

ROADMAP STRATEGISCHE EN KRITIEKE GRONDSTOFFEN

Materiaalinnovatie voor duurzame waarde en veerkrachtige grondstoffenketens

2026 EDITIE

vito MATERINEX

ROADMAP STRATEGISCHE EN KRITIEKE GRONDSTOFFEN

MateriNex

Roderveldlaan 5
2600 BERCHEM
België
info@materinex.be – www.materinex.be

Disclaimer: De foto's en figuren in dit document werden gegenereerd met behulp van artificiële intelligentie (AI).

SAMENVATTING

Een geïntegreerd strategisch kader voor materiaalinnovatie, waardebehoud en veerkrachtige grondstoffenketens

Strategische en kritieke grondstoffen zijn nodig voor de energietransitie, duurzame mobiliteit, digitalisering en halfgeleiders, defensie en veiligheid, de maakindustrie, de bebouwde omgeving, gezondheid en medische technologie, en opkomende toepassingen. Hun beschikbaarheid alleen volstaat niet. Materialen moeten ook de juiste kwaliteit en functie hebben en betrouwbaar, betaalbaar, veilig en duurzaam inzetbaar zijn. Deze roadmap biedt een gedeeld strategisch kader om kwetsbare afhankelijkheden te beheersen en de concurrentiekracht en veerkracht van Vlaamse waardeketens te versterken.

De roadmap verbindt vijf bouwstenen: toepassing, materiaalsysteem, waardeketeninterventie, strategische waarde en ecosysteemverbinding. De toepassing bepaalt de materiaalbehoefte. Vier verbonden materiaalsystemen vertalen die naar materialen, functies en afhankelijkheden: batterijmaterialen; zeldzame aardmetalen en magneten; elektronische, katalytische en functionele materialen; en industriële metalen en circulaire secundaire materialen. Gerichte ingrepen pakken vervolgens knelpunten of ontbrekende verbindingen aan. De beoogde waarde en de nodige partners en capaciteiten maken duidelijk waarom een ingreep relevant is en hoe ze kan worden gerealiseerd. De bouwstenen beïnvloeden elkaar en vormen geen vaste ontwikkelingsroute.

Ingrepen kunnen plaatsvinden binnen of tussen vier waardeketenfuncties: primaire en secundaire bronnen; raffinage en verwerking tot geschikte materialen; materiaalproductie en productintegratie; en gebruik, terugwinning en waardebehoud. Primaire en secundaire bronnen vullen elkaar aan. Niet alleen het beschikbare of teruggewonnen volume telt, maar ook kwaliteit, functionaliteit en geschiktheid voor een volgende toepassing. Zes dwarsdoorsnijdende thema's helpen mogelijke waarderoutes en realisatievoorwaarden te herkennen: circulariteit en waardebehoud; substitutie en materiaalefficiëntie; digitalisering, data en traceerbaarheid; duurzaamheid, veiligheid en regelgeving; strategische autonomie, diversificatie en veerkracht; en industriële symbiose en gedeelde infrastructuur.

Een technisch resultaat levert niet vanzelf strategische waarde of impact op. Een initiatief moet aantonen welk knelpunt het aanpakt, hoe het aan toepassingseisen voldoet en welke bijdrage het kan leveren aan concurrentiekracht, duurzaamheid, leveringszekerheid of waardebehoud. Toetsing aan kwaliteitseisen, opschaling en industriële afname moeten daarom vroeg worden meegenomen. De roadmap onderscheidt technisch potentieel, een aannemelijke waardebijdrage en gerealiseerde impact. Passende indicatoren helpen die ontwikkeling te onderbouwen. Daarbij moeten ook kosten, risico's en negatieve effecten elders in de keten worden afgewogen.

Realisatie vraagt verbindingen tussen kennis, data, infrastructuur, productie, logistiek en afnemers. Niet elke ketenschakel hoeft in Vlaanderen aanwezig te zijn. Europese samenwerking en betrouwbare internationale partners vullen Vlaamse sterktes aan. Strategische autonomie betekent zo vooral toegang behouden tot kritieke functies en kunnen reageren op verstoringen. MateriNex verbindt stakeholders en ondersteunt projectontwikkeling, met een onderzoeksfocus op kennisintensieve materiaalvragen bij lage technologiematuriteit. De roadmap helpt initiatieven positioneren en hun samenhang bewaken. Ze schrijft geen technologieën, consortia of financieringskeuzes voor en vervangt geen formele projectbeoordeling. Overleg met stakeholders houdt het kader actueel.

INHOUDSTAFEL

1 Waarom deze roadmap? 7
1.1 Strategische afhankelijkheden 7
1.2 Industriële competitiviteit en veerkracht 8
1.3 Belang voor Vlaanderen 8
2 Hoe deze roadmap gebruiken? 10
2.1 Strategisch richting geven 10
2.2 Een gemeenschappelijke taal en ecosysteemafstemming creëren 10
2.3 De fit van nieuwe projectideeën beoordelen 11
2.4 Portfoliocoherentie bewaken 12
3 Hoe is deze roadmap opgebouwd? 13
3.1 Toepassingen creëren de materiaalvraag 14
3.2 Materiaalsystemen organiseren de innovatie 14
3.3 Waardeketeninterventies creëren en behouden materiaalwaarde 15
3.4 Strategische waarde bepaalt waarom een interventie relevant is 15
3.5 Ecosysteemverbinding maakt realisatie mogelijk 16
4 Strategische innovatiedomeinen 17
4.1 Toepassingsdomeinen 17
4.2 Materiaalsystemen 18
4.3 Waardeketeninterventies 20
4.4 Samenhang tussen toepassing, materiaalsysteem en interventie 22
5 Strategische dwarsdoorsnijdende thema's 23
5.1 Circulariteit en waardebehoud 24
5.2 Substitutie en materiaalefficiëntie 24
5.3 Digitalisering, data en traceerbaarheid 24
5.4 Duurzaamheid, veiligheid en regelgeving 24
5.5 Strategische autonomie, diversificatie en veerkracht 25
5.6 Industriële symbiose en gedeelde infrastructuur 25
5.7 Samenhang 25
6 Van interventie naar strategische waarde en impact 26
6.1 Ketenafhankelijkheden en ontbrekende schakels 27
6.2 Technologiegeschikte kwaliteit, kwalificatie en afname 27
6.3 Aantoonbaar waardebehoud en circulaire toepassing 27
6.4 Economische, industriële en strategische waarde 27

6.5 Van technisch potentieel naar gerealiseerde impact 28
6.6 Samenhang 28
7 Ecosysteemverbinding en strategische positionering 29
7.1 Vlaamse kennis- en industriële capaciteiten 29
7.2 Infrastructuur, kwalificatie en afname 30
7.3 Materiaalstromen, logistiek en industriële symbiose 30
7.4 Europese waardeketens en betrouwbare internationale partners 30
7.5 Samenhang 31
8 MateriNex: rol, onderzoekskader en project-ondersteuning 32
8.1 Rol van MateriNex 32
8.2 Onderzoekspositie en technologiematuriteit 32
8.3 Aansluiting op onderzoeks- en innovatie-instrumenten 32
8.4 Dynamisch gebruik en actualisatie 32
Bijlage A. Bronbasis en totstandkoming 33
A.1 Totstandkoming en actualisatie 33
A.2 Relevante onderzoeks-, innovatie- en beleidskaders 33
Bijlage B. Volledig visueel overzicht van de roadmap 36



LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Logica van de roadmap Strategische en Kritieke Grondstoffen: van toepassingsbehoeften via materiaalsystemen en waardeketeninterventies naar strategische waarde en de nodige ecosysteemverbindingen. Dwarsdoorsnijdende thema's helpen waarderoutes en realisatievoorwaarden te identificeren; terugkoppelingen tussen de vijf bouwstenen ondersteunen iteratieve innovatie. 13
Figuur 2: De acht toepassingsdomeinen beschouwd binnen de roadmap. 17
Figuur 3: De vier materiaalsystemen die de kern vormen van de roadmap. 19
Figuur 4: De waardeketeninterventies en vier verbonden waardeketenfuncties in de roadmap. 21
Figuur 5: De strategische dwarsdoorsnijdende thema's die waardecreatie en realisatie ondersteunen over de volledige roadmap heen. 23
Figuur 6: Van interventie naar strategische waarde en impact. De figuur toont de stapsgewijze logica van een waardeketeninterventie, ondersteund door de strategische dwarsdoorsnijdende thema's. 26
Figuur 7: Ecosysteemverbinding in de roadmap. De figuur toont de belangrijkste actoren, capaciteiten en verbindingen die nodig zijn om strategische waarde te realiseren, en hun schaalniveaus van Vlaanderen tot Europa en internationale partners. 29

1 Waarom deze roadmap?

Strategische afhankelijkheden beheersen en concurrentiekracht en veerkracht versterken: kansen voor Vlaanderen

Strategische en kritieke grondstoffen (sCRMs) verbinden maatschappelijke en industriële toepassingen met materialen, productiecapaciteit en internationale waardeketens. Toepassingen bepalen de vraag. Beschikbaarheid en bruikbaarheid hangen af van de hele keten: winning, invoer, verwerking, productie, productintegratie, kwalificatie, logistiek, gebruik en terugwinning. Vlaanderen moet daarom toepassingsbehoeften, materiaalafhankelijkheden, ingrepen in de waardeketen en beschikbare kennis en capaciteit gericht verbinden. Deze roadmap biedt een gedeeld strategisch kader. Ze toont waar materiaalinnovatie waarde kan creëren, welke verbindingen nodig zijn en hoe Vlaamse kennis en industriële capaciteit kunnen bijdragen aan concurrentiekracht, industriële veerkracht en strategische autonomie.

1.1 Strategische afhankelijkheden

Strategische afhankelijkheden ontstaan wanneer maatschappelijke of industriële toepassingen materialen of schakels in de keten nodig hebben waarvoor onvoldoende alternatieven, capaciteit of goede verbindingen beschikbaar zijn. Ze kunnen zich overal in de keten voordoen: van primaire en secundaire grondstoffen tot raffinage, verwerking, productie, productintegratie, gebruik en terugwinning. Toegang tot grondstoffen alleen volstaat dus niet. Ook verwerking, kwalificatie, logistiek, energie, afnemers en gespecialiseerde kennis kunnen bepalend zijn. **Daarom moet de volledige waardeketen worden bekeken**.

Een materiaalsysteem omvat materialen, hun functies en toepassingen, de schakels in de keten en de partijen en capaciteit die daarvoor nodig zijn. Primaire en secundaire bronnen vullen elkaar aan. Secundaire materiaalstromen dragen bij aan de bevoorrading en het behoud van waarde. Daarvoor zijn inzameling, sortering, onderzoek naar de samenstelling en eigenschappen, verwerking en toetsing aan toepassingseisen nodig. Primaire bronnen blijven nodig als secundaire stromen onvoldoende beschikbaar, zuiver of geschikt zijn voor de gewenste functie. **De strategische vraag is welke combinatie van bronnen en activiteiten in de keten nodig is om aan de materiaalbehoefte van een toepassing te voldoen**.

Een afhankelijkheid maakt een waardeketen niet automatisch kwetsbaar. Die kwetsbaarheid neemt toe als cruciale activiteiten of capaciteit bij weinig partijen of op weinig plaatsen zijn geconcentreerd, er weinig alternatieven zijn, schakels moeilijk kunnen worden aangepast of verstoringen grote gevolgen hebben. Meerdere bronnen, routes, partners en mogelijkheden om materialen of functies te vervangen, maken afhankelijkheden beter beheersbaar. De betrokken partijen moeten zich dan wel tijdig kunnen aanpassen. Europese of lokale capaciteit biedt pas strategische waarde als materiaalstromen, energie, infrastructuur, kwalificatie, logistiek en marktvraag op elkaar aansluiten.

Afhankelijkheden kunnen ook ontstaan door een gebrek aan kennis, data of capaciteit bij de betrokken partijen. Te weinig inzicht in materiaalstromen, samenstelling, herkomst, kwaliteit of toepassingseisen bemoeilijkt het gebruik van alternatieve bronnen en secundaire materialen. Ook een gebrek aan testmogelijkheden, gedeelde infrastructuur of samenwerking tussen onderzoek, verwerking, productie, gebruikers en terugwinning kan een belemmering vormen. De roadmap bekijkt toepassingen,

materiaalsystemen en waardeketens daarom in samenhang. Zo wordt zichtbaar waar gerichte veranderingen nodig zijn, zonder vooraf één materiaal, technologie of route voor te schrijven.

1.2 Industriële competitiviteit en veerkracht

Om concurrerend en veerkrachtig te blijven, hebben bedrijven betrouwbare en duurzame toegang nodig tot materialen van de juiste kwaliteit. Daarvoor moeten alle schakels goed op elkaar aansluiten: bronnen, verwerking, productie, verwerking in producten, toetsing aan kwaliteitseisen (kwalificatie), logistiek, energievoorziening en afnemers. Goede verbindingen helpen om kennis en capaciteit beter te benutten en sneller in te spelen op nieuwe behoeften vanuit toepassingen.

Gerichte verbeteringen kunnen ontbrekende functies en zwakke verbindingen in de keten aanpakken. Ze kunnen ook helpen om materialen aan toepassingseisen te toetsen, verliezen bij terugwinning te beperken en tekorten aan data of infrastructuur op te lossen. Hergebruik, herstel, een langere levensduur en hoogwaardige recyclage helpen waarde te behouden en secundaire grondstoffen beschikbaar te maken. Terugwinning alleen is echter niet genoeg. Ook inzameling, logistiek, zuiverheid, voldoende schaal, toetsing aan kwaliteitseisen, economische haalbaarheid en marktvraag moeten op elkaar aansluiten.

Materialen vervangen kan bestaande afhankelijkheden verminderen, maar ook nieuwe afhankelijkheden doen ontstaan. Soms zijn aanpassingen nodig om aan prestatie-eisen te blijven voldoen of materialen in bestaande processen te kunnen gebruiken. Verschillende bronnen gebruiken spreidt de risico's, zolang die bronnen betrouwbaar zijn en de materialen kunnen worden verwerkt. Zuinig materiaalgebruik en een langere levensduur verminderen de vraag naar materialen. Daarbij blijven afwegingen nodig rond prestaties, veiligheid, maakbaarheid en energiegebruik. Ook lokale productie vraagt geschikte grondstoffen en andere inputs, energie, infrastructuur, toetsing aan kwaliteitseisen en afnemers. De roadmap maakt deze samenhang zichtbaar, zonder één ideale route voor te schrijven.

Kennis, data en samenwerking zijn hierbij essentieel. Digitale hulpmiddelen en informatie waarmee materialen door de keten kunnen worden gevolgd, geven inzicht in materiaalstromen en kwaliteit. Ze ondersteunen ook verwerking, toetsing aan toepassingseisen en terugwinning. Bedrijven kunnen energie, chemicaliën, water en reststromen uitwisselen. Ze kunnen ook logistiek, infrastructuur voor analyse en proefproductie, en expertise delen. Zo helpen samenwerking en gedeelde infrastructuur om afhankelijkheden te beheersen, schakels te verbinden en productie op te schalen.

Strategische autonomie betekent niet dat Vlaanderen alles zelf moet produceren of organiseren. Vlaanderen moet wel toegang houden tot kritieke materialen, kennis, technologie, infrastructuur en betrouwbare partners. Onze regio moet ook alternatieven kunnen ontwikkelen en verstoringen kunnen opvangen. Goede verbindingen met Europese en internationale waardeketens vullen de Vlaamse sterktes aan. Ze helpen Vlaanderen concurrerend en veerkrachtig te blijven. Daarbij moet duidelijk blijven welke kritieke afhankelijkheden en ontbrekende verbindingen er zijn en welke mogelijkheden Vlaanderen heeft om zich aan te passen.

1.3 Belang voor Vlaanderen

Innovatie rond strategische en kritieke grondstoffen helpt Vlaanderen waarde te creëren en te behouden in Europese en internationale waardeketens. De roadmap toont waar Vlaamse kennis en industriële capaciteit het verschil kunnen maken: van primaire en secundaire bronnen tot verwerking, productie, gebruik en terugwinning. Ze verbindt toepassingsbehoeften met materiaalsystemen en gerichte

verbeteringen in de keten. Zo ondersteunt ze concurrentiekracht, circulariteit en betrouwbare toegang tot geschikte materialen. Daarvoor moeten ook toetsing aan toepassingseisen, infrastructuur, logistiek en afnemers goed aansluiten. Niet elke schakel hoeft in Vlaanderen aanwezig te zijn. Europese samenwerking en betrouwbare internationale partners blijven essentieel.

Bedrijven kunnen met de roadmap hun materiaalinnovaties positioneren, knelpunten herkennen en aanvullende partners vinden. Kennispartners kunnen onderzoek koppelen aan toepassingsbehoeften, toetsing aan toepassingseisen, opschaling en industrieel gebruik. Clusters, beleidsactoren, infrastructuuraanbieders en andere betrokkenen krijgen een gedeeld kader om kritieke afhankelijkheden, kennistekorten, ontbrekende verbindingen en samenwerkingskansen te herkennen. Zo helpt de roadmap initiatieven af te stemmen en onderzoek te verbinden met industriële toepassing en waardebehoud. Ze geeft richting, maar schrijft geen technologieën, consortia of investeringskeuzes voor.

2 Hoe deze roadmap gebruiken?

Een strategisch referentiekader, geen handleiding voor projectselectie of implementatiekalender.

De roadmap ondersteunt stakeholders bij:

1. het positioneren van onderzoeks- en innovatieactiviteiten;
2. het identificeren van kansen binnen waardeketens en ecosystemen;
3. het ontwikkelen van samenwerkingsverbanden;
4. het afstemmen van investeringen en innovatie-initiatieven.

De roadmap is daarmee een **strategisch referentiekader**. Zij helpt stakeholders om activiteiten te positioneren, verbindingen te leggen en gezamenlijke innovatievragen te identificeren. Zij schrijft geen technologie, materiaal of consortium voor en neemt geen financierings- of investeringsbeslissingen. De gebruikslogica verbindt consequent **toepassing → materiaalsysteem → waardeketeninterventie → strategische waarde → ecosysteemverbinding**. Deze vijf bouwstenen helpen om innovatie-initiatieven te doordenken en hun plaats binnen de roadmap te bepalen. Ze vormen geen vaste ontwikkelingsroute: inzichten over toepassingen, materiaalkeuzes, de waardeketen, de beoogde waarde en het ecosysteem kunnen elkaar blijven beïnvloeden. Door de bouwstenen in deze volgorde te bekijken, wordt duidelijk hoe een initiatief strategisch aansluit op de roadmap. Projectfit geeft daarbij een eerste indicatie van die aansluiting, maar is niet het enige criterium voor een beslissing.

2.1 Strategisch richting geven

De roadmap helpt stakeholders onderzoeks- en innovatieactiviteiten te positioneren via vijf samenhangende bouwstenen: toepassingsdomein, materiaalsysteem, waardeketeninterventie, strategische waarde en ecosysteemverbinding. Het vertrekpunt is de toepassing: welk maatschappelijk of industrieel probleem creëert een materiaalbehoefte en welke waarde is nodig? Daarna wordt bepaald welk materiaalsysteem centraal staat en welke functie, materiaalkeuze of afhankelijkheid verandert.

De waardeketeninterventie toont waar verandering nodig is: binnen één schakel of tussen grondstofvoorziening, verwerking, materiaalproductie, productintegratie, gebruik en terugwinning. De strategische waarde verklaart waarom dit relevant is, bijvoorbeeld voor competitiviteit, veerkracht, circulariteit, materiaalefficiëntie of waardebehoud. De ecosysteemverbinding maakt duidelijk welke kennis, capaciteit, infrastructuur, data en samenwerking nodig zijn.

Deze redeneerlijn verbindt de innovatiebehoefte met de materiaalvraag, de gewenste verandering in de waardeketen en de verwachte waarde. Ze legt geen voorkeursroute op. Verschillende materialen, technologieën en samenwerkingsvormen passen binnen het kader, zolang hun relatie met de toepassing en waardeketen duidelijk is.

2.2 Een gemeenschappelijke taal en ecosysteemafstemming creëren

De roadmap biedt bedrijven, onderzoekers, kennisinstellingen, innovatiepartners, clusters en beleidsactoren een gemeenschappelijke taal. Toepassingsdomeinen tonen waar behoeften ontstaan. Materiaalsystemen beschrijven de samenhang tussen materialen, functies en ketenrelaties.

Waardeketeninterventies maken zichtbaar waar verandering nodig is. Strategische waarde benoemt de beoogde economische, maatschappelijke, industriële of strategische bijdrage. Ecosysteemverbindingen tonen welke aanvullende capaciteiten nodig zijn.

Deze gedeelde taal maakt afhankelijkheden en raakvlakken bespreekbaar. Een innovatievraag kan gaan over een materiaal of proces, maar ook over toetsing aan toepassingseisen, afname, logistiek, data, infrastructuur, regelgeving, terugwinning of verbindingen tussen ketenschakels. Zo herkennen stakeholders kansen voor samenwerking en ontbrekende schakels, zonder rollen, consortia of technologieën vooraf vast te leggen.

Ecosysteemafstemming betekent niet dat alle activiteiten centraal worden gestuurd. De roadmap toont vooral welke partijen, kennis en capaciteiten rond een strategische uitdaging met elkaar verbonden zijn. Ze ondersteunt het gesprek over complementariteit, samenwerking en gedeelde infrastructuur, terwijl concrete keuzes bij de betrokken stakeholders en besluitvormers blijven.

2.3 De fit van nieuwe projectideeën beoordelen

Projectfit wordt beoordeeld via één samenhangende logica: **toepassing → materiaalsysteem → waardeketeninterventie → strategische waarde → ecosysteemverbinding**. Hiermee kan een projectidee helder worden gepositioneerd en kan de samenhang tussen de uitgangspunten worden besproken. Het is geen scoremodel of formele selectiemethode.

1. Toepassing. Welk maatschappelijk of industrieel probleem wordt aangepakt en welke waarde moet ontstaan? Leg uit waarom hiervoor materiaalinnovatie of een ingreep in de waardeketen nodig is. De toepassing bepaalt de gebruikscontext en de relevantie van de voorgestelde verandering.

2. Materiaalsysteem. Welk materiaalsysteem staat centraal en welke materiaalkeuze, functie of afhankelijkheid verandert? Kijk verder dan één materiaal en beschrijf hoe materialen, functies en ketenschakels samenhangen. Zo wordt duidelijk waarop de innovatie ingrijpt en welke andere onderdelen worden beïnvloed.

3. Waardeketeninterventie. In welke schakel of verbinding grijpt het project in en welke afhankelijkheid, lacune, verliespost of ontwikkelbehoefte pakt het aan? Dit kan gaan om primaire of secundaire bronnen, verwerking, materiaalproductie, productintegratie, kwalificatie, gebruik, terugwinning of waardebehoud. Ook een ontbrekende verbinding tussen schakels kan centraal staan.

4. Strategische waarde. Welke aantoonbare economische, maatschappelijke, industriële of strategische waarde kan de ingreep creëren? Denk aan competitiviteit, veerkracht, circulariteit, terugwinning, substitutie, materiaalefficiëntie, duurzaamheid of waardebehoud. Koppel deze waarde concreet aan de voorgestelde ingreep, niet alleen aan een algemene ambitie.

5. Ecosysteemverbinding. Welke kennis, capaciteit, infrastructuur, data, actoren en relaties zijn nodig om de beoogde waarde te realiseren? Deze stap toont welke expertise, toetsing aan toepassingseisen, testomgeving, logistiek, industriële afname of samenwerking ontbreekt. Ze legt geen consortium vast, maar maakt duidelijk of de essentiële verbindingen zijn herkend.

Roadmapfit beoordeeld door MateriNex is slechts één criterium en vervangt geen formele beoordeling door VLAIO, financiers of investeerders. Wetenschappelijke onderbouwing, risico's, consortiumcapaciteit, middelen en juridische en financiële criteria moeten nog steeds afzonderlijk worden beoordeeld.

2.4 Portfoliocoherentie bewaken

Over meerdere projecten heen toont de roadmap welke toepassingsdomeinen en materiaalsystemen worden versterkt en waar ingrepen in de waardeketen elkaar aanvullen. Ze maakt ook zichtbaar welke strategische waarde en ecosysteemverbindingen ontstaan of ontbreken. Zo kunnen complementariteit, concentratie, versnippering en lacunes samen worden besproken.

Portfoliocoherentie betekent dat projecten strategisch samenhangen, elkaar aanvullen en samen een evenwichtig geheel vormen. Projecten kunnen elkaar bijvoorbeeld versterken door verschillende schakels van hetzelfde materiaalsysteem te verbinden. Ook kunnen ze materiaalinnovatie koppelen aan kwalificatie of opschaling, of terugwinning verbinden met het gebruik van secundaire materialen. Meerdere projecten rond hetzelfde thema kunnen samen voldoende omvang en gedeelde capaciteit opbouwen. Die concentratie kan echter ook kwetsbaar zijn als belangrijke schakels ontbreken. Een grotere verscheidenheid aan projecten kan nieuwe routes openen. Ze kan echter ook tot versnippering leiden als projecten weinig capaciteit delen of weinig gemeenschappelijke strategische waarde hebben.

De roadmap vraagt niet dat projecten gelijk verdeeld zijn over materialen, toepassingen of schakels in de waardeketen. Een ongelijke verdeling kan passen bij industriële sterktes, ontwikkelbehoeften, strategische kansen en beschikbare capaciteit. Portfoliocoherentie helpt om de samenhang tussen initiatieven te bespreken. Het gaat niet om het rangschikken van projecten, het verdelen van budgetten of het formeel beheren van de portfolio. Individuele projecten worden daarbij niet hoger of lager gewaardeerd.

3 Hoe is deze roadmap opgebouwd?

Van toepassingsvraag via materiaalsystemen en waardeketeninterventies naar strategische waarde en ecosysteemverbinding

Deze roadmap benadert strategische en kritieke grondstoffen niet als een losse lijst van materialen, technologieën of ketenschakels, maar als één samenhangend innovatiesysteem. De centrale logica vertrekt vanuit de **toepassingsvraag** en loopt via **materiaalsystemen** en **gerichte waardeketeninterventies** naar **strategische waarde** en de **ecosysteemverbindingen** die nodig zijn om deze waarde te realiseren.

De roadmap wordt daarom gelezen volgens vijf samenhangende bouwstenen:

> **Toepassing ➔ materiaalsysteem ➔ waardeketeninterventie ➔ strategische waarde ➔ ecosysteemverbinding**



Figuur 1: Logica van de roadmap Strategische en Kritieke Grondstoffen: van toepassingsbehoeften via materiaalsystemen en waardeketeninterventies naar strategische waarde en de nodige ecosysteemverbindingen. Dwarsdoorsnijdende thema's helpen waarderoutes en realisatievoorwaarden te identificeren; terugkoppelingen tussen de vijf bouwstenen ondersteunen iteratieve innovatie.

De toepassing bepaalt de maatschappelijke of industriële behoefte. Het materiaalsysteem koppelt die aan materialen, functies, kwaliteitseisen en afhankelijkheden. De waardeketeninterventie toont waar

verandering of een nieuwe verbinding nodig is. De strategische waarde verklaart het belang voor onder meer competitiviteit, veerkracht, circulariteit, duurzaamheid of waardebehoud. De ecosysteemverbinding benoemt de nodige kennis, infrastructuur, data, capaciteit, actoren en samenwerking om die waarde te realiseren.

De vijf bouwstenen vormen geen vaste ontwikkelingsroute: ze beïnvloeden elkaar. Nieuwe toepassingseisen kunnen materiaalkeuzes, verwerking, productie en terugwinning veranderen. Omgekeerd kunnen materiaalinnovaties, secundaire bronnen, nieuwe verwerkingscapaciteit en ecosysteemverbindingen nieuwe toepassingen mogelijk maken. Inzichten uit kwalificatie, industriële productie, gebruik en terugwinning kunnen eerdere keuzes bijsturen. De roadmap geeft dus richting, zonder een vaste technologische of industriële route voor te schrijven.

3.1 Toepassingen creëren de materiaalvraag

Maatschappelijke en industriële **toepassingen** bepalen welke materiaalfuncties nodig zijn en welke eisen gelden voor prestaties, kwaliteit, beschikbaarheid, veiligheid, kostprijs, duurzaamheid, circulariteit en leveringszekerheid. Ze vormen het vertrekpunt van de roadmap.

De toepassingsdomeinen zijn: energietransitie, duurzame mobiliteit, digitalisering en halfgeleiders, defensie en veiligheid, maakindustrie, bebouwde omgeving, gezondheid en opkomende technologieën, en andere voldoende onderbouwde toepassingen. Ze verbinden maatschappelijke behoeften, materiaalafhankelijkheden en industriële waardeketens, zonder technologieprioriteiten vast te leggen. Een toepassing is relevant als materiaalinnovatie of een gerichte ingreep in de waardeketen aantoonbaar bijdraagt aan industriële inzetbaarheid, competitiviteit, duurzaamheid, waardebehoud of veerkracht.

Het toepassingsdomein vormt daarmee het vertrekpunt, maar bepaalt niet vooraf welk materiaal of welke technologische route moet worden gekozen. De centrale vraag is:

> **Welke maatschappelijke of industriële behoefte creëert een materiaalvraag, en welke functionele en strategische eisen volgen daaruit?**

Hoofdstuk 4 werkt de toepassingsdomeinen en hun relatie met strategische en kritieke grondstoffen verder uit.

3.2 Materiaalsystemen organiseren de innovatie

Een **materiaalsysteem** verbindt materialen met functies, toepassings- en kwaliteitseisen, toevoerroutes en waardeketens. Industriële inzetbaarheid vraagt meer dan beschikbaarheid: ook materiaalvorm, samenstelling, zuiverheid, functionaliteit, reproduceerbaarheid en verwerkbaarheid zijn bepalend.

De roadmap onderscheidt vier brede, verbonden materiaalsystemen: 1) batterijmaterialen, 2) zeldzame aardmetalen en magneten, 3) elektronische, katalytische en functionele materialen, en 4) industriële metalen en circulaire secundaire materialen. Deze indeling verbindt materiaalroutes, functies en afhankelijkheden zonder een uitgebreide grondstoffencatalogus te vormen. De systemen overlappen: industriële metalen kunnen kritieke of strategische elementen bevatten, teruggewonnen materialen passen in meerdere toepassingen en systemen, en elektronische, katalytische en functionele materialen kennen primaire én secundaire toevoerroutes.

Toegang tot grondstoffen betekent dus niet automatisch toegang tot bruikbare materialen. Tussen winning of inzameling en toepassing kunnen gespecialiseerde scheiding, raffinage, zuivering, conversie, materiaalproductie, kwalificatie en productintegratie nodig zijn.

De centrale vraag is:

> **Welk materiaalsysteem staat centraal, en welke materiaalkeuze, functie, kwaliteit of afhankelijkheid moet veranderen om aan de toepassingsbehoefte te voldoen?**

Hoofdstuk 4 beschrijft de vier materiaalsystemen en hun strategische functies, toepassingen, afhankelijkheden en ketenrelaties.

3.3 Waardeketeninterventies creëren en behouden materiaalwaarde

Materiaalwaarde ontstaat en blijft behouden in de volledige waardeketen, niet alleen door winning, invoer of beschikbaarheid. De roadmap onderscheidt vier verbonden functies: primaire en secundaire bronnen; raffinage, verwerking en technologiegeschikte materialen; materiaalproductie en productintegratie; en gebruik, terugwinning en waardebehoud.

Een **waardeketeninterventie**, de derde bouwsteen, verandert gericht een ketenschakel of verbinding en pakt een aantoonbare afhankelijkheid, lacune, verliespost, kwalificatie- of ontwikkelingsbehoefte aan. Voorbeelden zijn een ontbrekende verwerkingsstap invullen, secundaire stromen verbeteren, kwalificatie mogelijk maken of productie beter verbinden met industriële afname.

Primaire en secundaire bronnen vullen elkaar aan. Hun waarde hangt af van volume, samenstelling, kwaliteit, continuïteit, logistiek en verwerkbaarheid. Raffinage en verwerking leveren de vereiste kwaliteit en functionaliteit; materiaalproductie en productintegratie verbinden materialen met componenten en eindproducten. Gebruik, hergebruik en terugwinning bepalen hoeveel functionaliteit en economische waarde behouden blijven.

De functies vormen één keten met terugkoppelingen, geen vaste ontwikkelingsroute. Niet elk initiatief hoeft ze allemaal te doorlopen of te bestrijken.

De kernvraag is:

> **Waar in de waardeketen, of tussen welke ketenschakels, is een interventie nodig, en welke afhankelijkheid, lacune, verliespost of ontwikkelingsbehoefte pakt deze interventie aan?**

Hoofdstuk 4 werkt de vier waardeketenfuncties en mogelijke interventies verder uit.

3.4 Strategische waarde bepaalt waarom een interventie relevant is

Technische vernieuwing of een kritisch materiaal maakt een interventie niet automatisch strategisch. Haar waarde voor toepassing, materiaalsysteem en waardeketen bepaalt de relevantie.

De vierde bouwsteen verklaart **waarom**: economische, industriële, maatschappelijke en strategische waarde hangen vaak samen.

Mogelijke waardedimensies zijn industriële competitiviteit en inzetbaarheid; leveringszekerheid, diversificatie en veerkracht; circulariteit en waardebehoud; substitutie en materiaalefficiëntie;

duurzaamheid, veiligheid en maatschappelijke waarde; en strategische autonomie en Europese positionering.

Deze dimensies kunnen elkaar versterken of botsen. Substitutie kan afhankelijkheden verminderen én creëren. Terugwinning vraagt samenhang tussen kwaliteit, schaal, energiegebruik, kwalificatie en afname.

De centrale vraag is:

> **Welke economische, industriële, maatschappelijke of strategische waarde kan de interventie creëren of behouden, en via welke aantoonbare causale route kan die waarde ontstaan?**

Hoofdstuk 5 beschrijft de strategische dwarsdoorsnijdende thema's. Hoofdstuk 6 verdiept de route van materiaalinnovatie en waardeketeninterventie naar aantoonbare waarde en impact.

3.5 Ecosysteemverbinding maakt realisatie mogelijk

Materiaalinnovatie en waardeketeninterventies vragen de juiste actoren, capaciteiten en verbindingen: kennis en vaardigheden; data, karakterisering en traceerbaarheid; onderzoeks-, test-, piloot- en kwalificatie-infrastructuur; productiecapaciteit, logistiek en industriële afname; industriële symbiose; Europese waardeketens en betrouwbare internationale partners.

Ecosysteemverbinding dient de toepassingsvraag, het materiaalsysteem, de waardeketeninterventie en de beoogde strategische waarde. Niet méér actoren of infrastructuur, maar aanvullende capaciteiten en kwalitatieve, blijvende verbindingen versterken het ecosysteem.

Niet elke ketenfunctie hoeft in Vlaanderen aanwezig te zijn. Versterk Vlaamse kennis en capaciteit waar een geloofwaardige industriële of strategische bijdrage mogelijk is. Voor andere functies kunnen Europese samenwerking, gespecialiseerde infrastructuur of betrouwbare internationale verbindingen geschikter zijn.

De centrale vraag is:

> **Welke actoren, kennis, infrastructuur, data, logistiek, kwalificatie, afname en Europese of internationale verbindingen zijn nodig om de beoogde strategische waarde te realiseren?**

Hoofdstuk 7 verdiept de Vlaamse capaciteiten, de verbinding met Europese waardeketens en de samenwerking tussen industrie, kennis, logistiek, infrastructuur en afname.

4 Strategische innovatiedomeinen

De inhoudelijke kern van de roadmap: toepassingen, materiaalsystemen en waardeketeninterventies

De strategische innovatiedomeinen werken de eerste drie bouwstenen van de roadmap verder uit. **Toepassingsdomeinen** tonen waar de materiaalvraag ontstaat. **Materiaalsystemen** verbinden die vraag met materialen, functies en afhankelijkheden. **Waardeketeninterventies** geven aan waar verandering nodig is om materiaalwaarde te creëren of te behouden.

Deze drie perspectieven moeten in samenhang worden gelezen. Een innovatie is relevant wanneer ze vertrekt van een onderbouwde toepassingsbehoefte, een duidelijk materiaalsysteem afbakent en een concrete interventie in de waardeketen voorstelt.

4.1 Toepassingsdomeinen

Toepassingsdomeinen bepalen welke materiaalfunctionaliteit nodig is en welke eisen gelden voor prestaties, kwaliteit, beschikbaarheid, veiligheid, duurzaamheid, circulariteit en leveringszekerheid.



Figuur 2: De acht toepassingsdomeinen beschouwd binnen de roadmap.

4.1.1 Energietransitie

De energietransitie vraagt materialen voor energieopwekking, opslag, transport en omzetting. Strategische relevantie ontstaat waar materiaalinnovatie of een waardeketeninterventie bijdraagt aan betrouwbare beschikbaarheid, industriële inzetbaarheid, langere levensduur of hoogwaardige terugwinning.

4.1.2 Duurzame mobiliteit

Duurzame mobiliteit creëert materiaalvragen voor energieopslag, elektrische aandrijving, vermogenselektronica, lichte constructies en laadinfrastructuur. Prestaties, veiligheid, gewicht, levensduur, maakbaarheid en terugwinbaarheid zijn bepalend.

4.1.3 Digitalisering en halfgeleiders

Digitale technologie en halfgeleiders steunen op elektronische, katalytische en andere functionele materialen. Ook bij beperkte volumes kunnen zuiverheid, materiaalvorm, procescompatibiliteit en toegang tot gespecialiseerde tussenproducten strategisch belangrijk zijn.

4.1.4 Defensie en veiligheid

Defensie- en veiligheidstoepassingen stellen hoge eisen aan prestaties, betrouwbaarheid, robuustheid en beschikbaarheid. Materiaalinnovatie kan bijdragen via diversificatie, substitutie, materiaalefficiëntie, waardebehoud en toegang tot betrouwbare productie- en kwalificatiecapaciteit.

4.1.5 Maakindustrie

De maakindustrie verbindt materialen met componenten, producten en industriële systemen. Materiaalkwaliteit, reproduceerbaarheid, procescompatibiliteit, energiegebruik, kwalificatie en industriële afname bepalen of een materiaal inzetbaar is.

4.1.6 Bebouwde omgeving

De bebouwde omgeving gebruikt grote hoeveelheden industriële metalen, minerale materialen en functionele componenten. Kansen liggen onder meer in selectieve terugwinning, hoogwaardig hergebruik en de inzet van secundaire materiaalstromen met aantoonbare kwaliteit en veiligheid.

4.1.7 Gezondheid en medische technologie

Gezondheids- en medische toepassingen kunnen afhankelijk zijn van gespecialiseerde elektronische, katalytische, functionele en industriële materialen. Zuiverheid, veiligheid, betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid staan centraal.

4.1.8 Opkomende en andere onderbouwde toepassingen

De roadmap laat ruimte voor nieuwe toepassingen die een duidelijke materiaalvraag creëren. De relatie met een materiaalsysteem, waardeketeninterventie en beoogde strategische waarde moet steeds worden onderbouwd.

4.2 Materiaalsystemen

Materiaalsystemen verbinden toepassingen met materialen, functies, kwaliteitseisen, toevoerroutes en waardeketens. De roadmap onderscheidt de volgende vier brede en onderling verbonden systemen.



Figuur 3: De vier materiaalsystemen die de kern vormen van de roadmap.

4.2.1 Batterijmaterialen

Batterijmaterialen verbinden binnen sCRMs energieopslag, mobiliteit en industriële toepassingen met de hele keten: grondstoffen, raffinage, precursoren, materiaalproductie, celintegratie, gebruik en terugwinning. Naast de elementen bepalen ook de kwaliteit en werking van tussenproducten en de verbindingen tussen bedrijven hun inzetbaarheid. Eisen aan zuiverheid, samenstelling, reproduceerbaarheid en kwalificatie maken vooral het midden van de keten strategisch belangrijk.

Circulariteit omvat inzameling, sortering, voorbehandeling, terugwinning en, waar relevant, directe recyclage of regeneratie. Functiebehoud kan meer waarde opleveren dan alleen massaterugwinning. De haalbaarheid hangt af van volume, schaal, kwaliteit, verwerking en afzet. De roadmap kiest geen batterijchemie, maar verbindt primaire en secundaire toevoer met geschikte materialen, productie, kwalificatie en terugwinning.

4.2.2 Zeldzame aardmetalen en magneten

Zeldzame aardmetalen en magneten zijn belangrijk voor elektrische mobiliteit, windenergie, elektronica en defensie. Hun inzetbaarheid vraagt meer dan beschikbare elementen: ook scheiding, raffinage, materiaal- en magneetproductie, integratie, gebruik en terugwinning zijn bepalend.

Terugwinning uit afgedankte producten en industriële reststromen kan de bevoorrading spreiden en waarde behouden. Dit vraagt inzameling, ontmanteling, karakterisering, selectieve verwerking en aansluiting op verdere verwerking en afname. Teruggewonnen elementen zijn niet vanzelf geschikt als functioneel materiaal of magneet. Naast opbrengst tellen daarom ook herstelde functionaliteit, kwaliteit en marktwaarde.

4.2.3 Elektronische, katalytische en functionele materialen

Elektronische, katalytische en functionele materialen vormen afzonderlijke, verbonden clusters. Hun toepassingswaarde berust op elektrische, elektronische, katalytische, sensorische of andere functionele eigenschappen. Naast het element bepalen zuiverheid, samenstelling, materiaalvorm, verwerking en kwalificatie hun waarde.

Elektronisch afval, printplaten, katalysatoren en vergelijkbare complexe stromen bieden secundaire bronnen. Hun wisselende samenstelling vraagt karakterisering, scheiding en selectieve terugwinning. Verdunning, functieverlies of ontbrekende afzet beperken de strategische waarde. Innovatie moet daarom bron, verwerking, geschikt materiaal, toepassingseisen en afname verbinden.

4.2.4 Industriële metalen en circulaire secundaire materialen

Industriële metalen vervullen structurele, geleidende en procesfuncties en kunnen kritieke of strategische elementen bevatten. Circulaire secundaire materialen omvatten teruggewonnen materialen, schroot, productieafval, neven- en reststromen en afgedankte producten. Hergebruik als grondstof vraagt geschikte samenstelling, kwaliteit en functionaliteit.

Inzetbaarheid vraagt karakterisering, scheiding, zuiverheid, verwerking, reproduceerbaarheid, kwalificatie en marktvraag. Verdunning van legeringselementen verlaagt de waarde van gemengd schroot; gerichte scheiding en controle maken hoogwaardiger hergebruik mogelijk. Secundaire bronnen vervangen primaire niet automatisch. Een robuuste strategie combineert beide naar beschikbaarheid, geschiktheid, continuïteit, milieu-impact en toepassingswaarde.

4.3 Waardeketeninterventies

Waardeketeninterventies zijn gerichte veranderingen binnen een ketenschakel of in de verbinding tussen verschillende schakels. De roadmap onderscheidt vier verbonden waardeketenfuncties: 1) primaire en secundaire bronnen, 2) raffinage, verwerking en technologiegeschikte materialen, 3) materiaalproductie en productintegratie, en 4) gebruik, terugwinning en waardebehoud.

Deze functies beschrijven waar materiaalwaarde wordt opgebouwd, omgezet, toegepast en behouden. Zij helpen om afhankelijkheden, ontbrekende schakels, kwaliteitsproblemen en verliesposten in de materiaalroute te identificeren.

Een interventie kan plaatsvinden **binnen één functie**, **tussen twee functies** of **over meerdere functies heen**. Zo kan een initiatief een verwerkingstechnologie verbeteren, de aansluiting tussen raffinage en materiaalproductie versterken of informatie uit gebruik en terugwinning terugkoppelen naar ontwerp en productie. De functies vormen daarmee geen vaste processtappen, maar een analysekader om de positie en bijdrage van een interventie duidelijk af te bakenen.



Figuur 4: De waardeketeninterventies en vier verbonden waardeketenfuncties in de roadmap.

4.3.1 Primaire en secundaire bronnen

Primaire bronnen, zoals ertsen, concentraten en andere ontgonnen grondstoffen, vullen secundaire bronnen aan: industriële reststromen, productieafval, schroot, afgedankte producten en teruggewonnen materialen. Hun industriële waarde hangt af van volume, samenstelling, kwaliteit, logistiek, continuïteit en verwerkbaarheid.

Secundaire stromen verminderen mogelijk afhankelijkheden en behouden waarde, maar onvoldoende volume of kwaliteit kan primaire toevoer nodig maken. Recyclagecapaciteit moet tijdig klaarstaan voor toekomstige stromen. Diversificatie vraagt passende bronnen, karakterisering, logistiek, verwerking en betrouwbare partners, zonder universele voorkeursroute.

4.3.2 Raffinage, verwerking en technologiegeschikte materialen

Extractie, scheiding, zuivering, elektrochemische verwerking, kristallisatie en circulaire raffinage zetten primaire en secundaire stromen om in metalen, verbindingen, tussenproducten, precursoren of teruggewonnen materialen met de vereiste kwaliteit en functionaliteit. De roadmap kiest geen route: selectiviteit, zuiverheid, samenstelling, reproduceerbaarheid, energie- en hulpstoffengebruik, reststromen en schaal bepalen de geschiktheid.

Waarde vraagt aansluiting op materiaalproductie, kwalificatie en afname. Toepassing en volgende processtappen bepalen de benodigde kwaliteit; maximale zuiverheid is economisch of ecologisch niet altijd optimaal. Uitwisseling van energie, chemicaliën, warmte of nevenstromen kan via industriële symbiose meerwaarde bieden.

4.3.3 Materiaalproductie en productintegratie

Materiaalproductie en productintegratie zetten geschikte metalen, verbindingen en precursoren om in functionele materialen, componenten en producten. Industriële toepassing vraagt reproduceerbare productie, procescompatibiliteit, kwaliteitscontrole, opschaling en afname.

Kwalificatie kan inzetbaarheid beperken als samenstelling, prestaties of procescompatibiliteit onvoldoende stabiel zijn. Innovatie moet daarom vroeg aansluiten op productie- en producteisen. Lokale productie biedt pas strategische waarde als schaal, kost, energie, infrastructuur, duurzaamheid en afname passen binnen Europese en internationale ketens.

4.3.4 Gebruik, terugwinning en waardebehoud

Gebruik en levensduurverlenging, onderhoud, herstel, hergebruik, remanufacturing, directe recyclage en materiaalterugwinning bepalen het waardebehoud. Naast teruggewonnen massa tellen behouden of herstelde functionaliteit, kwaliteit en toepassingswaarde.

Haalbare terugwinning vraagt samenhang tussen inzameling, sortering, veilige behandeling, verwerking, kwalificatie, schaal en afname. Directe recyclage is niet altijd optimaal. Beoordeling vraagt de volledige keten, energie- en hulpstoffengebruik, functieverlies, marktacceptatie en aansluiting op primaire en secundaire toevoer.

4.4 Samenhang tussen toepassing, materiaalsysteem en interventie

De drie strategische innovatiedomeinen moeten altijd in samenhang worden gelezen. Een toepassingsdomein vormt geen prioriteit zonder een onderbouwde materiaalvraag. Een materiaalsysteem is niet strategisch relevant zonder een concrete functie of afhankelijkheid. Een waardeketeninterventie creëert alleen waarde wanneer ze aansluit op een toepassingsbehoefte en een industrieel bruikbare materiaalroute.

De strategische innovatiedomeinen tonen waar materiaalinnovatie en waardeketeninterventies kunnen plaatsvinden. **Hun uiteindelijke relevantie hangt echter af van de waarde die zij creëren of behouden en van de voorwaarden waaronder die waarde kan worden gerealiseerd**. Hoofdstuk 5 beschrijft daarom de dwarsdoorsnijdende waarde- en realisatieprincipes die materiaalkeuzes, waardeketeninterventies en ecosysteemverbindingen ondersteunen.

5 Strategische dwarsdoorsnijdende thema's

Zes samenhangende principes voor strategische waarde en de voorwaarden om die te realiseren

De toepassingsdomeinen, materiaalsystemen en waardeketeninterventies uit hoofdstuk 4 bepalen waar materiaalinnovatie kan plaatsvinden. De strategische relevantie ervan hangt af van de waarde die wordt gecreëerd of behouden en van de voorwaarden waaronder die waarde kan worden gerealiseerd.

Dit hoofdstuk beschrijft zes principes die over toepassingen, materiaalsystemen en waardeketens heen relevant kunnen zijn: circulariteit en waardebehoud; substitutie en materiaalefficiëntie; digitalisering, data en traceerbaarheid; duurzaamheid, veiligheid en regelgeving; strategische autonomie, diversificatie en veerkracht; en industriële symbiose en gedeelde infrastructuur.

De zes strategische dwarsdoorsnijdende thema's bieden een kader om te onderzoeken **langs welke routes een waardeketeninterventie strategische waarde kan creëren en welke voorwaarden nodig zijn om die waarde te realiseren**. Sommige thema's beschrijven vooral een mogelijke waarderoute, andere vooral een realisatievoorwaarde. Zij vormen geen afzonderlijke processtap en zijn niet voor elk initiatief in dezelfde mate relevant.



Figuur 5: De strategische dwarsdoorsnijdende thema's die waardecreatie en realisatie ondersteunen over de volledige roadmap heen.

5.1 Circulariteit en waardebehoud

Circulariteit richt zich op het verlengen van de gebruiksduur en het zo hoogwaardig mogelijk behouden van materialen, functies en economische waarde. Mogelijke routes zijn onderhoud, herstel, hergebruik, remanufacturing, directe recyclage en materiaalterugwinning.

Niet alleen de teruggewonnen hoeveelheid telt. Ook kwaliteit, zuiverheid, functionaliteit en geschiktheid voor een volgende toepassing bepalen de waarde. Primaire en secundaire bronnen blijven daarbij aanvullende materiaalroutes.

> **Kernvraag:** Hoe kan de interventie de functionele, materiële en economische waarde zo lang en zo hoogwaardig mogelijk behouden?

5.2 Substitutie en materiaalefficiëntie

Substitutie kan betrekking hebben op een materiaal, functie, proces of volledige materiaalroute. Materiaalefficiëntie vermindert het materiaalgebruik en beperkt verliezen tijdens productie en gebruik.

Deze routes kunnen kwetsbare afhankelijkheden verminderen, maar ook nieuwe technische beperkingen of afhankelijkheden creëren. Prestaties, veiligheid, levensduur, maakbaarheid, kostprijs en terugwinbaarheid moeten daarom over de volledige waardeketen worden beoordeeld.

> **Kernvraag:** Kan het gebruik van kwetsbare of schaarse materialen worden verminderd zonder onaanvaardbare gevolgen voor prestaties, veiligheid, duurzaamheid of industriële inzetbaarheid?

5.3 Digitalisering, data en traceerbaarheid

Data kunnen inzicht bieden in materiaalstromen, herkomst, samenstelling, kwaliteit, procescondities en gebruiksgeschiedenis. Dit ondersteunt onder meer karakterisering, sortering, verwerking, kwalificatie, terugwinning en risicobeheer.

Digitale oplossingen creëren pas waarde wanneer de gegevens betrouwbaar, uitwisselbaar en bruikbaar zijn voor concrete beslissingen. Materiaalpaspoorten, digitale productinformatie en modellen van materiaalstromen vervangen geen fysieke verwerking, kwalificatie of afname. Ze kunnen deze activiteiten wel gerichter en efficiënter maken.

> **Kernvraag:** Welke gegevens zijn nodig om materiaalstromen, kwaliteit, risico's en waardeketenbeslissingen aantoonbaar te verbeteren?

5.4 Duurzaamheid, veiligheid en regelgeving

Materiaalkeuzes en waardeketeninterventies kunnen gevolgen hebben voor klimaat, milieu, energie- en watergebruik, afvalstromen, veiligheid en gezondheid. Een verbetering in één ketenschakel betekent daarom niet automatisch een verbetering van de volledige materiaalroute.

Regelgeving, normen en kwalificatievoorwaarden bepalen mee of materialen en processen industrieel kunnen worden toegepast. Ze kunnen innovatie richting geven en marktacceptatie ondersteunen, maar ook nieuwe technische en administratieve drempels creëren. Daarom moeten relevante vereisten vroeg in de ontwikkeling worden meegenomen.

> **Kernvraag:** Hoe kan de interventie aantoonbaar bijdragen aan duurzaamheid en veiligheid en tegelijk voldoen aan relevante regels, normen en kwalificatievoorwaarden?

5.5 Strategische autonomie, diversificatie en veerkracht

Strategische autonomie betekent niet dat alle grondstoffen, verwerking en productie in Vlaanderen of Europa aanwezig moeten zijn. Het doel is om kritieke functies, kennis en capaciteit te behouden en kwetsbare afhankelijkheden beheersbaar te maken.

Diversificatie kan betrekking hebben op bronnen, materialen, processen, leveranciers, geografische routes en afzetmarkten. Veerkracht ontstaat wanneer alternatieven tijdig beschikbaar zijn en bedrijven of waardeketens zich bij verstoringen kunnen aanpassen.

> **Kernvraag:** Welke afhankelijkheid is werkelijk kwetsbaar en welke combinatie van lokale capaciteit, diversificatie en samenwerking kan deze kwetsbaarheid verminderen?

5.6 Industriële symbiose en gedeelde infrastructuur

Industriële symbiose verbindt materiaalstromen, energie, kennis en capaciteit tussen organisaties. Reststromen, warmte, water, chemicaliën of nevenproducten van één proces kunnen onder geschikte voorwaarden als input voor een ander proces dienen.

Gedeelde onderzoeks-, test-, piloot-, demonstratie- en kwalificatie-infrastructuur kan toegang tot gespecialiseerde capaciteit verbeteren en investeringsdrempels verlagen. De strategische waarde ligt echter niet in de infrastructuur zelf, maar in de concrete bijdrage aan ontwikkeling, opschaling, kwalificatie of industriële toepassing.

> **Kernvraag:** Welke gedeelde stromen, kennis of infrastructuur zijn nodig om een concrete waardeketeninterventie efficiënter, schaalbaarder of industrieel toepasbaar te maken?

5.7 Samenhang

De zes dwarsdoorsnijdende principes vervullen verschillende functies. Circulariteit, substitutie, materiaalefficiëntie en veerkracht beschrijven vooral mogelijke routes naar strategische waarde. Data, regelgeving, symbiose en gedeelde infrastructuur ondersteunen vooral de realisatie ervan. Sommige principes combineren beide functies.

Voor elk initiatief moet daarom worden bepaald:

- welke strategische waarde wordt beoogd;
- welke principes rechtstreeks aan die waarde bijdragen;
- welke principes nodig zijn voor de realisatie;
- welke afwegingen of mogelijke negatieve effecten moeten worden beheerst.

Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen **middel**, **directe uitkomst** en **strategische waarde**. Gedeelde infrastructuur is bijvoorbeeld een middel, betere kwalificatie een directe uitkomst en een meer competitieve of veerkrachtige waardeketen de mogelijke strategische waarde.

De waarde- en realisatieprincipes tonen hoe een interventie strategische relevantie kan verwerven en welke voorwaarden de uitvoering ondersteunen. Hoofdstuk 6 beschrijft hoe deze interventies worden verbonden met industriële toepasbaarheid, strategische waarde en aantoonbare impact.

6 Van interventie naar strategische waarde en impact

Ketenuitdagingen aanpakken en de route naar industriële toepassing, strategische waarde en impact onderbouwen

De strategische dwarsdoorsnijdende thema's uit hoofdstuk 5 helpen om te bepalen **langs welke routes** een waardeketeninterventie strategische waarde kan creëren en **welke voorwaarden** nodig zijn om die waarde te realiseren. **De analyse van deze thema's leidt tot een strategische waardehypothese, maar vormt nog geen bewijs dat de beoogde waarde daadwerkelijk zal ontstaan.**

Dit hoofdstuk bouwt daarop voort en onderzoekt hoe die waardehypothese kan worden onderbouwd. Daarbij wordt nagegaan of de interventie een relevante ketenafhankelijkheid of ontbrekende schakel aanpakt, technisch en industrieel toepasbaar is, en aannemelijk kan bijdragen aan competitiviteit, waardebehoud, duurzaamheid, leveringszekerheid of veerkracht.

De onderbouwing volgt vier samenhangende stappen: 1) een relevante ketenafhankelijkheid of ontbrekende schakel identificeren, 2) de technische en industriële toepasbaarheid aantonen, 3) de bijdrage aan strategische waarde verduidelijken, en 4) aannemelijk maken hoe deze bijdrage tot impact kan leiden.

Niet elk initiatief hoeft al impact te hebben gerealiseerd. Wel moet duidelijk en onderbouwd zijn hoe het daaraan kan bijdragen, waar mogelijk met meetbare gegevens.



Figuur 6: Van interventie naar strategische waarde en impact. De figuur toont de stapsgewijze logica van een waardeketeninterventie, ondersteund door de strategische dwarsdoorsnijdende thema's.

6.1 Ketenafhankelijkheden en ontbrekende schakels

Een waardeketeninterventie vertrekt van een concrete afhankelijkheid, ontbrekende schakel of onvoldoende verbinding tussen ketenfuncties. Dit kan betrekking hebben op materiaalbeschikbaarheid, verwerking, kwaliteit, productie, kwalificatie, terugwinning of industriële afname.

Niet elke ontbrekende schakel moet in Vlaanderen worden ontwikkeld. De strategische keuze hangt af van de aanwezige kennis en capaciteit, de industriële relevantie en de mogelijkheden voor Europese of internationale samenwerking.

> **Kernvraag:** Welke afhankelijkheid of ontbrekende verbinding beperkt de ontwikkeling van de materiaalroute?

6.2 Technologiegeschikte kwaliteit, kwalificatie en afname

Een technisch resultaat creëert pas industriële waarde wanneer het voldoet aan de eisen van volgende ketenschakels en toepassingen. Samenstelling, zuiverheid, materiaalvorm, functionaliteit, reproduceerbaarheid, schaal en procescompatibiliteit zijn daarbij bepalend.

Kwalificatie en industriële afname moeten daarom vroeg worden meegenomen. Zonder duidelijke specificaties, validatie en een geloofwaardige afzetmarkt blijft de bijdrage beperkt tot technisch potentieel.

> **Kernvraag:** Aan welke technische en industriële voorwaarden moet de materiaalroute voldoen om kwalificatie en afname mogelijk te maken?

6.3 Aantoonbaar waardebehoud en circulaire toepassing

Strategische waarde ontstaat niet alleen door nieuwe materiaalstromen te ontwikkelen, maar ook door bestaande materialen, functies en economische waarde langer te behouden.

Terugwinning is vooral relevant wanneer het verkregen materiaal opnieuw met voldoende kwaliteit en functionaliteit kan worden ingezet. Informatie uit gebruik, herstel en terugwinning moet daarom worden teruggekoppeld naar materiaalkeuze, ontwerp, verwerking en productie.

> **Kernvraag:** Hoe behoudt of herstelt de interventie materiaalwaarde, functionaliteit en inzetbaarheid over opeenvolgende gebruikscycli?

6.4 Economische, industriële en strategische waarde

Een interventie kan waarde creëren door betere toegang tot technologiegeschikte materialen, grotere industriële competitiviteit en inzetbaarheid, minder materiaalverlies en een hogere materiaalefficiëntie. Ook een langere levensduur, hoogwaardiger hergebruik en een lagere milieu- of veiligheidsimpact kunnen waarde opleveren. Daarnaast kan een interventie bijdragen aan meer diversificatie en veerkracht en aan het behoud of de versterking van strategische kennis en capaciteit.

Deze bijdragen moeten worden beoordeeld in relatie tot de volledige materiaalroute. Een verbetering in één ketenschakel mag geen disproportionele kosten, risico's of negatieve effecten elders veroorzaken.

> **Kernvraag:** Welke economische, industriële, maatschappelijke of strategische waarde ontstaat, en voor welke actoren of toepassingen?

6.5 Van technisch potentieel naar gerealiseerde impact

De roadmap onderscheidt drie niveaus van waardecreatie:

1. **Technisch potentieel:** een materiaal, proces of route functioneert onder bepaalde voorwaarden.
2. **Aannemelijke waardebijdrage:** het resultaat sluit aan op toepassingsvereisten, kwalificatie, infrastructuur en afname.
3. **Gerealiseerde impact:** de interventie wordt toegepast en levert aantoonbare effecten op.

Een initiatief moet duidelijk aangeven op welk niveau het zich bevindt en welke volgende stap nodig is. Mogelijke indicatoren zijn materiaalkwaliteit, opbrengst, energie- en hulpstoffengebruik, aandeel secundaire input, kwalificatiestatus, productieschaal, industriële afname en vermindering van kwetsbare afhankelijkheden.

Niet iedere indicator is voor elk initiatief relevant. De gekozen indicatoren moeten aansluiten op de beoogde strategische waarde en mogen geen algemene rapporteringslijst worden.

> **Kernvraag:** Welke concrete resultaten tonen aan dat technisch potentieel evolueert naar industriële toepassing en strategische impact?

6.6 Samenhang

De impactlogica kan als volgt worden samengevat:

> **Ketenuitdaging → interventie → technisch resultaat → industriële toepassing → strategische waarde → impact**

Deze logica maakt aannames en ontbrekende voorwaarden zichtbaar. Ze helpt ook om onderscheid te maken tussen een activiteit, een directe uitkomst en de uiteindelijke impact.

Een pilootinstallatie is bijvoorbeeld een middel. Een reproduceerbaar en gekwalificeerd materiaal is een directe uitkomst. Een minder kwetsbare, meer circulaire of competitievere waardeketen is de mogelijke strategische impact.

De impactlogica ondersteunt zo de selectie, positionering en opvolging van projecten, zonder voor elk initiatief dezelfde indicatoren of ontwikkelingsroute op te leggen.

Strategische waarde kan alleen worden gerealiseerd wanneer de nodige kennis, infrastructuur, productiecapaciteit, afname en samenwerkingsrelaties aanwezig zijn. Hoofdstuk 7 beschrijft daarom hoe Vlaamse capaciteiten worden verbonden met Europese waardeketens en betrouwbare internationale partners.

7 Ecosysteemverbinding en strategische positionering

Vlaamse kennis en capaciteit verbinden met Europese en internationale partners om strategische waarde te realiseren

Strategische waarde kan alleen worden gerealiseerd wanneer de nodige kennis, infrastructuur, productiecapaciteit, logistiek, afname en samenwerkingsrelaties aanwezig zijn. **Ecosysteemverbinding** vormt daarom de vijfde bouwsteen van de roadmap.

Ecosysteemverbinding is geen doel op zich. De relevantie wordt bepaald door de toepassingsvraag, het materiaalsysteem, de waardeketeninterventie en de beoogde strategische waarde. Niet het aantal actoren of initiatieven, maar de kwaliteit en complementariteit van de verbindingen zijn bepalend.



Figuur 7: Ecosysteemverbinding in de roadmap. De figuur toont de belangrijkste actoren, capaciteiten en verbindingen die nodig zijn om strategische waarde te realiseren, en hun schaalniveaus van Vlaanderen tot Europa en internationale partners.

7.1 Vlaamse kennis- en industriële capaciteiten

Vlaanderen beschikt over kennis en industriële capaciteit op het vlak van materiaalontwikkeling, verwerking, productie, karakterisering, circulariteit en logistiek. De strategische inzet ligt in het gericht verbinden van deze capaciteiten rond concrete materiaal- en waardeketenuitdagingen.

Niet elke ontbrekende ketenfunctie hoeft lokaal te worden ontwikkeld. Vlaamse capaciteiten zijn vooral relevant waar zij een onderscheidende bijdrage kunnen leveren aan industriële toepassing, kwalificatie, waardebehoud of Europese waardeketens.

> **Kernvraag:** Welke Vlaamse kennis en capaciteit kunnen een geloofwaardige bijdrage leveren aan de beoogde materiaalroute?

7.2 Infrastructuur, kwalificatie en afname

Materiaalinnovatie vraagt toegang tot onderzoeks-, test-, piloot-, demonstratie- en kwalificatie-infrastructuur. Deze infrastructuur ondersteunt de overgang van technisch resultaat naar reproduceerbare productie en industriële toepassing.

De strategische waarde ligt niet in de infrastructuur zelf, maar in de bijdrage aan een concrete ontwikkelings-, opschalings- of kwalificatiebehoefte. Ook industriële afnemers moeten tijdig worden betrokken, zodat specificaties, materiaalvorm, volumes en kwaliteitsvereisten aansluiten op de toepassing.

> **Kernvraag:** Welke infrastructuur, kwalificatie en afname zijn nodig om de interventie industrieel toepasbaar te maken?

7.3 Materiaalstromen, logistiek en industriële symbiose

Materiaalroutes zijn afhankelijk van betrouwbare stromen, logistiek en verbindingen tussen leveranciers, verwerkers, producenten en afnemers. Volume, samenstelling, kwaliteit, continuïteit en traceerbaarheid bepalen of primaire en secundaire stromen industrieel inzetbaar zijn.

Industriële symbiose kan materiaalstromen, reststromen, energie, water, kennis en infrastructuur tussen organisaties verbinden. Dit biedt alleen meerwaarde wanneer kwaliteit, verantwoordelijkheden, continuïteit en afnamevoorwaarden duidelijk zijn.

> **Kernvraag:** Welke materiaal-, energie- en logistieke verbindingen zijn nodig om de waardeketen betrouwbaar te laten functioneren?

7.4 Europese waardeketens en betrouwbare internationale partners

Vlaamse kennis en capaciteit moeten worden verbonden met Europese waardeketens, gespecialiseerde infrastructuur en industriële partners. Europese samenwerking kan toegang bieden tot grondstoffen, secundaire stromen, verwerking, productie, kwalificatie en afname.

Betrouwbare internationale partners blijven nodig voor materiaalstromen en functies die niet haalbaar of wenselijk zijn op Vlaamse of Europese schaal. De strategische uitdaging bestaat daarom niet uit volledige zelfvoorziening, maar uit het beheersen van kwetsbare afhankelijkheden en het behouden van toegang tot kritieke functies.

> **Kernvraag:** Welke Europese en internationale verbindingen vullen de Vlaamse capaciteiten aan en verminderen kwetsbare afhankelijkheden?

7.5 Samenhang

Een sterke ecosysteemverbinding brengt dus verschillende elementen samen:

- relevante kennis en vaardigheden;
- geschikte infrastructuur en productiecapaciteit;
- kwalificatie en industriële afname;
- betrouwbare materiaalstromen, logistiek en industriële symbiose;
- Europese en internationale samenwerking.

De gewenste ecosysteemconfiguratie verschilt per initiatief. Sommige materiaalroutes vragen vooral toegang tot gespecialiseerde verwerking of kwalificatie. Andere vereisen samenwerking rond secundaire stromen, gedeelde infrastructuur of industriële afname.

Een initiatief moet daarom duidelijk maken welke capaciteiten al aanwezig zijn, welke verbindingen ontbreken en op welk schaalniveau deze het best worden georganiseerd. De meest passende oplossing kan Vlaams, Europees of internationaal zijn.

De voorgaande hoofdstukken verbinden toepassingsvragen met materiaalsystemen, waardeketeninterventies, strategische waarde en ecosysteemcapaciteiten. Hoofdstuk 8 beschrijft hoe MateriNex deze samenhang ondersteunt door partijen te verbinden, innovatievragen te structureren en gezamenlijke initiatieven te helpen ontwikkelen.

8 MateriNex: rol, onderzoekskader en project-ondersteuning

MateriNex geeft richting aan materiaalonderzoek en ondersteunt projectontwikkeling.

8.1 Rol van MateriNex

MateriNex verbindt bedrijven, kennisinstellingen en innovatiepartners rond strategische en kritieke grondstoffen. Deze roadmap ondersteunt dialoog, projectontwikkeling en afstemming tussen initiatieven door toepassingsbehoeften, materiaalsystemen, waardeketeninterventies, strategische waarde en ecosysteemverbindingen samen te bekijken. MateriNex helpt stakeholders projectideeën inhoudelijk te positioneren en aanvullende partners te vinden, zonder technologieën, consortia of financieringskeuzes voor te schrijven.

8.2 Onderzoekspositie en technologiematuriteit

De opdracht van MateriNex richt zich op kennisintensief materiaalonderzoek op lage technologiematuriteit, met een hoog technisch of wetenschappelijk risico en een langere ontwikkelingshorizon. Dit onderzoek houdt vanaf de start rekening met toepassingscontext, representatieve validatie, kennisoverdracht, normen en toekomstige adoptie. De roadmap is instrumentneutraal en bestrijkt de inhoudelijke route van fundamentele kennisontwikkeling tot toepassing en impact.

8.3 Aansluiting op onderzoeks- en innovatie-instrumenten

De inhoudelijke positionering van een projectidee gaat vooraf aan de keuze van een onderzoeks- of innovatie-instrument. Pas daarna wordt beoordeeld welk instrument past bij de kennisvraag, technologiematuriteit, partners, risico's en doelstellingen. Toepassingsvoorwaarden, indieningsprocedures en beoordelingscriteria worden niet in deze roadmap vastgelegd en moeten steeds in de actuele oproep- en instrumentdocumentatie worden geraadpleegd.

8.4 Dynamisch gebruik en actualisatie

De roadmap is een dynamisch strategisch referentiekader. Periodiek overleg met bedrijven, kennisinstellingen en andere stakeholders via de Common Interest Group helpt bij het aftoetsen of toepassingsbehoeften, materiaalsystemen, waardeketeninterventies, strategische waarde en ecosysteemverbindingen nog op elkaar aansluiten. Daarbij worden ook de dwarsdoorsnijdende thema's en nieuwe lacunes of kansen bekeken. Actualisatie houdt het kader afgestemd op veranderende technologie, regelgeving en marktbehoeften, zonder een uitvoeringskalender, selectiemethode of financieringshandleiding te worden.

Bijlage A. Bronbasis en totstandkoming

Deze bijlage verduidelijkt hoe de roadmap tot stand kwam en welke externe strategische bronnen de inhoudelijke richting onderbouwen. De lijst is selectief: projectspecifieke wetenschappelijke literatuur, normen en regelgeving worden bij de uitwerking van elk initiatief verder onderzocht.

A.1 Totstandkoming en actualisatie

De oorspronkelijke MateriNex-roadmaps werden in december 2023 en januari 2024 uitgewerkt met Vlaamse experts en afgestemd op relevante Europese roadmaps. Voor de actualisatie in 2026 werd deze basis aangevuld met input uit de Common Interest Group “Strategische en Kritieke Grondstoffen”, bevragingen en contacten met stakeholders en overleg met de CIG-voorzitter en covoorzitter.

A.2 Relevante onderzoeks-, innovatie- en beleidskaders

Deze bijlage bundelt richtinggevende Vlaamse en Europese kaders voor strategische en kritieke grondstoffen. De selectie omvat onderzoeksrapporten, toekomstverkenningen, strategische onderzoeksagenda’s, beleidsadviezen en dynamische kennisplatformen. Samen ondersteunen ze de positionering en periodieke actualisering van de roadmap.

- **De rol van metalen en kritieke grondstoffen in Vlaanderen: analyse vanuit een omgevingsperspectief.** Deze studie van VITO, uitgevoerd in opdracht van het Departement Omgeving, biedt een geïntegreerd beeld van metaal- en grondstoffenstromen in Vlaanderen en van hun maatschappelijke, economische en ecologische betekenis. De toekomstverkenning ondersteunt de Vlaamse beleidsvorming rond duurzame grondstoffenvoorziening en bevat aanknopingspunten voor monitoring, verwerking, recyclage, innovatie en diversificatie. Publicatie en eindrapport
- **Advies kritieke grondstoffenzekerheid.** In dit advies formuleert de Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen prioriteiten voor een Vlaamse grondstoffenstrategie. Het advies benadrukt de versterking van basismetaalproductie, recyclage en circulariteit, onderzoek en innovatie, diversificatie van aanvoerlijnen, monitoring en kennisopbouw. Het pleit ook voor een Vlaamse kennisagenda als basis voor strategische keuzes. Advies kritieke grondstoffenzekerheid
- **Verkennende studie van het potentieel van lithium en andere kritieke grondstoffen in de Vlaamse ondergrond.** Deze studie van het Departement Omgeving onderzoekt beschikbare gegevens over lithium en andere kritieke grondstoffen in grondwater in het Bekken van de Kempen en het Massief van Brabant. Ze behandelt databeschikbaarheid, geologische spreiding, mogelijke anomalieën, risico’s en aanvullende onderzoeksvragen. Studie over lithium en kritieke grondstoffen in de Vlaamse ondergrond
- **Verordening kritieke grondstoffen: vergunningverlening.** Deze Vlaamse leidraad beschrijft de toepassing van de Critical Raw Materials Act op mijnbouw-, verwerkings- en recyclageprojecten. De publicatie verduidelijkt onder meer de vergunningsprocedure, de rol van het centrale contactpunt en de specifieke behandeling van erkende strategische projecten. Vlaamse leidraad voor vergunningverlening onder de CRMA
- **Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023.** Deze studie van de Europese Commissie vormt de analytische basis voor de Europese beoordeling van kritieke grondstoffen. De methodologie combineert economisch belang en bevoorradingsrisico, waarbij onder meer geografische

concentratie, substitutiemogelijkheden en recycling worden meegenomen. Studie over kritieke grondstoffen voor de EU

- **Critical Raw Materials Act, Verordening (EU) 2024/1252.** De Critical Raw Materials Act creëert een Europees kader voor een veilige, veerkrachtige en duurzame bevoorrading van kritieke grondstoffen. De verordening ondersteunt strategische projecten en versterkt Europese capaciteit voor ontginning, verwerking en recyclage. Daarnaast zet de verordening in op diversificatie, monitoring van bevoorradingsrisico's, circulariteit, materiaalefficiëntie en hoge ecologische en sociale standaarden. De Critical Raw Materials Act vormt daarmee een centraal beleidskader voor de selectie van strategische grondstoffen, de analyse van waardeketens en de positionering van onderzoeks- en innovatie-initiatieven binnen deze roadmap. Officiële tekst van Verordening (EU) 2024/1252 op EUR-Lex
- **Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU.** Deze toekomstverkenning van het Joint Research Centre analyseert de volledige waardeketens van vijftien technologieën in vijf strategische sectoren. De studie koppelt materiaalvraag tot 2050 aan hernieuwbare energie, elektromobiliteit, energie-intensieve industrie, digitalisering en luchtvaart en defensie, en identificeert kwetsbare ketenschakels die versterking vereisen. JRC-studie over waardeketens en toekomstige materiaalvraag
- **Raw Materials Information System: Critical and Strategic Materials.** Het Raw Materials Information System van het Joint Research Centre is het Europese kennisplatform voor kritieke en strategische grondstoffen. Het biedt actuele materiaalprofielen, landenprofielen, gegevens over waardeketens, materiaalstromen, kritikaliteit en bevoorradingsrisico's. Het platform volgt de officiële lijsten onder de Critical Raw Materials Act. RMIS-overzicht van kritieke en strategische grondstoffen
- **RMIS Foresight.** Dit onderdeel van het Raw Materials Information System bundelt Europese toekomstverkenningen over materiaalvraag, batterijen, voertuigen, strategische technologieën, dual-use-toepassingen en open strategische autonomie. Het is vooral relevant voor het periodiek actualiseren van toepassingsdomeinen, materiaalafhankelijkheden en toekomstige waardeketenrisico's. RMIS Foresight
- **Strategic sectors and technologies value chains and CRM demand.** Deze interactieve toepassing van het Joint Research Centre verbindt kritieke en strategische grondstoffen met technologieën, industriële sectoren en kwetsbare waardeketenstappen. De toepassing maakt zichtbaar waar de Europese Unie sterk afhankelijk is van productie en verwerking buiten Europa. Interactieve analyse van strategische sectoren, technologieën en grondstoffen
- **EIT RawMaterials Strategic Agenda 2021–2027.** Deze agenda van EIT RawMaterials richt zich op een veilige en duurzame Europese grondstoffenvoorziening door innovatie over de volledige waardeketen. Ze behandelt onder meer circulariteit, leveringszekerheid, industriële symbiose, competentieontwikkeling, ondernemerschap en de opschaling van innovatieve grondstoffen- en materiaaltechnologieën. EIT RawMaterials Strategic Agenda 2021–2027
- **European Raw Materials Alliance.** De European Raw Materials Alliance verbindt industrie, onderzoeksorganisaties, overheden, investeerders en maatschappelijke actoren rond duurzame grondstoffen, geavanceerde materialen en industriële verwerking. De alliantie ondersteunt Europese investerings- en innovatieprojecten over de volledige waardeketen, met bijzondere aandacht voor zeldzame aardmetalen, permanente magneten en andere strategische materiaalroutes. European Raw Materials Alliance
- **Horizon Europe Strategic Plan 2025–2027.** Dit strategische plan stuurt de Europese onderzoeks- en innovatiefinanciering voor de periode 2025 tot en met 2027. Het formuleert drie strategische

oriëntaties rond de groene transitie, de digitale transitie en een veerkrachtiger en competitiever Europa. Open strategische autonomie en Europees leiderschap in kritieke technologieën gelden als overkoepelende uitgangspunten. Horizon Europe Strategic Plan 2025–2027

Bijlage B. Volledig visueel overzicht van de roadmap




vito
MATERINEX