inzichten met een **praktijkcase** rond residentiële warmtepompen, in het bijzonder de Altherma-reeks van Daikin.

In dit artikel

[Het belang van compatibiliteit in ReX](#)

[Typische compatibiliteitsdrivers bij mechatronische systemen;](#)

[Oplossingsrichtingen: naar een geïntegreerde aanpak](#)

[Illustratie: Compatibiliteitsuitdagingen in de Daikin Altherma Reeks](#)

[Conclusie](#)

Het belang van compatibiliteit in ReX

Compatibiliteit is de mate waarin een onderdeel uit een teruggenomen product ook effectief inzetbaar/ herbruikbaar is in een andere context: in een nieuw product, als vervangonderdeel voor een bestaand gelijkaardig model of van een andere generatie. Hierbij wordt vaak het FFF-principe gehanteerd, dat staat voor Fit (past fysiek), Form (heeft dezelfde vormfactor), en Function (vervult dezelfde functie). In de praktijk zijn alle drie deze dimensies essentieel. Voor mechatronische producten is er vaak ook een software component in compatibiliteit: de mate waarin de embedded software, firmware en interfaces in combinatie met de hardware een correcte werking en optimale functionaliteit oplevert. Wanneer compatibiliteit gegarandeerd kan worden, stijgt het aandeel herbruikbare onderdelen, daalt de nood aan technische aanpassingen en extra validatie, en wordt het mogelijk om reverse logistics en voorraadbeheer efficiënter te organiseren. Dit is niet alleen van belang voor de operationele uitvoering van remanufacturing, maar ook voor het economisch rendement ervan. Bovendien ondersteunt een maximale compatibiliteit de levensduurverlenging en upgrading/retrofit van producten.

Om compatibiliteit en ReX correct te beoordelen, maken we onderscheid tussen drie niveaus:

1. **Versie** – functionele configuratie
Verskil in systeemopbouw of toepassing.
Voorbeeld: monoblock vs. split, verwarming met of zonder sanitair warm water.
2. **Generatie** – technologisch platform
Fundamentele wijziging in technologie of architectuur.
Voorbeeld: overgang naar een ander koelmiddel (bv. R410A ? R290) of een nieuw regelplatform.
3. **Variant** – prestatieverschil binnen hetzelfde platform
Afgeleide uitvoering met identieke architectuur.
Voorbeeld: verschillende vermogensklassen (6 kW, 8 kW, 12 kW).

In het geval van warmtepompen kunnen bijvoorbeeld de temperatuurs- en druk sensoren en ventilatoren over verschillende generaties, versies en varianten heen worden ingezet. Andere componenten, zoals compressoren of elektronische expansieventielen, zijn daarentegen sterk afhankelijk van koelmiddel, dimensionering en software, en dus beperkt compatibel: zie onderstaande illustratieve tabel. In hoofdstuk 5 gaan we verder in op de compatibiliteit van warmtepompen.

Onderdeel	Versie	Generatie (~koelmiddel)	Variant (bv vermogen)
-----------	--------	-------------------------	-----------------------

Temperatuursensor	?	?	?
Compressor	?	?	?

Tabel 1: illustratief overzicht van de compatibiliteit van temperatuursensoren en compressors van een warmtepomp. ? = compatibel / = niet compatibel

Typische compatibiliteitsdrivers bij mechatronische systemen

Voor mechatronische systemen kunnen zowel mechanische, elektronische als softwarematige aspecten de compatibiliteit beïnvloeden.

Een eerste aanleiding tot incompatibiliteit over verschillende versies/generaties van een mechatronisch product is de technologische evolutie. Typisch is deze evolutie hoog bij de eerste levenscyclusfase van een productcategorie (introductie en groei) om dan te stabiliseren in een

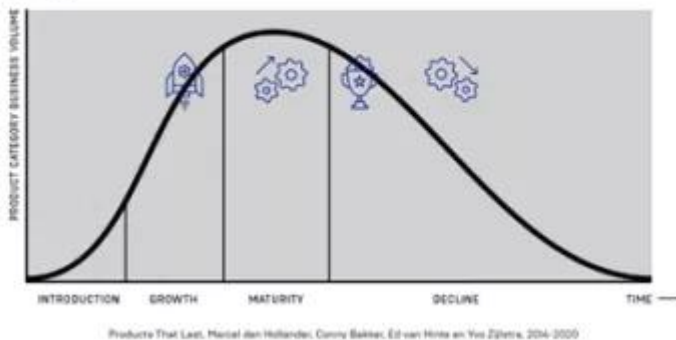
Product market context

▪ The product category life cycle stage

- Introduction & Development
- Growth
- Maturity & saturation
- Decline

▪ The technology change rate

- Upcoming technology
- Mature technology
- Outfacing technology



Een veranderende wetgeving kan de technologische verandering extra aanjagen. Zo zorgt de geleidelijke uitfasering van koelmiddelen met hoog broeikaseffect (overgang van R-410A naar R-32 of R-290) voor een directe en grote impact op het ontwerp van warmtepompen. Immers, naast een andere GWP (global warming potential) – coëfficiënt, hebben andere koelmiddelen ook andere fysische en thermodynamische karakteristieken (warmtecapaciteit, kookpunt, ...). Dit zorgt ervoor dat veel componenten zoals de compressoren, ventielen, warmtewisselaars niet zomaar herbruikt kunnen worden tussen generaties warmtepompen, zelfs al hebben die op het eerste zicht eenzelfde nominaal vermogen.

Met name op het **vlak elektronica en software is de impact van de technologische evolutie vaak groot**. Een steeds grotere “nood” aan rekenkracht, gegevensopslag, communicatie, en performantere besturingssystemen zorgen er typisch voor dat elektronische onderdelen sneller obsolete zijn dan mechanische. Oude printplaten zijn mogelijk niet compatibel met moderne besturingssoftware of communicatieprotocollen. Zelfs wanneer de fysieke aansluiting identiek is, kunnen verschillen in firmware, signaalinterpretatie of beveiligingsmechanismen ervoor zorgen dat componenten niet correct functioneren wanneer ze hergebruikt worden. In dat geval is recyclage vaak de beste optie.

Ten tweede zijn er **ontwerp- en engineeringveranderingen**. Interfaces, toleranties, materialen en montagethoden kunnen veranderen van generatie tot generatie en zelfs tussen meer incrementele versies van een product. Ze zijn vaak geïnitieerd door verbeteruggesties uit de praktijk. Maar ook evoluties in de beschikbaarheid van materialen en componenten op de markt kunnen een aanleiding zijn. Kleine wijzigingen in behuizing, schroefposities of

connectorconfiguraties kunnen leiden tot fysieke incompatibiliteit.

Ook een doorgedreven **standaardisatie** zal de compatibiliteit bevorderen. OEM's ontwikkelen producten vaak met specifieke, unieke onderdelen. Zonder modulaire architectuur of gestandaardiseerde interfaces is uitwisselbaarheid beperkt. Dit leidt tot een versnippering van onderdelen die op zich weinig waarde behouden voor hergebruik.

Tot slot vergemakkelijkt een **goede en traceerbare toegang tot de nodige informatie** het inschatten van compatibiliteit en hergebruik van componenten. Zonder toegang tot originele stuklijsten, technische fiches of configuratiegegevens is het immers moeilijk te bepalen of een bepaald onderdeel geschikt is voor herinzet in een ander product.

Oplossingsrichtingen: naar een geïntegreerde aanpak

Een eerste en fundamentele oplossingsrichting is het toepassen van "**Design for Remanufacturing**" (**DfRem**). Hierbij wordt al in de ontwerpfase rekening gehouden met mogelijke herinzet van onderdelen. Denk aan het inzetten op modulaire productarchitecturen, het standaardiseren van interfaces en het voorzien van configureerbare besturingssoftware. Deze aanpak verhoogt de kans op compatibiliteit tussen generaties aanzienlijk. En leidt dus vaak ook tot lagere kosten op het vlak van de ontwikkeling en productie van nieuwe generaties. De grootste uitdaging ligt hierbij vaak in het omgaan met onzekerheid over de toekomst: welke feedback zal terugkomen uit het veld, hoe zal de technologie en/of wetgeving evolueren, etc...

Digitale hulpmiddelen spelen eveneens een belangrijke rol. Product Lifecycle Management (PLM)-systemen zoals Siemens Teamcenter of PTC Windchill maken het mogelijk om productstructuren, versies en relaties tussen onderdelen systematisch en transparant te beheren.

Een **fictief maar realistisch voorbeeld** van een compatibiliteitsmatrix vind je in onderstaande tabel 2. Deze beschouwt de compatibiliteit van de onderdelen van de elektrische aandrijving van een Gazelle Ultimate C8 fiets.

Donor Component ID	Component	Target Assembly	M
CMP-BES2-MTR	Motor Active Line Plus	Ultimate C8 BES2 (2021)	
CMP-BES2-MTR	Motor Active Line Plus	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-MTR	Motor Active Line Smart	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-MTR	Motor Active Line Smart	Ultimate C8 BES2 (2020)	
CMP-BES2-BAT500	Battery PowerTube 500	Ultimate C8 BES2 (2021)	
CMP-BES2-BAT500	Battery PowerTube 500	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-BAT750	Battery PowerTube 750	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-BAT750	Battery PowerTube 750	Ultimate C8 BES2 (2020)	
CMP-BES2-DISP	Display Purion	Ultimate C8 BES2 (2021)	
CMP-BES2-DISP	Display Purion	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-DISP	Display Kiox 300	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-SMART-DISP	Display Kiox 300	Ultimate C8 BES2 (2020)	
CMP-BOS-HARN-BES2	Wiring Harness BES2	Ultimate C8 BES2 (2021)	
CMP-BOS-HARN-BES2	Wiring Harness BES2	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-BOS-HARN-SMART	Wiring Harness Smart	Ultimate C8 Smart (2023)	
CMP-BOS-HARN-SMART	Wiring Harness Smart	Ultimate C8 BES2 (2020)	
CMP-SPEED-SENS	Speed sensor	Ultimate C8 BES2 (2020)	
CMP-SPEED-SENS	Speed sensor	Ultimate C8 Smart (2023)	

Tabel 2: Illustratief compatibiliteitsoverzicht voor hergebruik van enkel onderdelen van een Gazelle Ultima

Legende:

- ? Compatibel – Technisch en systeemmatig inzetbaar in het doelsysteem; hergebruik mogelijk binnen dit systeem
- ? Voorwaardelijk – Mechanisch passend, maar bijkomende validatie, kalibratie, configuratie of goedkeuring vereist
- ? Incompatibel – Niet inzetbaar door beperkingen omwille van protocol, firmware, authenticatie of ontbreken van componenten

Dit voorbeeld toont dat **compatibiliteit** geen technisch detail is, maar een **systeemvoorwaarde**. Ze is geen eenvoudige ja/nee-eigenschap van een onderdeel, maar een directionele relatie tussen een concreet donorcomponent en een specifiek doelsysteem.

Eenvoudige, platform-neutrale onderdelen (zoals sensoren) zijn vaak goed herbruikbaar, terwijl systeemknooppunten zoals motor, batterij, controller en display sterk platformgebonden zijn. Authenticatie, firmwarekoppeling en communicatieprotocollen kunnen hergebruik tussen verschillende platformen vrijwel onmogelijk maken. In de praktijk leidt dat vaak tot volledige unitvervanging. ReX-haalbaarheid is dus geen eigenschap van het onderdeel op zich, maar van het systeem, de governance en de ontwerpkeuzes waarin het functioneert.

In gevallen waar originele BOMs ontbreken, biedt reverse engineering soelaas. Via reverse BOM reconstructie kan men achterhalen welke onderdelen herbruikbaar zijn. Tools die compatibiliteit op basis van Fit, Form en Function (FFF) analyseren, bieden ondersteuning aan ingenieurs bij het zoeken naar geschikte alternatieven of vervangers.

Daarnaast is het cruciaal om **obsolescentiebeheer** te **integreren** in het ReX-proces. Door gebruik te maken van databases zoals SiliconExpert of IHS kan men nagaan welke onderdelen end-of-life zijn en welke vervangers beschikbaar zijn. Kruisverwijzingstabellen voor onderdelen maken het mogelijk om vervangingsrelaties te beheren (bv. onderdeel A123 wordt vervangen door A456), wat compatibiliteitsbeslissingen vergemakkelijkt.

Samengevat bestaat een **aanpak** meestal uit volgende **drie stappen**:



Analyse van de as-is

- Binnen huidige productfamilie
- Over generaties/versies heen
- Technieken:
 - PLM
 - Reverse engineering

- V
- (i
- T

Illustratie: Compatibiliteitsuitdagingen in de Daikin Altherma Reeks

De Altherma-warmtepompen van Daikin vormen een representatieve casus. Tussen de derde generatie (Altherma 3) en de vierde generatie (Altherma 4 H) spelen verschillende compatibiliteitskwesties.

- De overstap van R-32 naar R-290 koelmiddel heeft een impact op heel het thermodynamisch ontwerp van een warmtepomp, en dus op de dimensionering, de sturing, sensoren en veiligheidssysteem. Dit zorgt onvermijdelijk tot incompatibiliteit van heel wat componenten tussen de productgeneraties.
- Binnen dezelfde generatie kunnen besturingsprintplaten verschillen in software en communicatielogica bevatten, waardoor ze niet zonder meer uitwisselbaar zijn.

Systemen hebben verschillende componenten die wel of niet compatibel zijn.



De **evolutie op gebied van compatibiliteit is positief**. Zo zijn de temperatuur- en druksensoren in veel modellen gestandaardiseerd en daardoor breed inzetbaar. Ook ventilatoren of ventilatormotoren zijn vaak compatibel over meerdere vermogensklassen heen. Daarnaast zet Daikin in op het opstellen van een **systematische compatibiliteitsmatrix**. Het aangeven van de compatibiliteit als ? (volledig compatibel), ? (voorwaardelijk bruikbaar) en ? (niet compatibel) geeft praktische richtlijnen voor remanufacturing teams.

Conclusie

Compatibiliteit is geen nevenaspect maar een **kernvoorwaarde** voor schaalbare en rendabele remanufacturing van mechatronische systemen. Zonder compatibiliteitsbeheer blijft reman beperkt tot ad-hoc harvesting van individuele componenten, met beperkte structurele meerwaarde.

Door het integreren van **design-for-compatibility** principes, het inzetten van **digitale tools voor visualisatie en analyse**, en het systematisch beheren van **lifecycle- en variantgegevens**, kunnen bedrijven remanufacturing op een hoger niveau tillen. Zeker in sectoren als HVAC, industriële automatisering, mobiliteit en consumentenelektronica zal compatibiliteit uitgroeien tot een fundamenteel ontwerpcriterium.

Dit artikel kwam tot stand in het kader van het [HEATReX-project](#), een Living Lab Circular Economy, gefinancierd door Vlaio.



Met dank aan de HEATReX projectpartners



cli
WARM

Auteurs



Stefan Milis