



# Gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan 'Ruimtelijke herinrichting van de Ring rond Brussel (R0) - deel Noord'

Scopingnota 2- bijlage 11

Resultaten Future Proof verkenning loop 1



Vlaamse  
overheid



DEPARTEMENT  
OMGEVING



Medegefinancierd door de Europese Unie  
Trans-Europees vervoersnetwerk (TEN-T)



Dit document is bijlage 11 bij de scopingnota 2 d.d. 02/04/21 voor het GRUP 'Ruimtelijke herinrichting van de Ring rond Brussel (R0)-deel Noord'.

Deze bijlage bevat de '**Resultaten Future Proof verkenning loop 1**'.

#### Overzicht andere bijlagen

- Bijlage 1: Lexicon
- Bijlage 2: Kaarten
- Bijlage 3. Beleidsplannen en juridische context
- Bijlage 4. Van oplossingsrichtingen tot redelijke alternatieven loop 1
- Bijlage 5. Onderzoek naar redelijke varianten loop 1
- Bijlage 6. Ruimtelijke conceptschetsen loop 1
- Bijlage 7. Beschrijving van de referentietoestand
- Bijlage 8. Resultaten milieu-effectenonderzoek loop 1
- Bijlage 9. Resultaten Ruimtelijk Veiligheidsrapport loop 1
- Bijlage 10. Resultaten Maatschappelijke Kosten-Baten analyse loop 1
- **Bijlage 11. Resultaten Future Proof verkenning loop 1**
- Bijlage 12. Resultaten Verkeersveiligheidseffectbeoordeling loop 1
- Bijlage 13. Rapport ontwerpend onderzoek loop 1
- Bijlage 14. Motivatie nota loop 1
- Bijlage 15. Van loop 1 naar loop 2 - alternatieven, varianten en ontwikkelingsscenario's
- Bijlage 16. Ruimtelijke conceptschetsen loop 2

# Future-proofverkenning R0-Noord

Onderwerp: Future-proofverkenning GPP Loop 1  
Ons kenmerk: SF-GPP-ALG-NOT-027  
Datum: 24/03/2021  
Auteur(s): Patrick Roothaer, Mark Keppens

Versie: 3-ECO

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	3
2.	Begrippen en methodiek.....	4
2.1.	Definitie ‘futureproofing’.....	5
2.2.	Futureproofing methodiek.....	5
2.3.	De R0-Noord als testcase binnen de beleidsstudie ‘Mobiliteit in de toekomst’.....	6
2.4.	Een plan voor de ruimtelijke herinrichting van de R0-Noord en de onderzochte alternatieven.....	8
2.4.1.	Plangebied.....	8
2.4.2.	Plandoelstellingen.....	8
2.4.3.	Alternatieven.....	9
3.	Toekomstverkenningen.....	12
3.1.	Globaal niveau: Megatrends.....	13
3.2.	Europees niveau: Game Changers.....	15
3.3.	Vlaams niveau.....	17
3.3.1.	Trends en toekomstonzekerheden.....	17
3.3.2.	Toekomstwerelden.....	19
4.	Criteria.....	24
5.	Stresstest van de R0: hoe zal de ring inspelen op toekomstige trends en evoluties?.....	27
5.1.	Weerhouden relevante trends en ontwikkelingen.....	28
5.1.1.	De klimaatverandering zet zich sterk door..... <b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>	
5.1.2.	Autonome systemen breken volledig door.....	31
5.1.3.	MaaS en Fysiek Internet worden standaard marktmodellen.....	36
5.2.	Weerhouden criteria.....	39
5.3.	Beoordeling van de alternatieven.....	40
5.3.1.	Alternatievengroep Light.....	40
5.3.2.	Alternatievengroep Parallel.....	41
5.3.3.	Alternatievengroep Lateraal.....	42
5.4.	Key-elements stresstest.....	42
6.	Toekomstprojectie van de R0: hoe zal de ring functioneren in een virtuele toekomstwereld?.....	44
6.1.	Beoordeling van de alternatieven.....	45
6.1.1.	Alternatievengroep Light.....	45
6.1.2.	Alternatievengroep Parallel.....	46
6.1.3.	Alternatievengroep Lateraal.....	47
6.2.	Key-elements toekomstprojectie.....	48
7.	Samenvatting en conclusies.....	49
	Bijlage 1 - Deelnemers expertdialogen.....	51
	Bijlage 2 - Referenties.....	52

## 1. INLEIDING

De ruimtelijke herinrichting van de Ring rond Brussel (R0) - deel Noord, is een onderdeel van het multimodale programma 'Werken aan de Ring', een geïntegreerd en samenhangend programma van wegenis-, fiets- en openbaar vervoersprojecten dat tevens inzet op combimobiliteit en de leefkwaliteit in de projectgebieden wil verbeteren. Opdat de verschillende onderdelen van het programma 'Werken aan de Ring' effectief uitgevoerd kunnen worden, dienen verschillende procedures te worden doorlopen. Eén van deze procedures is de opmaak van een gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (GRUP) om een aangepast planologisch kader te scheppen met het oog op de gewenste ruimtelijke ontwikkeling. Dit GRUP wordt opgemaakt volgens de procedure van het geïntegreerd planningsproces (GPP). Het geïntegreerd planningsproces betreft een procedure waarbij effectenbeoordelingen op planniveau procedureel en inhoudelijk in het ontwerpproces worden geïntegreerd gedurende het hele planningsproces. De beslissingen die gedurende het planningsproces worden genomen, dienen immers te gebeuren op basis van criteria van de 'goede ruimtelijke ordening', maar evengoed op basis van de mogelijke effecten op het milieu, mens, natuur, mobiliteit, socio-economische aspecten, ruimteclaims vanuit de verschillende maatschappelijke sectoren enz. Daarom worden verschillende effectenbeoordelingen mee geïntegreerd in de opmaak van het plan. De future-proofverkenning is één van de effectbeoordelingen die in het volledige planningsproces geïntegreerd wordt. Dit rapport is een tussentijdse rapportage in het kader van Loop 1 van de alternatievenafweging binnen het GPP.

Een future-proofverkenning steunt op een confrontatie tussen de gekende eigenschappen van een plan of een project versus de onzekere evoluties van de omgeving of de context. Meer en meer groeit immers het besef dat belangrijke infrastructuur voor een lange periode de maatschappij moet dienen waardoor ook een meer duurzame samenleving ontstaat. Vandaar dat ontwerpers, bouwers, beheerders en exploitanten mogelijke toekomstige uitdagingen voor hun infrastructuurprojecten mee in overweging moeten nemen bij de planning en het ontwerp van infrastructures.

Ook al groeit er consensus over de noodzaak om belangrijke infrastructuur meer future-proof te maken, er bestaat nog geen gestructureerde, algemeen aanvaarde benadering over het onderzoek dat hiervoor gevoerd moet worden. Er zijn wel algemene theoretische kaders beschikbaar waaruit enkele basisvereisten voor een dergelijk onderzoek kunnen afgeleid worden.

Hoofdstuk 2 van deze nota beschrijft aan welke basisvereisten de future-proofverkenning zal voldoen en hoe en waarop ze wordt uitgevoerd. Hoofdstuk 3 identificeert de verwachte toekomstige ontwikkelingen. Hiervoor wordt gewerkt met trends en ontwikkelingen, elk met hun eigen mate van (on)zekerheid en al dan niet geïntegreerd in één of meerdere toekomstscenario's. In dit onderzoek is er voor gekozen om op basis van literatuur inzicht te krijgen in trends en ontwikkelingen die voor verkeersinfrastructuurprojecten zoals de R0-Noord het meest relevant zijn. Vervolgens is het cruciaal om een set van criteria te definiëren, die gebruikt zullen worden om het future-proofgehalte van het plan of project af te wegen. Hiervoor kan gesteund worden op een standaard lijst van criteria, waarbij het echter belangrijk is om de keuze van criteria af te stemmen op de eigenheid en specifieke doelstellingen van het project. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 4. De hoofdstukken 5 en 6 zijn een weergave van de eigenlijke future-proofverkenning, steunend op de resultaten van twee expertendialogen die over dit thema werden gehouden. Finaal resulteert de future-proofverkenning in meer inzicht over hoe een belangrijke infrastructuur als de R0-Noord (al dan niet) zou functioneren binnen gewijzigde toekomstige omgevingen.



"No one will pay good money to get from Berlin to Potsdam in one hour when he can ride his horse there in one day for free."

Koning Frederik Willem I van Pruisen

## 2. BEGRIPPEN EN METHODIEK

Ondanks de toenemende aandacht voor future-proofaspecten bij infrastructuurprojecten, ontbreekt tot op heden een algemeen gebruikte definitie van het begrip. Bovendien is voor 'future-proof' niet meteen een gangbare Nederlandse term voorhanden. De meest accurate Nederlandstalige termen zijn 'toekomstvastheid' of 'toekomstbestendigheid'.

Er is evenmin een standaardmethodiek voor future-proofbeoordelingen. In zeer algemene bewoordingen confronteert een future-proofbeoordeling de actueel of traditioneel gekende eigenschappen van een plan of een project met de toekomstige evoluties zowel van de omgeving, de context als van het project zelf. Hierbij wordt rekening gehouden met de mate van onzekerheid die eigen is aan elke toekomstvoorspelling.

Dit rapport verbindt de future-proofgedachte met het geïntegreerd planningsproces (GPP) voor de opmaak van een gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (GRUP) voor de R0-Noord. Het procesmatige aspect is daarbij essentieel. Daarom verduidelijkt dit hoofdstuk welke definitie en methodiek gehanteerd wordt voor deze future-proofverkenning.

---



"Uncertainty today is not just an occasional, temporary deviation from a reasonable predictability; it is a basic structural feature of the business environment."

Pierre Wack, econoom en grondlegger van scenarioplanning bij Shell.

## 2.1. Definitie 'futureproofing'

Future-proof is een eigenschap of een kenmerk van een plan, een programma, een project of een ontwerp. Futureproofing duidt op een specifieke procesmatige aanpak waarbij, binnen een ontwerpproces van een plan, programma of ontwerp, een aanpak wordt nagestreefd die in de verschillende fases van het proces future-proofanalyses en -evaluaties maakt.

Volgende definitie die gehanteerd wordt, is gebaseerd op een Engelstalige paper: "Futureproofing is een proces om te anticiperen op toekomstige gebeurtenissen, veranderingen, noden of gebruiken, met de bedoeling om hierop goed voorbereid te zijn, de impact ervan te beperken en de opportuniteiten te benutten".<sup>1</sup>

Specifiek voor infrastructuurprojecten spreken we van het proces waarbij we voorzieningen treffen met het oog op toekomstige gebeurtenissen, veranderingen, noden of gebruiken die een specifieke impact op de infrastructuur kunnen hebben, via de huidige processen op het gebied van planning, ontwerp, bouw, gebruik en beheer.

Futureproofing speelt dus een specifieke rol in elke fase van een project:

- De **planning** van een project, waaronder ook de voorbereidende planfase begrepen kan worden om het correcte juridische en planologische kader vast te leggen om de realisatie van het project mogelijk te maken.
- Het **ontwerp en de bouw** van het project, waarbij future-proof als een uitgangshouding of ontwerphouding wordt vooropgesteld.
- Het **gebruik of de exploitatie** van het project waarbij het future-proofaspect eerder zal bepaald worden door externe factoren die een toekomstgericht gebruik mogelijk maken en de infrastructuur die dit moet faciliteren.
- In de fase van **onderhoud en renovatie** zal het future-proofaspect vooral tot uiting komen in de manier van onderhoud, beheer en up to date houden van de infrastructuur.
- In de eindfase tenslotte bepalen de mogelijkheden tot **hergebruik of recuperatie** van materialen het future-proofgehalte.

## 2.2. Future-proofing methodiek

Een future-proofbeoordeling vereist enerzijds één of meerdere werkhypotheses omtrent toekomstige ontwikkelingen, elk met een zekere graad van (on)zekerheid, en anderzijds een aantal parameters waaraan het future-proofgehalte van een plan of project kan worden afgetoetst.



Figuur 1: Basiselementen van een future-proofbeoordeling

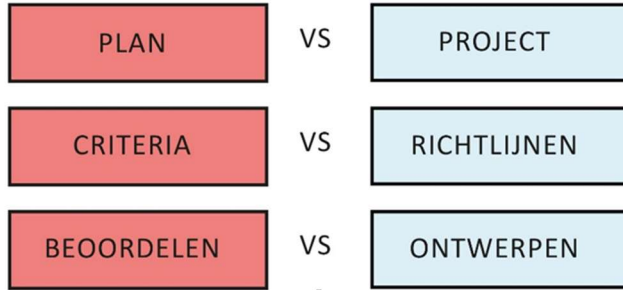
In eerste instantie kan daarbij een onderscheid gemaakt worden tussen 'plan' en 'project'.

Op het niveau van een plan bestaat de essentie van de future-proofbenadering in het definiëren van een aantal criteria waaraan het plan wordt afgetoetst om voldoende toekomstbestendig te zijn. Indien verschillende planalternatieven overwogen worden, kunnen deze criteria helpen om de alternatieven ten opzichte van elkaar af te wegen. Bij de beoordeling van de plandoelstellingen worden daarvoor drie criteria ingevoerd die beoordeeld

<sup>1</sup> Definitie gebaseerd op Atkins, UCL and DFID, 2012: "Futureproofing is the process of anticipating future events, changes, needs or uses in order to prepare appropriately, minimize impact and capitalize on opportunities"

zullen worden op basis van deze future-proofverkenning (zie Motivatienota als bijlage bij de scopingnota). Zo draagt de future-proofoevaluatie bij aan het strategisch karakter van een planningsproces.

Wanneer men start aan een project is de strategische fase van keuze en visievorming op planniveau reeds achter de rug. In de future-prooffilosofie zal de oefening zich meer richten naar het opstellen van ontwerprijlijnen om het infrastructuurontwerp voldoende future-proof te maken.



Of we nu werken op niveau van een plan of op niveau van een project, beide niveaus hebben gemeenschappelijk dat er nood is aan **toekomstverkenningen** (hoofdstuk 3). Dit kan onder de vorm van het omschrijven en analyseren van mogelijke trends en evoluties en hun verwachte implicaties op onze omgeving en samenleving (eerste methode) of door het ontwikkelen van geïntegreerde toekomstscenario's waarin verschillende trends en scenario's gecombineerd worden in een integrale visie verwoord en verbeeld in toekomstwerelden (tweede methode). In dit onderzoek worden beide methodieken gehanteerd.

De toepassing van de eerste methode bestaat uit een evaluatie van de manier waarop de verkeersinfrastructuur van de Ring beter of slechter gaat functioneren indien bepaalde trends of evoluties zich sterk zouden doorzetten. Dit noemen we het '**stresstesten**' van de R0-Noord. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 5. In een stresstest worden de potentiële kwetsbaarheden van een systeem of binnen een gebied geïdentificeerd zodat duidelijk wordt waar een adaptatiestrategie op in moet spelen.<sup>2</sup> Willen we onze omgeving leefbaar en veilig houden in de toekomst, dan moeten we op de juiste manier omgaan met veranderingen zoals klimaatverandering, stedelijke verdichting en nieuwe vormen van mobiliteit. Dat vraagt om creativiteit en het maken van de juiste keuzes. Een stresstest brengt niet alleen de relevante trends en evoluties met hun verwachte effecten in beeld maar tracht ook inzicht te geven in de mogelijke gevolgen voor de infrastructuur en haar omgeving. Een stresstest is geen doel op zich, maar een middel om adaptatie (vroeg) op gang te brengen op diverse schaalniveaus en bij relevante actoren.

Bij toepassing van de tweede methode worden verschillende trends en ontwikkelingen gecombineerd in integrale virtuele toekomstwerelden. Vervolgens wordt nagegaan hoe de ringinfrastructuur in zo een virtuele toekomstwereld past en werkt. Dit is de **toekomstprojectie** van de R0-Noord en wordt beschreven in hoofdstuk 6.

In beide gevallen is er nood aan **criteria** om het future-proof gehalte van de infrastructuur te kunnen beoordelen. Hier bestaat geen standaard methodiek voor. Zoals uit hoofdstuk 4 zal blijken, kan een ruim gamma aan criteria gebruikt worden om afwegingen te doen en beoordelingen te maken. In de opgebouwde methodiek zullen we focussen op 2 veralgemeende criteria: **robuustheid** en **flexibiliteit**.

### 2.3. De R0-Noord als testcase binnen de beleidsstudie 'Mobiliteit in de toekomst'

De herinrichting van de R0-Noord is ongetwijfeld hét grootste geplande investeringsproject in de Vlaamse mobiliteit. Gezien de verwachte impact en effecten van deze werken op de mobiliteitsinfrastructuur in en rond Brussel op lange termijn, willen we nagaan hoe dit inpasbaar is in het toekomstig mobiliteitsfunctioneren in de regio. Dit gaat een stap verder dan het klassiek ruimtelijk en verkeerstechnisch onderzoek in het kader van de ontwikkeling van infrastructuurprojecten en omvat de medewerking van experts in een grote verscheidenheid van expertisedomeinen. Daarom baseert de future-proofverkenning zich deels op het lopend

<sup>2</sup> Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie



toekomstverkennd onderzoek naar “mobiliteit in de toekomst” (tijdsvenster 2050). Deze studie werd medio 2019 opgestart door het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid en wordt uitgevoerd door Tomorrowlab. Ze heeft als doel een gedragen langetermijnvisie omtrent de Vlaamse mobiliteit te ontwikkelen, wat zal resulteren in een roadmap die de uitvoering van de mobiliteitsvisie moet ondersteunen. De tijdshorizon voor de mobiliteitsvisie met roadmap is 2040.

De interactie tussen beide studies leidt tot een win-winsituatie: De futureproofing van de R0-Noord krijgt enerzijds een sterke en brede basis door te steunen op een onderbouwde set van trends, ontwikkelingen en toekomstscenario's. Anderzijds, door de geplande herinrichting van de R0-Noord als case study te gebruiken, als verkenning naar de mobiliteit in de toekomst, kan de praktische bruikbaarheid van deze studie getoetst worden.

Om antwoorden op de onderzoeksvragen te verkrijgen, hebben De Werkvennootschap, de THV MoVeR0, het Departement Mobiliteit en Openbare Werken en Tomorrowlab expertendialogen georganiseerd. Op deze workshops werden experts uit diverse sectoren en beleidsdomeinen samengebracht om op een interactieve manier te debatteren over future-proofaspecten van de R0-Noord. Er werden 3 expertendialogen gehouden<sup>3</sup>.



**Expertendialoog 1 - 16 januari 2020.** Hier werd gewerkt rond het thema ‘Trends en Technologie’. Er werd op zoek gegaan naar de verwachte trends en ontwikkelingen op het vlak van verkeer en mobiliteit op lange termijn, hun zekerheden en onzekerheden en de mogelijke implicaties van trends en technologische ontwikkelingen op mobiliteit in het algemeen en de R0-Noord en omgeving in het bijzonder.



**Expertendialoog 2 – 13 februari 2020.** Hier was het thema ‘Mogelijke werelden in 2050’. Wat als een bepaalde wereld een nieuwe realiteit is? Wat betekent dit voor de herinrichting van de R0-Noord? Welke alternatieven zullen goed of slecht functioneren in een bepaalde toekomstwereld. Of hoe kunnen ze relatief eenvoudig aangepast worden om zich te integreren in een nieuwe wereld?

**Expertendialoog 3 – 11 juni 2020.** Op deze (voorlopig) laatste sessie werden de voornaamste conclusies voorgesteld en besproken.

Deze conclusies zoals voorgesteld op 11 juni 2020 en de bespreking ervan vormen uiteindelijk de basis voor dit rapport.

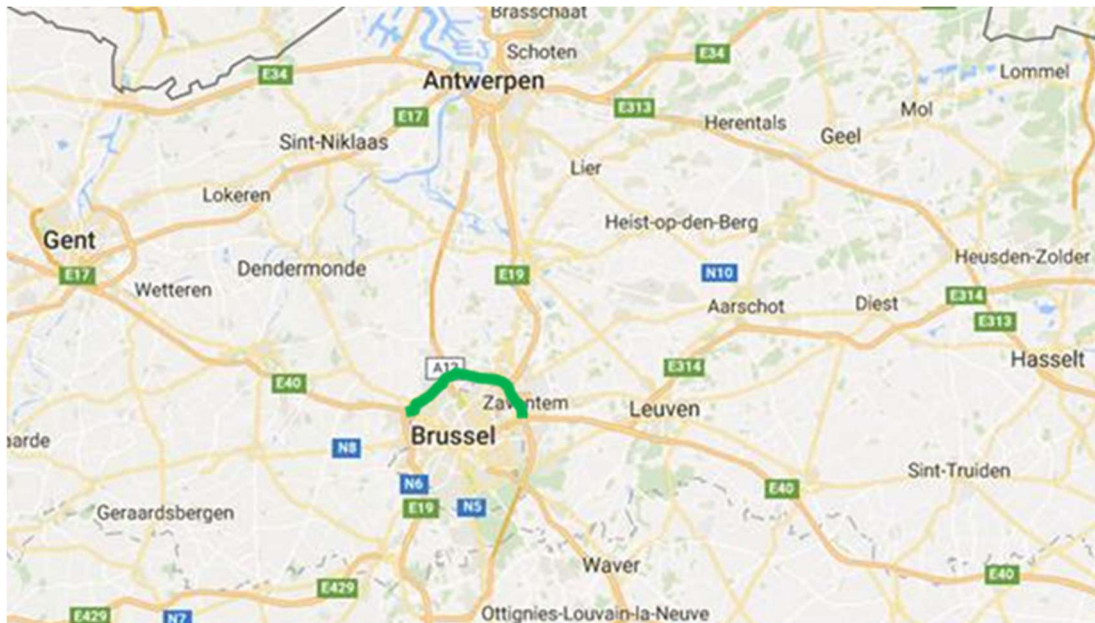
<sup>3</sup> Deelnemerslijsten in bijlage

## 2.4. Een plan voor de ruimtelijke herinrichting van de R0-Noord en de onderzochte alternatieven

Voor de gewenste 'ruimtelijke herinrichting van de Ring rond Brussel (R0) - deel Noord' werd het geïntegreerd planningsproces opgestart om de gewenste bestemmingswijzigingen te verankeren in een Gewestelijk Ruimtelijk Uitvoeringsplan (GRUP). Het GRUP is een plan dat de ruimtelijke herinrichting van de R0 - deel Noord beoogt, zodat de infrastructuur verkeersveiliger wordt, de barrièrewerking van de Ring vermindert, de leefbaarheid in de omgeving verhoogt en de multimodale bereikbaarheid van de regio verbetert.

### 2.4.1. Plangebied

Het plangebied omvat het noordelijk deel van de R0 en situeert zich van de verkeerswisselaar R0/E40 Groot-Bijgaarden, Dilbeek tot en met de verkeerswisselaar R0/E40 Sint-Stevens-Woluwe, Zaventem. Naast de E40 richting Gent en de E40 richting Leuven sluiten op dit deel van de R0 ook de A12 en de E19 aan. Ook de A201 heeft een aansluiting op de R0, evenals verschillende lokale op- en afritten. Het noordelijk deel van de R0 loopt over het grondgebied van de volgende gemeenten: Dilbeek, Asse, Jette, Wemmel, Grimbergen, Vilvoorde, Brussel, Machelen, Zaventem en Kraainem.



Figuur 2: Situering van het plangebied

### 2.4.2. Plandoelstellingen

In het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan 'Ruimtelijke herinrichting van de Ring rond Brussel (R0) - deel noord' worden volgende 4 plandoelstellingen vooropgesteld.

1. Het herinrichten van oude en verouderde infrastructuur volgens het principe van het scheiden van doorgaand en lokaal verkeer om op die manier te komen tot een beter leesbare, meer logische, en verkeersveiliger infrastructuur met minder incidenten en een verbeterde doorstroming.
2. Het verhogen van de leefbaarheid rond de R0-Noord door rekening te houden met aspecten van leefkwaliteit in de omgeving zoals geluid, lucht, gezondheid, klimaat, biodiversiteit, water, etc. In de nabijgelegen dorpskernen streven we o.a. naar de vermindering van het sluipverkeer dankzij de herinrichting van de R0-Noord.
3. Bij de herinrichting van de R0-Noord worden over, onder en langs de R0-Noord bepaalde potenties voor fietsverkeer en openbaar vervoer mee ontwikkeld. Oversteken en onderdoorgangen worden veiliger en multimodaal gemaakt, en bijkomende verbindingen en/of doorstromingsmaatregelen voor zachte weggebruikers en openbaar vervoer worden voorzien. De barrièrewerking van de Ring voor voetgangers,

fietsers, en openbaar vervoer wordt verminderd om op die manier de multimodale bereikbaarheid van de regio te verhogen.

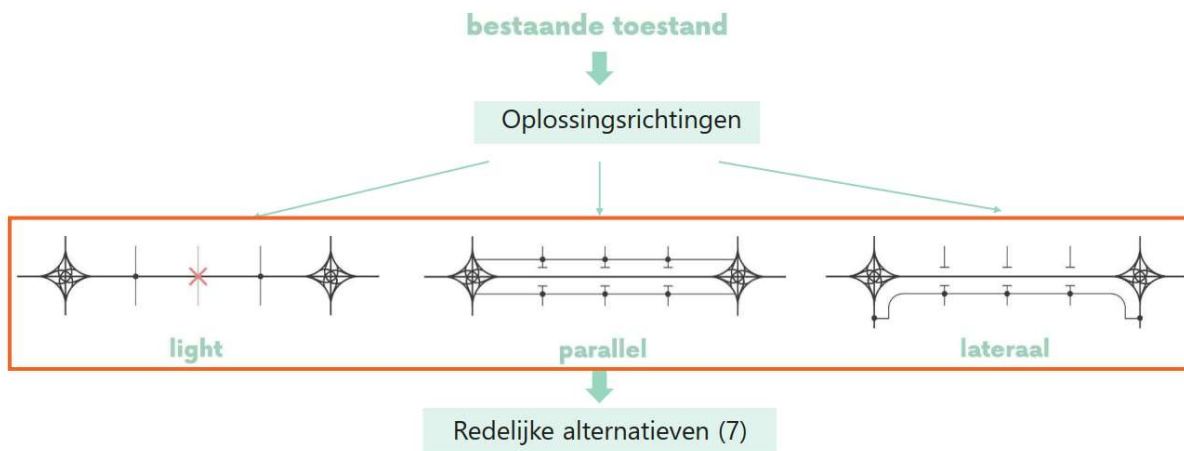
- Over het hele plangebied wordt ingezet op de landschappelijke inpassing van de infrastructuur in de omgeving (zowel R0-Noord als onderliggende wegenis) om de ruimtelijke en landschappelijke barrièrewerking van de Ring te verminderen en zo de leefbaarheid in de onmiddellijke omgeving te verbeteren en bij te dragen tot het herstel en de versterking van de groene, blauwe en ecologische verbindingen. Zo zal de barrièrewerking van de Ring niet alleen voor de mens, maar ook voor de natuur verminderen.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de plandoelstellingen wordt verwezen naar de paragraaf 3.1.3 van de scopingnota van het gewestelijk RUP.

### 2.4.3. Alternatieven

De mogelijke oplossingen voor de herinrichting van de R0-Noord zijn onderverdeeld in 3 groepen: G1, G2 en G3. Elke groep omvat mogelijke alternatieven om de Ring rond Brussel te optimaliseren zodat de (meeste of meest acute) bestaande knelpunten worden opgelost.

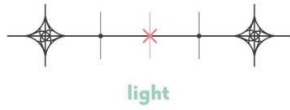
- De lightgroep (G1) gaat uit van de optimalisatie van de bestaande ringinfrastructuur.
- Voor de parallelgroep (G2) wordt een lokale structuur symmetrisch/parallel, langs binnen- en buitenring voorzien. Deze parallelwegen worden aanzien als onderdeel van de hoofdweg.
- De lateraalgroep (G3) bevat alternatieven waarbij een lokale wegstructuur asymmetrisch/lateraal langs de doorgaande structuur gelegd wordt. Laterale wegen hebben het karakter van een lokale of stedelijke weg en kunnen toegankelijk zijn voor voetgangers, fietsers en bussen.



In totaal werden 7 redelijke onderscheidende alternatieven weerhouden. Voor een gedetailleerde beschrijving van de 7 alternatieven wordt verwezen naar de scopingnota § 3.3.3.2 en naar bijlage 4 van de scopingnota 2 van het gewestelijk RUP R0-Noord. Per groep is er één basialternatief gedefinieerd, resp. G1A2, G2A1 en G3A1. Daarnaast werden ook nog varianten gedefinieerd. Een variant is een keuzemogelijkheid binnen een bepaald alternatief en heeft betrekking op een specifiek aspect, of op één specifieke locatie of element van dat alternatief.

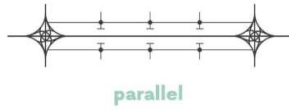
Omdat de future-proofverkenning een relatief hoog abstractieniveau heeft, wordt niet in detail ingegaan op het onderscheid tussen de 7 weerhouden planalternatieven. Ook de varianten worden buiten beschouwing gelaten. Daarom wordt bij het onderscheid tussen de alternatieven gefocust op de essentiële verschillen tussen de 3 alternatievengroepen G1, G2 en G3 op het gebied van netwerklogica, verkeerswisselaars, aansluitingscomplexen en ruimtegebruik. In het kader van de future-proofverkenning, worden deze verschillen op volgende manier geduid.

NETWERKLOGICA



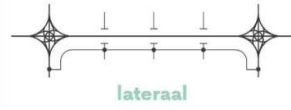
light

- scheiding van het doorgaand en het lokale verkeer door verminderen op- en afritten
- lokale verkeer meer naar de bestaande lokale wegen te sturen



parallel

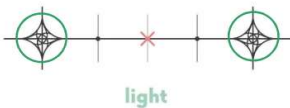
- doorgaand verkeer op centrale rijweg gebundeld
- lokale verkeer op de parallelwegen
  - symmetrisch systeem
  - binnen- en buitenzijde
  - deel uit van het autosnelwegensysteem



lateraal

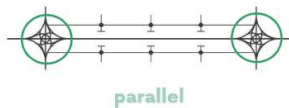
- doorgaand verkeer op centrale rijweg gebundeld
- lokale verkeer op de laterale wegen
  - asymmetrisch systeem
  - ofwel binnenzijde, ofwel buitenzijde
  - geen deel uit van het autosnelwegensysteem
  - karakter lokale wegen met gelijkvloerse kruispunten
  - Meer verknoping, multimodale aspect

VERKEERSWISSELAARS – de uitwisseling tussen knoop en de R0



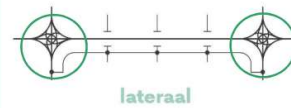
light

- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden



parallel

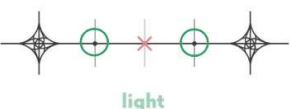
- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden
- verkeerswisselaars zijn eveneens aangesloten op de parallelwegen



lateraal

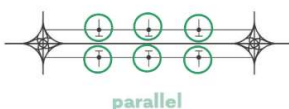
- alle verbindingen tussen de R0 en de autosnelwegen behouden
- verkeerswisselaars zijn eveneens aangesloten op de laterale wegen

AANSLUITINGSCOMPLEXEN – op- en afrittencomplex tussen R0 en lokale wegenis



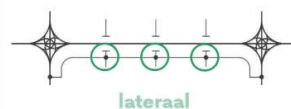
light

- dwarsende wegen aangesloten op de R0 via aansluitingscomplex
- niet alle aansluitingscomplexen worden behouden



parallel

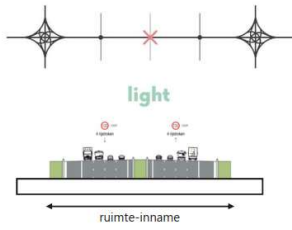
- dwarsende wegen aangesloten op de parallelwegen, niet op de doorgaande R0
- enkel ter hoogte van de verkeerswisselaars is een uitwisseling tussen de doorgaande R0 en de parallelwegen mogelijk



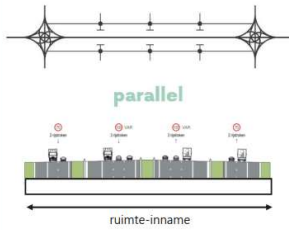
lateraal

- dwarsende wegen aangesloten op de laterale wegen, niet op de doorgaande R0
- enkel ter hoogte van de verkeerswisselaars is een uitwisseling tussen de doorgaande R0 en de laterale wegen mogelijk

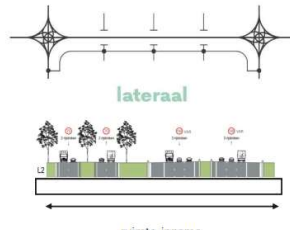
RUIMTEGEBRUIK



- streven naar beperking van de verharding inname ruimte inname



- netwerkglogica van het parallelsysteem is doorslaggevend voor de ruimte-inname en de verharding inname



- streven naar beperking van de verharding inname
- netwerkglogica van het lateraal systeem is doorslaggevend voor de ruimte inname
- laterale wegen worden ruimtelijk geïntegreerd in de lokale structuur rondom de R0

### 3. TOEKOMSTVERKENNINGEN

Ongetwijfeld zullen onze transportinfrastructuren er in de toekomst anders uitzien en anders gebruikt worden. Technologische evoluties zullen daarin een grote rol spelen maar ook een gewijzigd verplaatsingsgedrag zal een belangrijke impact hebben op de mobiliteitsoplossingen die in de toekomst zullen worden aangeboden. De vraag is welke veranderingen zullen plaatsvinden en wanneer. Uiteraard is op deze vraag geen sluitend antwoord voorhanden. Future-proof denken gaat ervan uit dat de ontwikkelingen op korte termijn gekend zijn en vastgelegd zijn in beleidskaders. Daarom wordt ingezet op langetermijnevoluties en -ontwikkelingen, met inbegrip van de onzekerheden hierover. Nadenken over toekomstige trends en ontwikkelingen en over nieuwe concepten en oplossingen helpt net om de uitdagingen op lange termijn beter te begrijpen. De finale doelstelling is om verder te kijken dan de huidige dagdagelijkse uitdagingen op het gebied van mobiliteit en ruimtelijke ontwikkelingen. Door de blik te verruimen en de sturende krachten van verandering te verbeelden, kunnen we vorm geven aan de transportsystemen van de toekomst.

---



"I think there is a world market for maybe five computers."

Thomas J. Watson, Amerikaans zakenman en voorzitter van IBM in de jaren 1940

### 3.1. Globaal niveau: Megatrends

Megatrends zijn krachten die de wereld in de toekomst een andere vorm zullen geven. De kenmerken van megatrends zijn dat ze werken over een lange termijn, een relatief hoge zekerheidsgraad hebben en een verregaande impact hebben. Die kan zowel positief als negatief zijn. Een aantal megatrends bieden perspectieven voor duurzame ontwikkelingen, doch andere kunnen aanleiding geven tot negatieve effecten, onder andere omdat ze leiden tot toenemende ongelijkheid.

In het rapport 'Future of highways' benoemt ARUP zeven megatrends die in de toekomst een grote impact zullen hebben op het wegtransportsysteem in het algemeen en op snelwegen in het bijzonder: verstedelijking, nieuwe technologieën en connectiviteit, een groeiende en vergrijzende bevolking, gedeelde economie en klimaatverandering.<sup>4</sup> Door nu al na te denken over deze trends, kunnen we de uitdagingen die ons op lange termijn te wachten staan, beter begrijpen. Dit zal hopelijk leiden tot inspirerende ideeën en nieuwe concepten binnen het beleidsveld van de mobiliteit. De doelstelling op lange termijn is te komen tot een geïntegreerd mobiliteitssysteem met vlotte connecties tussen verschillende modi waaronder auto, bus, spoor en niet-gemotoriseerd vervoer. Dit sluit aan bij de doelstellingen uit het Vlaamse mobiliteitsdecreet: er wordt gestreefd naar een systeem dat duurzaam, veilig en multimodaal is, uitgebouwd en geëxploiteerd met aandacht voor toegankelijkheid en leefbaarheid<sup>5</sup>.

1. **Verstedelijking** // Door de snelle verstedelijking zal in 2050 tussen de 70% en 75% van de bevolking in steden wonen, tegenover iets meer dan 50% in 2014. Hoewel deze trend zich vooral in China en India zal doorzetten, neemt ook de verstedelijking in Europa toe. De verstedelijking verhoogt de druk op de stedelijke systemen en infrastructuur, die vandaag reeds zwaar belast zijn. Als de steden verder groeien en de welvaart van haar bewoners toeneemt, zal de mobiliteitsvraag toenemen, alsook de vraag naar individuele mobiliteit. In Europa en de Verenigde Staten zal het aantal gemotoriseerde voertuigen jaarlijks met 1 à 2% toenemen, tot in 2030. Tegelijk leidt de groei van de steden ook tot een stadsvlucht met een groeiende kloof tussen rijk en arm. Ook deze verdere 'urban sprawl' heeft belangrijke gevolgen op het gebied van verkeer en mobiliteit.
2. **Nieuwe technologieën en connectiviteit** // De snelle technologische evolutie is een van de belangrijkste motoren voor de veranderingen in de transportsector. De geschiedenis van de technologische evolutie toont dat deze niet lineair maar exponentieel is en er wordt verwacht dat de snelheid van verandering nog zal toenemen. De technologische evolutie zal zowel op het gebied van voertuigen als op het vlak van infrastructuur te merken zijn. Door gebruik te maken van nieuwe materialen zal infrastructuur lichter, sterker, intelligenter en duurzamer worden. Flexibele en geleidende materialen zullen nieuwe toepassingen introduceren en totaal andere types van verkeersinfrastructuren doen ontstaan. Zelfherstellende materialen kunnen de kosten voor onderhoud en herstelling reduceren en de gebruiksduur van de infrastructuur aanzienlijk verlengen. Tegelijk zal de energie-efficiëntie van voertuigen kunnen verdubbelen door een betere aerodynamica en het gebruik van lichtere materialen. Nieuwe ontwikkelingen zullen ook de prestaties van bijvoorbeeld elektrische batterijen merkbaar verbeteren en mogelijkheden creëren voor het tijdelijk opslaan van opgewekte energie. Intelligente voertuigen zullen met elkaar en met de omgeving communiceren. Ze zullen tevens in staat zijn om de drukte te meten en de weg- en weersomstandigheden te analyseren en bijvoorbeeld de snelheid automatisch hieraan aan te passen. Uiteindelijk evolueert dit naar een systeem met volledig autonome en zelfrijdende voertuigen. Dit heeft ook een impact op de weginfrastructuur. De rijbanen kunnen smaller worden en er zijn minder borden en signalisatie nodig. Maar autonome voertuigen zorgen er ook voor dat de capaciteit van bestaande infrastructuur toeneemt omdat ze op een veilige manier dicht op elkaar kunnen rijden. De zelfrijdende voertuigen maken rijden ook mogelijk voor groepen die dat vandaag niet kunnen of mogen zoals ouderen of mensen met een mentale of fysieke handicap. De evolutie naar zelfrijdende voertuigen kan dus een toename van het verkeer tot gevolg hebben. Nog een interessante technologische evolutie is het inzetten van autonome robots om infrastructuren en kunstwerken te inspecteren en kleine herstellingen uit te voeren. Een andere vorm van automatisatie is zwarmrobotica, waarbij verschillende individuele robots onderling taken verdelen om samen omvangrijke taken uit te voeren. Dit kan de manier waarop grote infrastructuren in de toekomst gebouwd en onderhouden worden, ingrijpend veranderen.

<sup>4</sup> Arup Foresight + Research + Innovation, Future of Highways, 2014

<sup>5</sup> Decreet betreffende de basisbereikbaarheid, Artikel 3: "Het mobiliteitsbeleid is gericht op het garanderen van de bereikbaarheid van onze samenleving. Daarbij wordt geïnvesteerd in een mobiliteitssysteem waarmee de economie en de maatschappij ondersteund worden. Het mobiliteitssysteem is duurzaam, veilig, intelligent en multimodaal. Het wordt uitgebouwd en geëxploiteerd met aandacht voor toegankelijkheid en leefbaarheid."

3. **Groeiende en vergrijzende bevolking** // Er wordt verwacht dat de wereldbevolking zal stijgen tot 9,5 miljard in 2050. Daarna blijft ze toenemen, maar gaat de aangroei trager. De evolutie is echter ongelijk verdeeld over de wereld. Zo wordt in bijvoorbeeld Rusland, Japan en Duitsland een daling van het aantal inwoners verwacht. De grote steden en de ontwikkelingslanden kennen de sterkste bevolkingsgroei. Een minstens even relevante evolutie is de vergrijzing. In 2050 zal meer dan 20% van de bevolking 60 jaar of ouder zijn. Dit heeft een grote impact op onze mobiliteitsoplossingen omdat oudere mensen andere verwachtingen en voorkeuren qua transport hebben. Omdat een kleiner aantal werkenden een groter aandeel niet-actieven zal moeten financieren, zou de kostprijs van bepaalde transportsystemen kunnen stijgen waardoor individueel vervoer voor bepaalde bevolkingsgroepen moeilijker of zelfs niet meer te veroorloven dreigt te worden.
4. **Gedragsveranderingen en gedeelde economie** // In sommige delen van de wereld stijgt de bezorgdheid van de mensen omtrent het milieu, gezondheid en welzijn. Samen met meer regulering op wereldschaal worden individuen en organisaties verplicht om op een meer duurzame manier te leven en te werken. Dit veroorzaakt een modal shift naar meer actieve vormen van zich verplaatsen zoals wandelen en fietsen. Vooral in de steden wordt dit ondersteund door hoge dichtheden te realiseren en geïntegreerde transportsystemen uit te rollen. Tegelijk wordt de negatieve impact van uitstoot en vervuiling van andere vervoerswijzen aangepakt. Toekomstige transportsystemen zullen multimodaal zijn waarbij probleemloos van de ene modus naar de andere kan worden overgegaan. De economie evolueert van een model gebaseerd op eigendom naar een model gebaseerd op dienstenaanbod. Dit betekent bijvoorbeeld dat het hebben van toegang tot een eigen vervoersmiddel belangrijker wordt dan het bezit ervan. Vooral stedelingen wensen toegang tot een ruim gamma aan transportvormen en routes. Infrastructuren gaan dus waarschijnlijk een veelheid aan vervoermiddelen, -diensten en verkeersstromen moeten faciliteren
5. **Klimaatverandering** // Hoewel de problematiek complex en heel breed is, ontstaat er algemene consensus over het feit dat extremere weerfenomenen zullen toenemen zowel in frequentie als in intensiteit. Temperatuurveranderingen, meer en intensere stormen en de stijging van het zeeniveau zullen een impact hebben op de wijze waarop we onze transportinfrastructuur zullen ontwerpen, gebruiken en onderhouden. Er ontstaat een risico op onderbrekingen van het verkeer en schade aan of vernietiging van transportinfrastructuur. Zo zullen bijvoorbeeld hevige regenval en overstromingen effecten hebben op de wijze waarop we infrastructuur gaan bouwen en onderhouden maar ook bestaande kunstwerken zoals bruggen en tunnels verzwakken. Hogere temperaturen kunnen dan weer het wegoppervlak beschadigen. Het wegverkeer is ook één van de oorzaken van het broeikaseffect en de opwarming van de aarde. Strengere regels die de uitstoot van broeikasgassen moeten verminderen, beïnvloeden de planning en het ontwerp van transportsystemen, waarbij de voorkeur sterker uitgaat naar duurzame materialen en transportwijzen. Voertuigen zullen moeten voldoen aan de nieuwe regels en normen en de infrastructuur moet aangepast worden aan deze voertuigen.
6. **Slimme en geïntegreerde mobiliteit** // Wereldwijd wordt verwacht dat het vervoer zal toenemen, zowel wat betreft goederen als personen. De trends wijzen op een evolutie naar een intelligenter en meer geïntegreerd systeem om passagiers en goederen te transporteren. Vooral evoluties in communicatietechnologie zullen een belangrijke impact hebben. Big Data en het fysieke internet laten toe dat diverse transportsystemen met elkaar en met de omgeving communiceren. Dit opent de deur naar een echt efficiënt, geïntegreerd en intermodaal transportsysteem. Intelligente communicatietechnologie wordt een sleutelfactor in de steden van de toekomst. Het verkeer zal vlotter verlopen, dankzij een stijging van de capaciteit en de veiligheid. Dit draagt bij tot een grotere leefkwaliteit in de steden.
7. **Energie en grondstoffen** // De wereldwijde bevolkingstoename veroorzaakt een groeiende consumptie, wat op haar beurt leidt tot een stijgende vraag naar energie en grondstoffen. De huidige bronnen zullen wellicht niet volstaan om aan de vraag in de komende decennia te voldoen. Maar tegen 2050 wordt een sterke vooruitgang verwacht in het toepassen van de circulaire economie, die gebruikte materialen terug in het productieproces brengt waardoor de afvalberg gereduceerd kan worden. Er zal minder beroep gedaan worden op fossiele brandstoffen, vanwege een verwachte onstabiele olieprijs maar ook dankzij nieuwe brandstoftechnologie die gebruik maakt van natuurlijk vloeibaar gas, waterstof of algen. Deze nieuwe technologie zal ook vlug terug te vinden zijn in de aandrijfsystemen van voertuigen. De prestaties van voertuigen met alternatieve energiebronnen zullen vlug verbeteren, ook wat betreft elektrisch aangedreven voertuigen via plug-in systemen of op batterijen. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat in de toekomst één enkel nieuw systeem de bovenhand zal krijgen. Ook hybride vormen zullen een grote rol blijven spelen. Toch wordt verwacht dat elektrische aandrijving een rol zal blijven spelen in de aandrijving van voertuigen. Dit



vereist een goed ontwikkeld netwerk van oplaadsystemen voor elektrische voertuigen. Dit kan onder andere bestaan uit draadloze oplaadsystemen geïntegreerd in of langs de wegen, waardoor via inductie voertuigen opgeladen worden terwijl ze rijden. Alternatieve aandrijfbronnen kunnen de kostprijs van transport sterk drukken.

### 3.2. Europees niveau: Game Changers

In haar onderzoek naar de toekomst van wegtransport onderzocht de Europese Commissie de mogelijke gevolgen van de automatisatie en de connectiviteit van de mobiliteit, de reductie van de uitstoot ('decarbonisatie') en de evolutie naar een 'shared mobility'<sup>6</sup>. Volgens dit rapport staan we aan de vooravond van een ware revolutie op het gebied van wegtransport. Onze visie op mobiliteit zal grondig gewijzigd worden naar aanleiding van technologische evoluties zoals automatisatie, connectiviteit en 'low-carbon' technologie maar ook ten gevolge van nieuwe trends op het gebied van gedeelde mobiliteit. Ook nieuwe marktmodellen zullen niet alleen onze voertuigen grondig doen evolueren maar ook de manier waarop we gaan leven en ons verplaatsen. Maar nieuwe technologie alleen zal de situatie niet noodzakelijk verbeteren. Er is ook nood aan het verbeteren en aanpassen van onze transportinfrastructuur en aan het bijstellen van het mobiliteitsbeleid. Nieuwe mobiliteitsoplossingen en technologie kunnen zelfs leiden tot meer autoverplaatsingen omdat ze goedkoper en comfortabeler worden. Terzelfdertijd kunnen nieuwe flexibele oplossingen buiten het (financieel) bereik van veel mensen gaan vallen, tenzij ze goed geïntegreerd worden in een aangepast systeem van publiek transport. Toch bieden de verwachte technologische evoluties een unieke opportuniteit om het transportsysteem meer effectief en efficiënt te maken. Dit moet goed gepland, beheerd en opgevolgd worden door de beleidsmakers en overheden. Maar het gebrek aan een met redelijke zekerheid voorspelbaar ontwikkelingskader op lange termijn kan leiden tot verkeerde of suboptimale investeringen en een geografisch ongelijke verdeling van het mobiliteitsaanbod. Doch, wanneer goed omkaderd, kunnen toekomstige ontwikkelingen in wegtransport onze levenskwaliteit significant verbeteren.

Volgens de Europese Commissie creëren enkele technologische evoluties van de laatste decennia 4 doorslaggevende 'game-changers'. Deze zullen leiden tot een ingrijpende wijziging van ons mobiliteitsdenken, dat al verschillende decennia ongewijzigd is gebleven.

1. **Automatisatie** // Systemen hebben de mogelijkheid om een deel van of alle dynamische bestuurderstaken over te nemen van de bestuurder, behalve de strategische keuzes zoals de keuze van het moment van de verplaatsing of de selectie van de bestemming. Een geautomatiseerd systeem kan in realtime alle operationele en tactische functies uitvoeren die nodig zijn om een voertuig door het verkeer te sturen. Automatisatie kan ook helpen om te evolueren naar synchromodaliteit.
2. **Connectiviteit** // Technologie maakt het mogelijk dat voertuigen communiceren met elkaar en met de weginfrastructuur (bijvoorbeeld verkeersborden). Connectiviteit is sterk gerelateerd aan automatisatie, in het bijzonder voor wat betreft het functioneren van zelfrijdende voertuigen in het verkeer.
3. **Decarbonisatie** // Het gebruik van alternatieve brandstoffen zoals elektriciteit, waterstof, biobrandstoffen of natuurlijk gas. Dit is cruciaal om het gebruik en daarmee de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen of zelfs te doen verdwijnen en om de milieu-impact van wegverkeer te milderen.
4. **Gedeelde mobiliteit** // Een transportstrategie waarbij gebruikers een laagdrempelige toegang hebben tot transport op de momenten dat ze er behoefte aan hebben. Het systeem omvat verschillende modi, zowel autodelen, fietsdelen, ritdelen (carpooling) en 'on-demand' vervoersdiensten. Een courant gebruikte term hierbij is Mobility-as-a-Service – MaaS – waarbij verschillende vormen van personentransport worden geïntegreerd in één enkele mobiliteitsdienst die op aanvraag beschikbaar is. Op gebied van goederenvervoer speelt het toenemende belang van de "first mile" en de "last mile" om goederen efficiënt te laden en te leveren. De variant op het Maas-principe is hier Laas: Logistics as a Service.

In relatie tot het wegtransport zullen de evoluties ook bijdragen tot een gewijzigde integrale benadering van het vervoerssysteem als een multimodaal systeem. De voorspelde en bijna zekere gevolgen van de vier

<sup>6</sup> Alonso Raposo, M. (Ed.), Ciuffo, B. (Ed.), Ardente, F., Aurbout, J-P., Baldini, G., Braun, R., Christidis, P., Christodoulou, A., Duboz, A., Felici, S., Ferragut, J., Georgakaki, A., Gkoumas, K., Grosso, M., Iglesias, M., Julea, A., Krause, J., Martens, B., Mathieux, F., Menzel, G., Mondello, S., Navajas Cawood, E., Pekár, F., Raileanu, I-C., Scholz, H., Tamba, M., Tsakalidis, A., van Balen, M., Vandecasteele, I., The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, EUR 29748 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-03409-4, doi:10.2760/9247, JRC116644

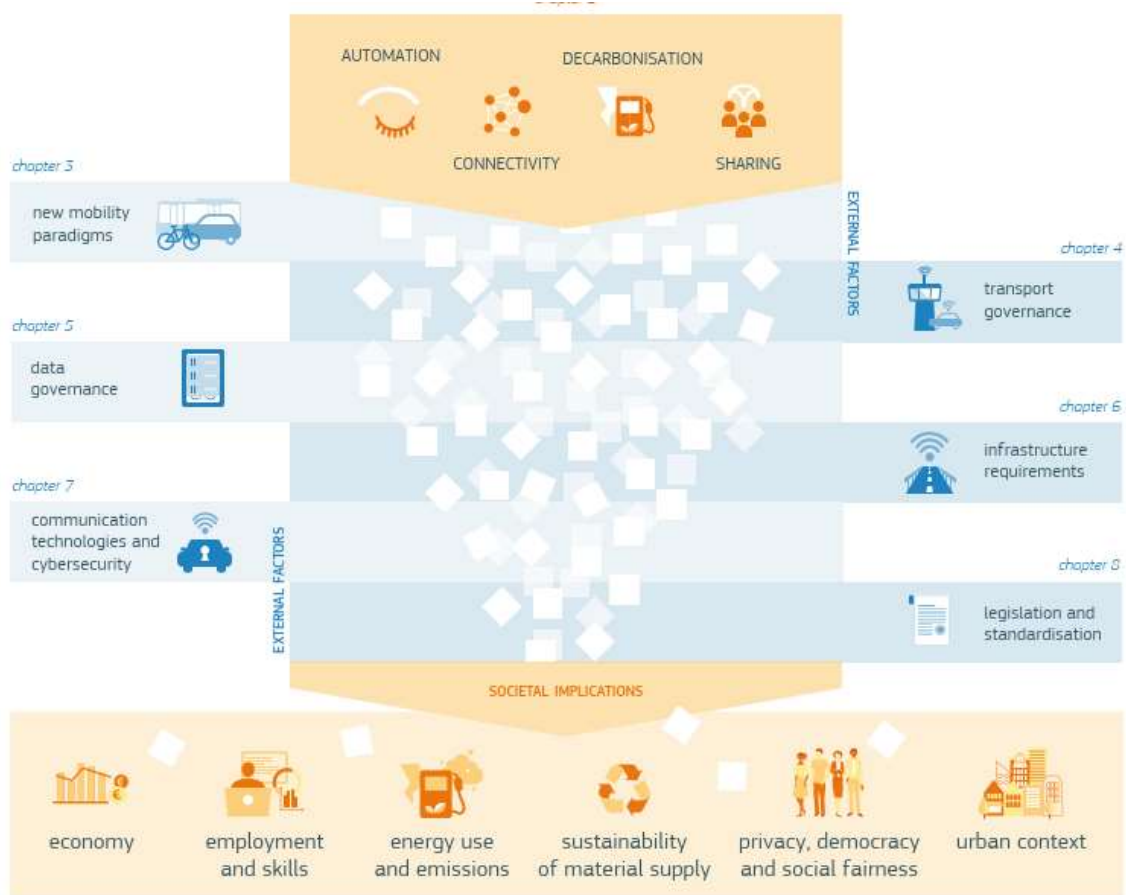
doorslaggevende nieuwe technologieën en diensten zullen bijdragen aan het bekomen van een efficiënt, veilig, duurzaam en inclusief multimodaal transportsysteem en zullen nieuwe systemen creëren waarmee gebruikers voordeel kunnen halen uit de opportuniteiten die ontstaan.

Op basis van de studie werd een model opgesteld waarbij de 4 game-changers aanleiding geven tot maatschappelijke evoluties op het gebied van:

- economie;
- werkgelegenheid en vaardigheden;
- energieverbruik en uitstoot;
- duurzaamheid en materiaalvoorraden;
- privacy, democratie en sociale verhoudingen
- ruimtelijke ontwikkeling.

Hoe en in welke mate deze maatschappelijke elementen beïnvloed zullen worden, hangt af van verschillende factoren op het gebied van:

- nieuwe mobiliteit;
- transportbeleid;
- databeheer;
- infrastructurele noden en behoeften;
- communicatietechnologie en cyberveiligheid;
- wetgeving en standaardisatie.



Figuur 3: Sturende factoren en maatschappelijke implicaties van geautomatiseerde, geconnecteerde, low-carbon en gedeelde mobiliteit (bron: Alonso Raposo et.al, *The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility*)

### 3.3. Vlaams niveau

In de beleidsstudie 'Mobiliteit in de toekomst', medio 2019 opgestart door het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid, worden vanuit een beter inzicht in de toekomst op het gebied van demografische, economische, sociaal-culturele, technologische, ecologische en politieke ontwikkelingen, verschillende toekomstontwikkelingen verkend om tot een onderbouwde mobiliteitsvisie voor de toekomst te komen. Hiertoe werd in een eerste fase een toekomstverkenning uitgevoerd samen met experts en stakeholders. Dit resulteerde in een overzicht van de verschillende onzekerheden omtrent de mobiliteit van de toekomst. In een tweede fase werden vanuit deze onzekerheden toekomstscenario's ontwikkeld.

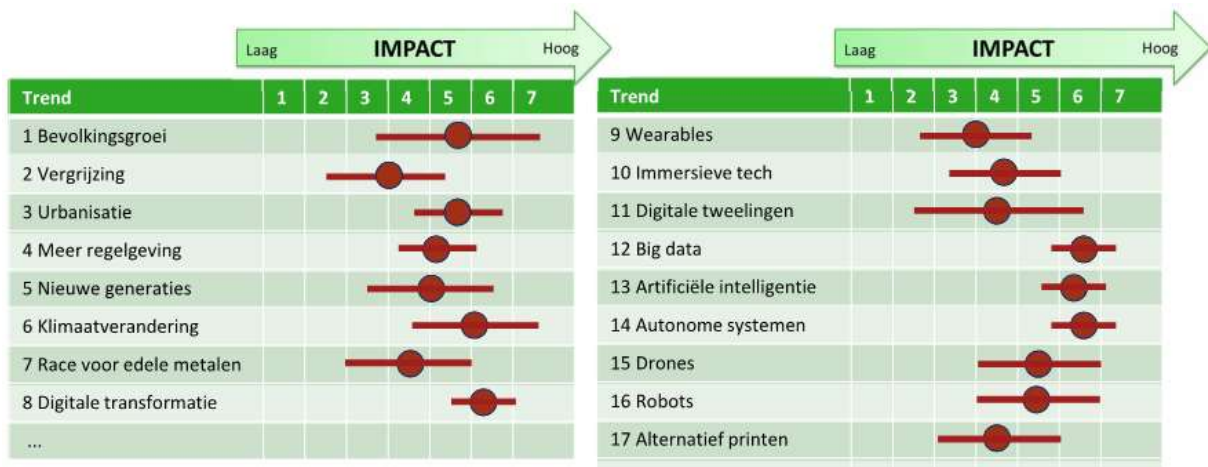


Figuur 4: Opzet beleidsstudie 'Mobiliteit in de toekomst' (bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

#### 3.3.1. Trends en toekomstonzekerheden

In de MOW-studie zijn er 17 trends aangeduid die een impact hebben op het toekomstig mobiliteitssysteem. Een mobiliteitssysteem wordt hierbij gedefinieerd als het geheel van actoren (organisaties en personen) en hun rollen, activiteiten en middelen die in onderlinge afhankelijkheid de fysieke beweging van personen en goederen (binnen Vlaanderen) bepalen.

De mate van impact van elke trend werd door experts beoordeeld. De trends met een hoge verwachte impact zijn de bevolkingsgroei, de urbanisatie, de klimaatverandering, de digitale transformatie, big data, artificiële intelligentie, autonome systemen, drones en robots.



Figuur 5: Trends en verwachte impact op het toekomstig mobiliteitssysteem in Vlaanderen (bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

Het is logisch dat we veel van de trends die in vorige paragrafen beschreven werden als megatrends op globaal wereldniveau en als game-changers op Europees niveau, hier terugvinden. De vraag is echter welke specifieke impact ze kunnen hebben in de regionale Vlaamse context.

		Global	EU
Bevolkingsgroei		x	
Urbanisatie		x	x
Klimaatverandering		x	x
Slimme en geïntegreerde mobiliteit	Digitale transformatie	x	x
	Big Data	x	x
Automatisatie	Artificiële intelligentie	x	x
	Autonome systemen	x	x
	Drones	x	x
	Robotisering	x	x

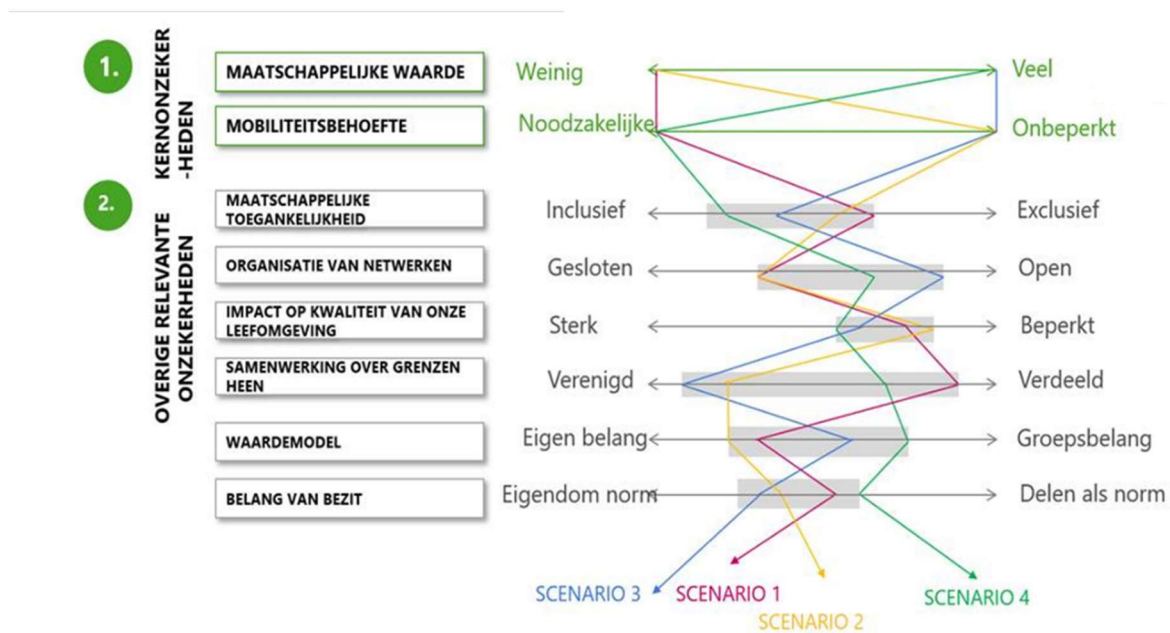
Rekening houdende met de toekomstverwachting van experts over diverse domeinen werden deze trends gebundeld in onzekerheden. Hierbij bepaalden de experts de mate van onzekerheid of de trend zich in de ene of andere richting zal gaan manifesteren tegen 2050.

1. **Maatschappelijke toegankelijkheid** // De toegang tot maatschappelijke activiteiten kan aan de ene kant evolueren tot zeer inclusief of anderzijds tot zeer exclusief (technologische kennis, hoge financieringsbehoefte, ...)
2. **Kwaliteit van onze leefomgeving** // Deze onzekerheid beschrijft in welke mate we de kwaliteit van onze leefomgeving bewaken. Dit kan in sterke mate (proactief) of eerder beperkt zijn (reactief)
3. **Samenwerking over grenzen heen** // Dit omvat de evolutie hoe supranationale samenwerking in de toekomst zal evolueren. Zal de wereld en/of Europa een eerder verenigd of meer verdeeld beleid voeren.
4. **Mobiliteitsbehoefte** // Door nieuwe technologieën en gedragsverandering is het onduidelijk in welke mate we ons nog dienen te verplaatsen. Dit kan enerzijds evolueren tot het strikt noodzakelijke en anderzijds tot een onbeperkte behoefte door een nieuw aanbod aan hoogperformante vervoersmiddelen.
5. **Marktwerking** // Het is nog onzeker of markten al dan niet gestuurd zullen worden richting maatschappelijke meerwaarde. Enerzijds kunnen markten vooral gericht zijn op winstmaximalisatie, anderzijds op het creëren van maatschappelijke meerwaarde.
6. **Organisatie van netwerken** // Deze onzekerheid omvat de mate waarin de verschillende vervoersnetwerken afgestemd zullen zijn. Dit kan met standaarden evolueren naar een zeer open systeem of naar afzonderlijke systemen, dus gesloten.
7. **Waardemodel** // Deze onzekerheid beschrijft hoe de menselijke drijfveren zullen evolueren. Dit kan sterk individualistisch zijn waarbij het eigenbelang primeert, of collectief waarbij het algemeen belang wordt vooropgesteld.
8. **Belang van bezit** // Het is onzeker wat het belang van eigendom in 2050 zal zijn. Zal dit nog steeds geprefereerd worden of zal delen de norm zijn?

### 3.3.2. Toekomstwerelden



De 8 onzekerheden vormden de fundamenteën voor de opbouw van de toekomstwerelden. Op basis van een expertenbeoordeling werden 2 kernonzekerheden vastgelegd: maatschappelijke waarde en mobiliteitsbehoefte. Voor beide wordt telkens van de twee extreme tegengestelde evoluties vertrokken. Een maatschappij die volledig gericht is op winstmaximalisering staat tegenover één die inzet op maatschappelijke meerwaarde. De mobiliteitsbehoefte neemt aan de ene kant van het spectrum af tot alleen de strikt noodzakelijke verplaatsingen, aan de andere kant staat een quasi onbeperkte mobiliteitsvraag. De 2 kernonzekerheden werden als 2 assen op een assenkruis uitgezet waardoor er 4 mogelijke toekomstscenario's werden ontwikkeld. De richting waarnaar de overige onzekerheden kunnen evolueren, werden mee opgenomen in deze 4 scenario's en zijn in onderstaande figuur als grijze balken aangegeven.



Figuur 6: Opbouw van de mogelijke toekomstwerelden (bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

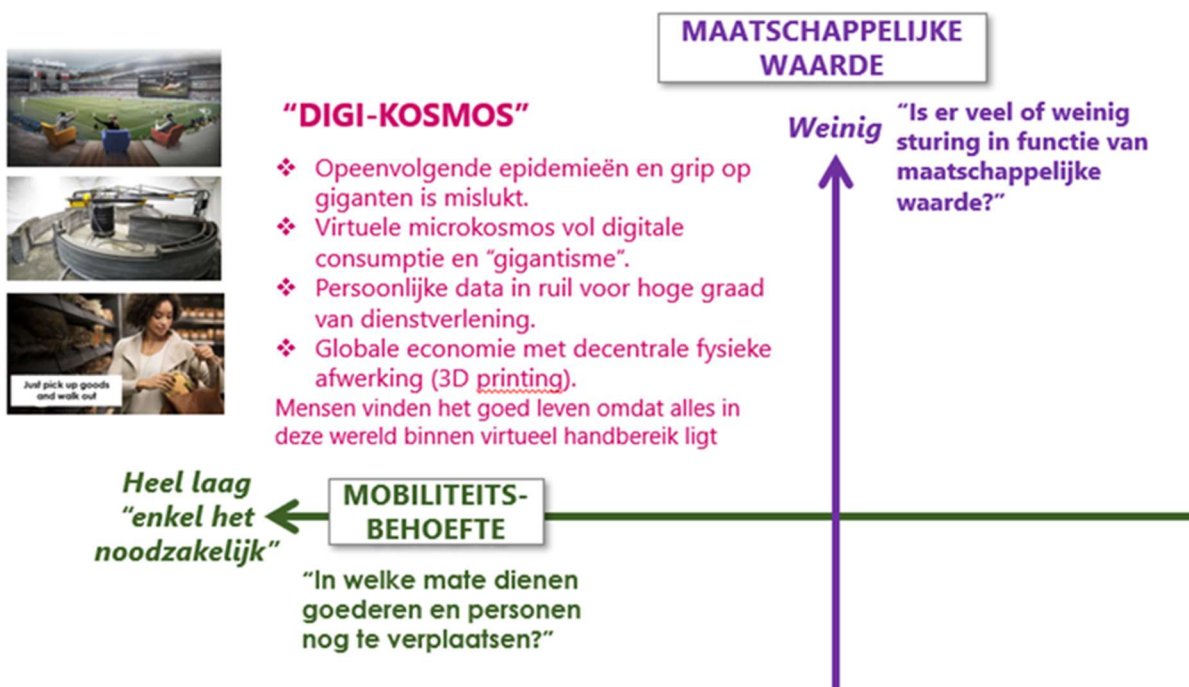
Via deze methodiek werden 4 mogelijke toekomstwerelden opgebouwd:

1. digi-kosmos
2. flexi-maxi
3. opti-connect
4. bewust-lokaal

Hieronder zijn korte voorbeeldbeschrijvingen van de werelden weergegeven die ook werden gebruikt voor de expertendialogen. Voor het meest recente materiaal omtrent de toekomstwerelden verwijzen we naar het Participatieplatform Mobiliteit 2040 (<https://mobiliteitsvisie2040.vlaanderen.be>).

**KERNWOORDEN**  
 virtueel - gigantisme - microkosmos - digitale monopolisten  
 FOBO: Fear Of Being Offline

Door een opeenvolging van epidemieën in de jaren '20 en het falen van de EU om grip te krijgen op grote globale tech-spelers is de wereld danig veranderd. We leven in 2050 in een wereld gekenmerkt door mensen in een virtuele microkosmos die in vele functies worden voorzien op basis van virtuele of digitale diensten en activiteiten. Concepten als "Facebook spaces" (een Virtuele Realiteit-Facebookwereld) hebben sterk ingang gevonden en worden door heel veel mensen constant gebruikt. De combinatie van heel lage mobiliteitsbehoefte en weinig sturing in functie van maatschappelijke waarde zorgt voor digitale monopolisten die gaan voor "gigantisme" wat leidt tot beperkt aantal grote spelers in verschillende sectoren waarbij persoonlijke data en schaalgrootte kernelementen zijn van hun bedrijfsmodel. De personenmobiliteit wordt gekenmerkt door veel minder fysieke verplaatsingen en indien men zich fysiek verplaatst doet men dit via geïndividualiseerde modi. Vrachtvervoer is gebaseerd op efficiëntie en massa, met decentrale afwerking. Mensen vinden het goed leven in deze wereld omdat alles binnen virtueel handbereik ligt.



(bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

REFERENTIE  
 SILICON VALLEY



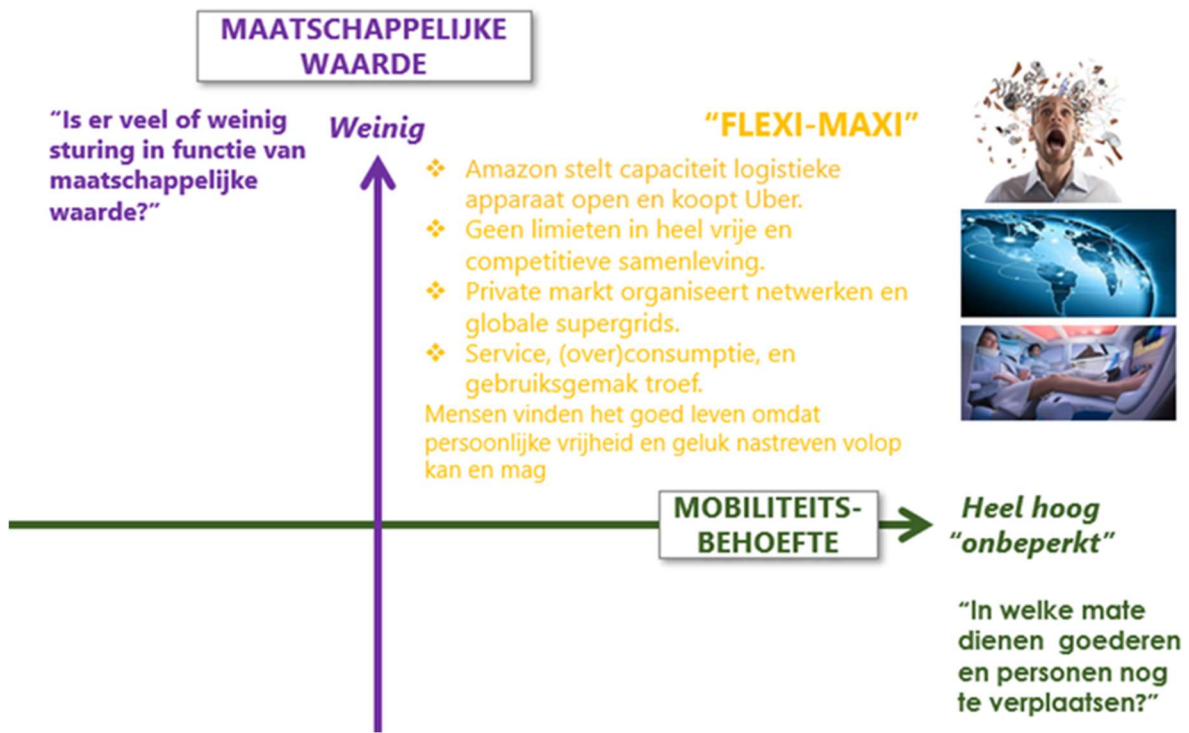
## FLEXI-MAXI

## KERNWOORDEN

"limitless" - het recht van de sterkste - klant is koning - ongebreidelde consumptie

YOLO: You Only Live Once

Doordat Amazon rond 2030 Uber opkocht en zijn ganse logistieke apparaat openstelde voor derden voor zowel vracht- als personenvervoer, is de wereld danig veranderd. We leven in 2050 in een wereld gekenmerkt door nastreven van vrijheid, flexibiliteit en competitie. De combinatie van een heel hoge mobiliteitsbehoefte en weinig sturing in functie van maatschappelijke waarde zorgt ervoor dat bedrijven de leiding genomen hebben in de uitbouw van vervoersaanbod en ook infrastructuur waarbij heel veel innovaties op de markt worden losgelaten door heel veel kleine en grote bedrijven. De personenmobiliteit wordt gekenmerkt door heel veel bewegingen met hoogwaardige dienstverlening in functie van consumptie en carrière. Vrachtvervoer gebeurt via veel internationaal transport in globale supergrids waarbij 3D printen niet doorgebroken is tot bij de consument. Mensen vinden het goed leven in deze wereld omdat persoonlijke vrijheid en geluk nastreven volop kan en mag.



(bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

REFERENTIEBEELD:

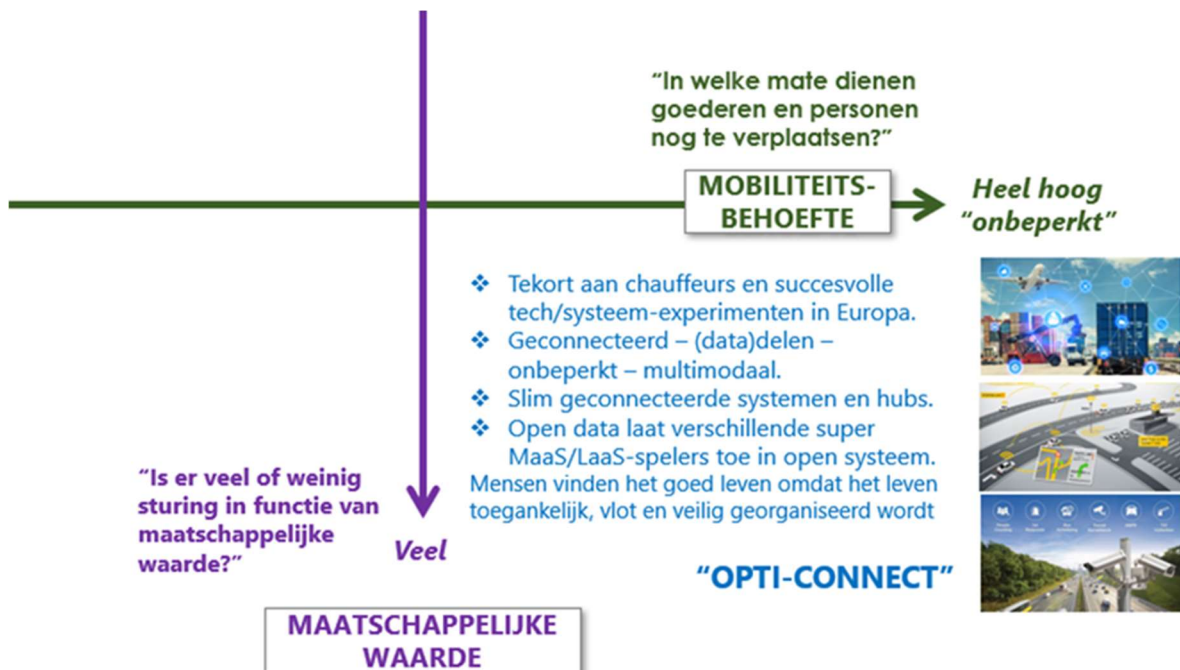
LOS-ANGELES



**OPTI-CONNECT**

**KERNWOORDEN**  
 “always on” - Geconnecteerd - (data)delen – onbeperkt – multimodaal  
 FOMO: Fear Of Missing Out

Door een groot chauffeurstekort over gans Europa in 2030 en de succesvolle ervaringen van heel wat technologie- en systeemexperimenten, is de wereld danig veranderd. We leven in 2050 in een wereld gekenmerkt door nastreven van efficiëntie, voorspelbaarheid, en duurzaamheid waarbij concepten zoals “Smart Cities” en het “Fysieke Internet” sterk ingang gevonden hebben. De combinatie van een heel hoge mobiliteitsbehoefte en veel sturing in functie van maatschappelijke waarde zorgt ervoor dat bedrijven gaan samenwerken met oog op interoperabiliteit en de creatie van grote MaaS- (Mobility-as-a-Service) en LaaS- (Logistics-as-a-Service) spelers wat hoogwaardige dienstverlening mogelijk maakt. De personenmobiliteit wordt gekenmerkt door veel en verre verplaatsingen op een conflictloze en comfortabele manier via hubs en slim geconnecteerde systemen met maximale interoperabiliteit. Vrachtvervoer gebeurt via het Fysieke Internet (met nadruk op horizontale bundeling van goederen, modulaire transporteenheden en realtime multimodaliteit). Mensen vinden het goed leven in deze wereld omdat het leven toegankelijk, vlot en veilig georganiseerd wordt.



(bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

REFERENTIE:  
SINGAPORE





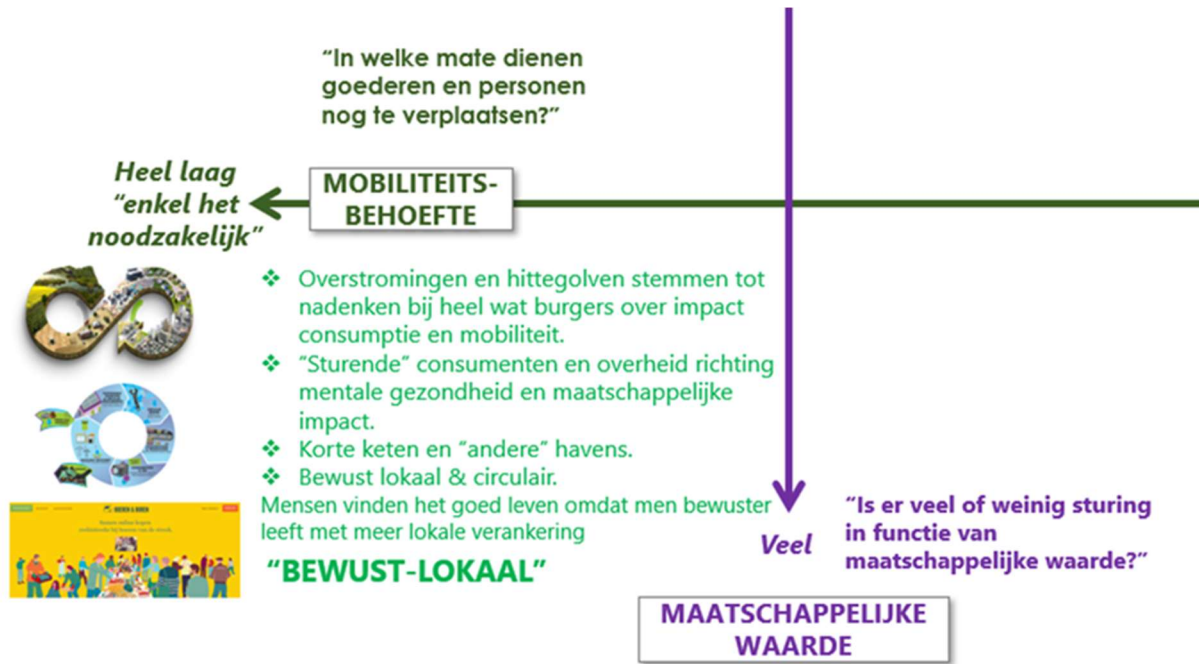
**BEWUST-LOKAAL**

**KERNWOORDEN**

“Reconnect” - Bewust lokaal & circulair

JOMO: Joy Of Missing Out

Heel wat opeenvolgende hittegolven en overstromingen in de jaren '20 stemden de burgers en overheden tot nadenken over de impact van consumptie en mobiliteitsgedrag; daardoor is de wereld danig veranderd. We leven in 2050 in een wereld gekenmerkt door nastreven van hoge mentale gezondheid en brutogeluk als economische maatstaf waarbij concepten zoals klimaatbudget en mobiliteitsbudget sterk ingang gevonden hebben. De combinatie van een heel lage mobiliteitsbehoefte en veel sturing in functie van maatschappelijke waarde zorgt ervoor dat bedrijven de maatschappelijke impact van hun aanbod als primair verkoopargument gebruiken. De personenmobiliteit wordt gekenmerkt door verplaatsingen met minimaal gewenste impact en lage behoefte tot verplaatsen door sterke verweving van functies en sterke verweving van mobiliteit en omgeving. Transport van goederen wordt gekenmerkt door korte ketens en een ander type havens die meer gericht zijn op circulaire economie en cradle-to-cradle gedachte. Mensen vinden het goed leven in deze wereld omdat men bewuster leeft met meer lokale verankering.



(bron: Tomorrowlab / Departement MOW)

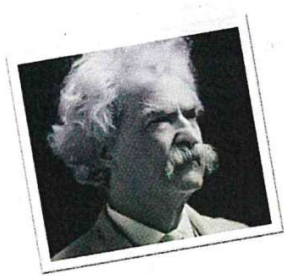
REFERENTIE:  
FREIBURG



## 4. CRITERIA

Het uitvoeren van een future-proofbeoordeling vereist, naast het identificeren van relevante trends en toekomstscenario's, het definiëren van een set criteria. Hierbij is het belangrijk om de keuze van criteria af te stemmen op de eigenheid en specifieke doelstellingen van het plan of project.

---



"Prediction is very difficult, especially for the future"

Mark Twain, schrijver en humorist

In de paper “Towards the Futureproofing of UK Infrastructure” wordt het wat, waarom en hoe van futureproofing voor infrastructuurwerken onderzocht, zodat de nationale (Britse) infrastructuur aangepast is voor de toekomst maar tegelijk ook de actuele noden kan opvangen. Het onderzoek vertrekt vanuit de vaststelling dat, alhoewel er een breed gedragen erkenning is van het feit dat een future-proofonderzoek nuttig en noodzakelijk is bij het ontwerpen van duurzame infrastructuur, er een gebrek is aan een gestandaardiseerde methodiek om dit onderzoek uit te voeren.

Het is cruciaal om zicht te hebben hoe een infrastructuur in de toekomst gaat of kan functioneren. Dit inzicht is gebaseerd op de huidige staat van de infrastructuur (voor bestaande voorzieningen), toekomstscenario's, operationele doelstellingen en een set van futureproofing criteria. Hieraan kan een analyse toegevoegd worden van de risico's die ontstaan indien een infrastructuur niet future-proof is. De methodiek kan zowel gebruikt worden om bestaande infrastructuren te analyseren als om nieuwe infrastructuur te ontwerpen.

Hoewel de studie dus diverse aspecten van futureproofing behandelt, is ze in dit kader vooral interessant voor wat betreft het definiëren van criteria die bij een future-proofoevaluatie gebruikt kunnen worden, omdat ze specifiek focust op infrastructuurprojecten. Ze is onder andere gebaseerd op de resultaten van workshops, met deelnemers uit zowel de ontwerpsector, de bouw- en aannemerswereld als het beleid.

Futureproofing criteria worden ingedeeld in vijf groepen:

1. **Veerkracht** is de eigenschap om te weerstaan aan veranderingen. Een hoge veerkracht kan bekomen worden door een combinatie van verschillende eigenschappen: weerstand, betrouwbaarheid, redundantie<sup>7</sup> en herstelcapaciteit.
2. **Aanpasbaarheid** is de mogelijkheid om de infrastructuur gemakkelijk aan te passen of te herconfigureren indien de noden of behoeften wijzigen in de tijd. Aanpasbaarheid heeft verschillende dimensies: uitbreidbaarheid, interne reorganisatie en wijziging van gebruik.
3. **Vervangbaarheid** betekent dat de infrastructuur of delen ervan eenvoudig kunnen vervangen worden, zowel tijdens als aan het einde van de levensduur.
4. **Herbruikbaarheid** betekent dat de infrastructuur of delen ervan herbruikt kunnen worden op het einde van de levensduur of dat de vooropgestelde normale levensduur verlengd kan worden.
5. **Systeemstabiliteit** betekent dat de infrastructuur bijdraagt aan de stabiliteit van een systeem als deze systemen zouden wijzigen. Dit betekent ook dat de infrastructuur positief reageert op natuurlijke ontwikkelingen in de omgeving in plaats van deze ontwikkelingen tegen te werken.

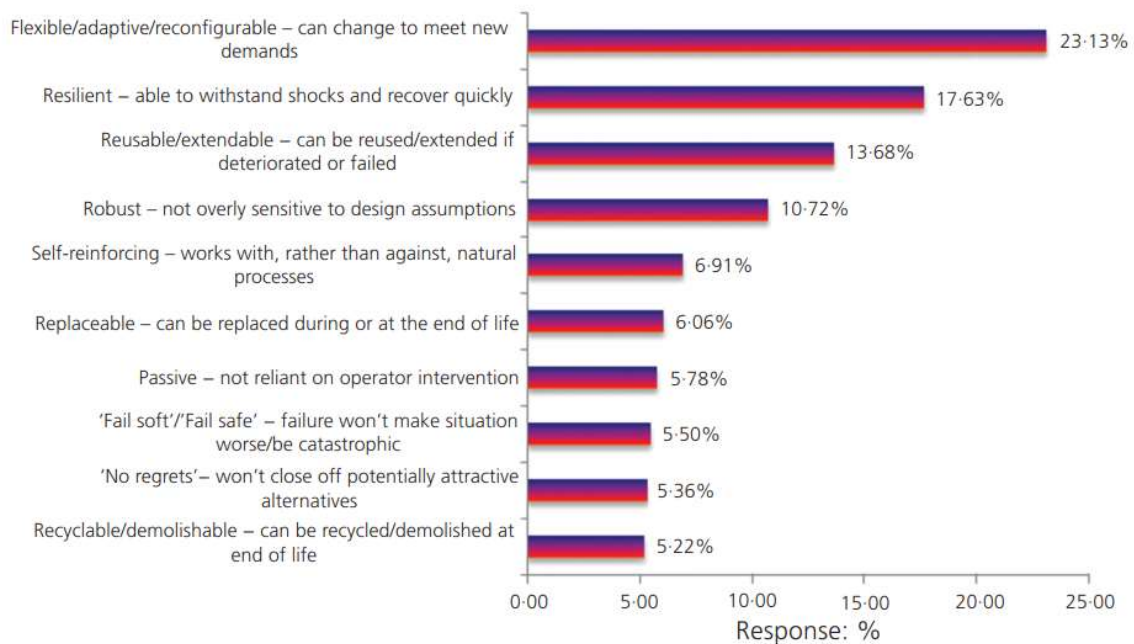
---

<sup>7</sup> Redundantie houdt in dat bepaalde onderdelen dubbel, of nog vaker, aanwezig zijn, zodat het geheel goed blijft functioneren wanneer een onderdeel uitvalt.

Om futureproofing succesvol te kunnen toepassen, moet gekozen worden welke groepen van criteria gehanteerd zullen worden in de verschillende procesfasen: planning, ontwerp, bouw, exploitatie, onderhoud en afbraak. Niet alle groepen moeten noodzakelijkerwijze gehanteerd worden voor elk project of in elke fase van een project.

Het onderzoek formuleert ook sleutelcriteria voor futureproofing. Hiervoor kenden experts uit verschillende disciplines gewichten toe aan verschillende criteria volgens hun relevantie. De meest relevante future-proofcriteria<sup>8</sup>, in volgorde van relevantie, zijn

- Flexibiliteit en aanpasbaarheid
- Robuustheid en veerkracht
- Herbruikbaarheid en uitbreidbaarheid
- Systemstabiliteit (werking niet of weinig afhankelijk van aannames bij planning en ontwerp)



Figuur 7: Meest vermelde future-proofcriteria (bron: Masood, McFarlane, Parlikad et al.: Towards the future-proofing of UK infrastructure)

<sup>8</sup> Enkel de criteria die door meer dan 10% van de respondenten werden vermeld, worden als relevant criterium weerhouden. Merk op dat we de Engelse term 'resilient' hier vertalen als robuust of veerkrachtig, terwijl het Engelse woord 'robust' eerder overeenkomt met het aspect systeemstabiliteit.

## 5. STRESSTEST VAN DE R0-NOORD: HOE ZAL DE RING INSPELEN OP TOEKOMSTIGE TRENDS EN EVOLUTIES?

Het 'stresstesten' van de R0-Noord bestaat uit een evaluatie van de manier waarop de verkeersinfrastructuur van de Ring beter of slechter gaat functioneren indien bepaalde trends of evoluties zich sterk zouden doorzetten. Een stresstest brengt niet alleen de relevante trends en evoluties met hun verwachte effecten in beeld maar tracht ook inzicht te geven in de mogelijke gevolgen voor de infrastructuur en haar omgeving. In een stresstest worden de potentiële kwetsbaarheden van een systeem of binnen een gebied geïdentificeerd zodat duidelijk wordt waar een adaptatiestrategie moet op inspelen.

---



"The best way to know the future is to create it"

Abraham Lincoln, 16de president van de V.S., bekend omwille van zijn redevoeringen met logica en humor

## 5.1. Weerhouden relevante trends en ontwikkelingen

Klimaatwijziging, nieuwe technologieën en connectiviteit en slimme, geïntegreerde mobiliteit worden vooropgesteld als de meest relevante trends en ontwikkelingen voor de uitwerking van de future-proofverkenning binnen het geïntegreerd planningsproces voor de R0-Noord en meer algemeen voor het programma “Werken aan de Ring”.

Ze worden gekozen omdat uit hoofdstuk 3 blijkt dat ze op zowel globaal, Europees als Vlaams niveau relevant zijn en tevens omdat er uit deze trends relatief concrete en goed te omschrijven veranderingen kunnen afgeleid worden. Bovendien zijn het trends waarover er een relatief grote consensus bestaat dat ze zich ook effectief zullen doorzetten, ze hebben dus een grote mate van zekerheid. Toch moet rekening gehouden worden met onzekerheden. Daarom worden per besproken trend telkens ook de belangrijkste onzekerheden opgesomd.

### Klimaatwijziging



Er is de algemene verwachting dat de R0 in de toekomst zal blootgesteld worden aan meer extreme weersomstandigheden, zowel in frequentie als intensiteit (temperatuurverandering, stormen, stijging van zeeniveau, ...). Dit zal een impact hebben op het ontwerp, bouwen, gebruiken en onderhoud van de R0, zoals wegdekbeschadigingen door extremere temperaturen, het verzwakken van kunstwerken door hevige neerslag en de daarmee gepaard gaande overstromingen. Extreme weersomstandigheden kunnen leiden tot het frequent optreden van (volledige of gedeeltelijke) tijdelijke onbeschikbaarheid van de R0 als verkeerssysteem.

### Nieuwe technologieën en connectiviteit



Door de exponentiële technologische evolutie zal zowel op het gebied van voertuigtechnologie als infrastructuur het functioneren van de R0 sterk beïnvloed worden. Denken we hierbij aan energie-efficiëntere voertuigen, zelfherstellende materialen, batterijtechnologie, communicerende en zelfrijdende voertuigen, drones. Maar ook aan de automatisering en robotisering in de aanleg, het onderhoud en het beheer van infrastructuur en kunstwerken.

**Slimme en geïntegreerde mobiliteit**



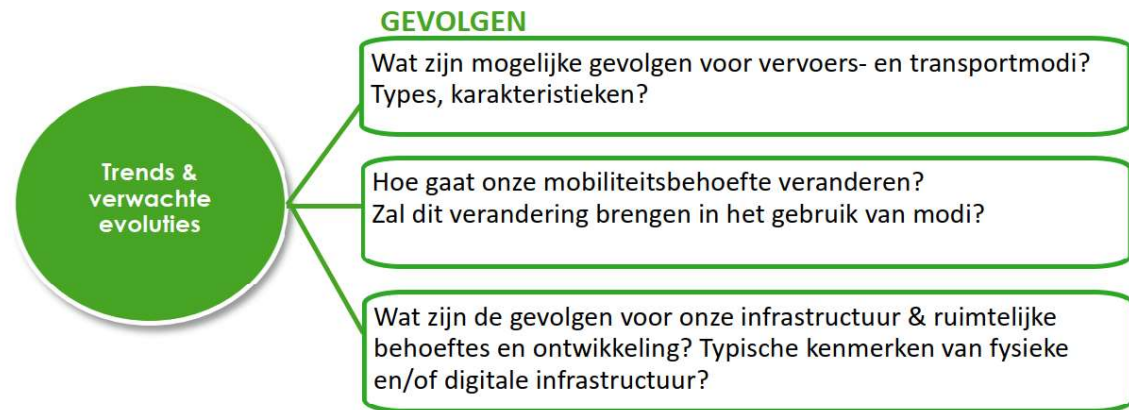
Door de technologische evolutie en menselijke gedragsverandering zullen de verplaatsingen op de R0 een onderdeel zijn van een combimodaal transportsysteem waarbij naadloos wordt overgestapt van de ene op de andere modus. Hiertoe worden multimodale hubs of Hoppinpunten uitgerust en digitaal gestuurd door MaaS- en Laas-systemen. Evoluties in communicatietechnologie zullen toelaten om op een intelligentere wijze de capaciteit van de R0 te benutten. Denken we hierbij aan Big Data, het Fysieke Internet, blockchaintechnologie en ook het inzetten van financiële instrumenten die zullen toelaten onze verplaatsingen anders te organiseren.

Omdat het geïntegreerd planningsproces voor de R0-Noord niet enkel een infrastructuurproject is maar in essentie een ruimtelijk planningsproces, is ook de **ruimte-impact**, zowel de ruimte-inname als het ruimtegebruik, een belangrijk aspect. Dit wordt echter gezien als een afgeleid effect, in die zin dat er geen trends en evoluties op het gebied van de ruimtelijke ontwikkeling worden vooropgesteld, maar dat vanuit de verwachte trends en ontwikkelingen zal getracht worden om in te schatten wat de mogelijke effecten op de ruimtelijke context zouden kunnen zijn. De ruimte-inname en het ruimtegebruik kunnen variëren onder andere in functie van:

- Technologische evolutie (3D-mobiliteit of verticale gelaagdheid van transportsystemen, autonome voertuigen, ...)
- Gedragsverandering (veranderde mobiliteitsbehoefte en -vraag, wijzigingen in de verplaatsingswijze, wijzigende bezettingsgraad van voertuigen wat zorgt voor een verandering in capaciteitsbehoefte)
- Veranderend maatschappelijk draagvlak voor het maken van vele en/of verre verplaatsingen maar ook voor investeringen in grootschalige infrastructuurprojecten

Vanuit de geselecteerde trends en ontwikkelingen werden tijdens de expertdialogen drie concrete evoluties naar voor geschoven. Vertrekkende van de hypothese dat deze zich in de toekomst met een grote mate van zekerheid sterk zullen doorzetten, wordt de verwachte impact op de transportwijzen, de mobiliteitsbehoefte en de fysieke en digitale infrastructuur ingeschat. Uit het laatste aspect volgen ook mogelijke gevolgen op het gebied van de infrastructurele en de ruimtelijke ontwikkeling. De bespreking van de trends en hun mogelijke gevolgen in de onderstaande paragrafen, is eveneens gebaseerd op de expertdialogen.

Wat als klimaatverandering zich sterk doorzet?	Wat als autonome systemen volledig doorbreken?	Wat als MaaS en Fysieke Internet de standaard marktmodellen zijn?
--	--	---



*Figuur 8: Onderzoeksvragen stresstest R0 (figuur Tomorrowlab)*

### 5.1.1. Wat als de klimaatverandering zich sterk doorzet?

#### Gevolgen voor vervoers- en transportmodi

Veranderende weersomstandigheden kunnen de keuze van transportmiddel beïnvloeden. Een sterke stijging van de temperatuur kan de populariteit van fietsen en te voet gaan om zich te verplaatsen, doen afnemen. In voertuigen veroorzaken sterkere koelsystemen een hoger energieverbruik.

Qua aandrijving evolueert men naar 'klimaatneutrale' voertuigen. Hoewel vandaag heel sterk ingezet wordt op de elektrificatie van het wagenpark, is het niet zeker dat elektrische aandrijving de standaard zal worden in de toekomst. Grote uitdagingen blijven de autonomie van elektrisch aangedreven voertuigen en de uitbouw van een uitgebreid (publiek) netwerk van oplaadmogelijkheden. Technologische evoluties die hier op inspelen zijn technieken om beter energie te stockeren, inductiesystemen of het werken met verwisselbare batterijen. Dit zijn evoluties op het gebied van voertuigtechnologie. Er zijn echter ook systemen mogelijk waarbij elektrische voertuigen worden opgeladen terwijl ze rijden, via systemen die in de transportinfrastructuur geïntegreerd zijn. Dit zal leiden tot andere vormen van transportinfrastructuren met mogelijk ook een impact op het ruimtegebruik en het ruimtelijk en landschappelijk voorkomen van de infrastructures. Voorbeelden zijn oplaadsystemen ingewerkt in het wegdek, continue oplaadsystemen langs de weg of nog wegen met elektrische bovenleiding. Voor voertuigen die frequent halteren kan een fijnmazig netwerk van snelle laders een oplossing bieden waarbij bijvoorbeeld bussen van het openbaar vervoer aan elke halte kort opladen.

#### Verandering van de mobiliteitsbehoefte

De klimaatproblematiek heeft een impact op maatschappelijke en economische processen. Eén van de verwachte gevolgen is dat het beheersen van de klimaatveranderingen de kostprijs van de mobiliteit gaat beïnvloeden. Dit kan rechtstreeks gebeuren, bijvoorbeeld door het treffen van fiscale maatregelen zoals het heffen van een CO<sub>2</sub>-taks. Onrechtstreeks kunnen er verschuivingen optreden op het gebied van de aandrijving van voertuigen en de transportmodi. Deze aspecten hebben zowel betrekking op het personenvervoer als (en misschien vooral) op het goederenvervoer. Meer aandacht voor klimaat kan ook leiden tot een verhoogd belang van de korteketen-economie. Een typerend kenmerk van korte keten is het directe contact tussen producent en consument, wat leidt tot minder verplaatsingen, vooral over lange afstand. Het principe van de korte keten wordt vandaag hoofdzakelijk ingezet op de landbouw en de voedingsindustrie, maar kan ook op andere sectoren toegepast worden. In essentie gaat het over het verkleinen van de fysieke afstand en het verminderen van het aantal schakels tussen producent en consument.

#### Gewijzigde kenmerken van de infrastructuur en ruimtelijke ontwikkeling

Allerlei infrastructures en kunstwerken zijn onderhevig aan weersomstandigheden en kunnen dus ook gevolgen ondervinden van klimaatsveranderingen. Infrastructuur zal bestand moeten zijn tegen extremer weer op verschillende vlakken zoals extreme neerslag en langere periodes van droogte. Daarbij zorgt het huidige traditionele materiaalgebruik voor de aanleg van wegen voor een potentiële versterking van het hitte-effect. Meer bossen en bomen langs wegen kunnen noodzakelijk zijn om lokale hitte-effecten te milderen.

#### Relevante onzekerheden

- Het lijkt logisch om te streven naar het zo goed mogelijk infiltreren van water om overstromingen ten gevolge van hevige neerslag te vermijden. Anderzijds moet meer water opgevangen en bijgehouden worden om lange periodes van droogte te overbruggen. Daarbij kunnen grote infrastructures met veel verharde oppervlakte dienen voor watercaptatie en stockage, bijvoorbeeld in bekkens onder de infrastructuur.
- Mogelijk zijn elektrische voertuigen slechts een tussenstap naar volledig 'klimaatneutrale' voertuigen. Er is nog geen zekerheid over welk aandrijfmodel de standaard zal worden.
- Er is nog weinig bekend over de mogelijke impact van de klimaatwijziging op de binnenvaart. Een gebrek aan water tijdens lange droge periodes kan hierop verregaande implicaties hebben. De haalbaarheid van een gewenste modal shift, waarbij meer verkeer, met name vrachtverkeer, via de binnenvaart gebeurt, kan omwille van deze reden in vraag gesteld worden.
- Het is niet onrealistisch om te denken dat in de toekomst het weer aangestuurd zal kunnen worden door menselijke technologie. Wellicht zal dit enkel lokaal kunnen. Hierbij rijst de vraag hoe dit internationaal geregeld kan worden. Landen of regio's die niet over de juiste technologie (en de nodige financiële middelen) beschikken, zullen vooral geconfronteerd worden met de negatieve gevolgen van deze mogelijkheid.



### 5.1.2. Wat als autonome systemen volledig doorbreken?

#### Gevolgen voor vervoers- en transportmodi

Een aanbod aan hoogperformante individuele vervoersmiddelen kan leiden tot een sterke toename van de individuele mobiliteitsvraag. Niet alleen zorgen intelligente autonome systemen voor een veilig en vlot verkeer en dus een reductie van de verplaatsingstijd, ook het verplaatsingscomfort neemt toe op verschillende vlakken. De tijd besteed aan het besturen van een voertuig, kan in een zelfrijdend voertuig voor andere activiteiten gebruikt worden. Verplaatsingstijd is niet langer verloren tijd. Ook de stress van het zelf rijden valt weg. De inrichting en uitrusting van de voertuigen speelt hier maximaal op in. Autonoom rijden combineert dus in zekere zin de voordelen van individueel en collectief vervoer. Dit vermindert de aantrekkelijkheid van alle vormen van collectief vervoer en openbaar vervoer.

Daarbij kan een spanningsveld ontstaan tussen de steden en de buitengebieden. Als de steden verder groeien en de welvaart van haar bewoners toeneemt, zal de mobiliteitsvraag toenemen, alsook de vraag naar individuele mobiliteit. Autonome systemen zullen daarom vlugger doorbreken in en omheen grote steden en op belangrijke assen tussen de grotere steden. In dichter bevolkte gebieden zoals de steden is het ook rendabeler om te investeren in nieuwe of aangepaste infrastructuur voor autonome transportsystemen. Als gevolg daarvan zullen de landelijke gebieden langer of zelfs continu blijven afhankelijk van klassieke transportmodi.

Een evolutie naar autonome systemen zal zorgen voor een verschuiving van voertuigbezit naar voertuiggebruik. Het belang van het individuele bezit van een vervoersmiddel neemt af ten voordele van de vlotte beschikbaarheid van een vervoersmiddel om te voldoen aan de individuele vervoersvraag. Dit speelt vooral in gebieden waar er een ruim en gevarieerd aanbod aan vervoerssystemen ter beschikking zal staan van de gebruiker. Systemen die bij voorkeur gemakkelijk toegankelijk en flexibel georganiseerd zijn. Dit houdt verband met het MaaS-concept voor personenvervoer en het LaaS-concept voor goederenvervoer, die in volgende paragraaf verder aan bod komen.

Ook de aspecten van exploitatie en beheer zullen veranderen. Om autonome systemen optimaal te laten functioneren, zullen dienstverlenende bedrijven niet alleen instaan voor het aanbod aan vervoersmiddelen, maar mogelijks ook voor de exploitatie en het beheer van de vervoersinfrastructuur. Dit kan leiden tot een andere rol van de overheid, waarbij ze niet meer of toch niet meer exclusief instaat voor de bouw en het beheer van de verkeersinfrastructuur. Op het gebied van transportmodi vervaagt het onderscheid tussen het individueel privaat vervoer en het gemeenschappelijk collectief vervoer, en daarmee ook het verschil tussen publiek en privaat transport.

Op het gebied van goederenvervoer zal de exploitatie van hoogperformante autonome systeem leiden tot het doorbreken van nieuwe transportmodi zoals drones of hyperloops. Logistieke hubs zorgen voor overslagmogelijkheden, zowel tussen verschillende bedieningsniveaus (internationaal, regionaal en lokaal) als tussen de verschillende modi.

Automatisatie kan ook helpen om te evolueren naar synchromodaliteit. Synchromodaliteit is het optimaal flexibel en duurzaam inzetten van verschillende transportmodaliteiten in een netwerk onder regie van een logistiek dienstverlener, zodanig dat de klant een geïntegreerde oplossing voor zijn vervoer krijgt aangeboden. Kenmerkend bij een synchromodale oplossing is dat de klant 'a-modaal' boekt. De beslissing over de te gebruiken modi laat hij over aan de dienstverlener.

#### Verandering van de mobiliteitsbehoefte

Meer autonome voertuigen zorgen er voor dat de capaciteit van infrastructuur toeneemt omdat voertuigen op een veilige manier dicht op elkaar kunnen rijden of via blockchain-technologie over bepaalde deeltrajecten gekoppeld aan elkaar kunnen rijden. Omdat verplaatsingen daardoor gemakkelijker, sneller en comfortabeler worden, worden ze terug aantrekkelijk en ontstaat er een stijging van de mobiliteitsvraag. Dit geldt zowel voor het personenvervoer als voor het goederenvervoer. Een evolutie naar autonome systemen kan dus een toename van het verkeer tot gevolg hebben.

De zelfrijdende voertuigen maken rijden ook mogelijk voor groepen die dat vandaag niet kunnen of mogen, zoals ouderen of mensen met een mentale of fysieke handicap.

### Gewijzigde kenmerken van de infrastructuur en ruimtelijke ontwikkeling

Technologische voorwaarden voor de ontwikkeling, introductie en toepassing van autonome systemen zullen een aangepaste verkeersinfrastructuur vereisen. Autonome systemen hebben een impact op de werking van de infrastructuur op het vlak van veiligheid, verkeers efficiëntie en ruimtelijke impact. Een systeem met volledig autonome en zelfrijdende voertuigen heeft een positieve impact op de ruimte-inname en de inrichting van de infrastructuur. De rijbanen kunnen smaller zijn, aansluitingscomplexen kunnen compacter worden en er zijn minder borden en signalisatie nodig.

Verschillende autonome systemen hebben ook elk hun eigen ruimtelijk voorkomen. Waar de verkeersinfrastructuur nu ontworpen wordt voor een relatief uniform veld van voertuigen die op een identieke manier werken, bestuurd en aangedreven worden, zal in de toekomst behoefte ontstaan aan corridors die verschillende transportsystemen bundelen en combineren. Voorbeelden zijn snelle corridors waar niet alleen zelfrijdende voertuigen zich over verplaatsen maar bijvoorbeeld ook hyperloops, monorails en dronecorridors er deel van uitmaken.

Dit leidt eveneens tot het idee dat verkeersinfrastructuren zullen evolueren van tweedimensionale systemen vandaag naar drie- of zelfs vierdimensionale systemen in de toekomst. In een driedimensionaal systeem worden verschillende onderdelen van de infrastructuur niet meer naast elkaar geschikt maar op elkaar gestapeld. Hierbij wordt naast het klassieke ruimtegebruik gekoppeld aan het maaiveld ook gebruik gemaakt van zowel de ondergrond (bijvoorbeeld voor logistieke transportsystemen) als de lucht (bijvoorbeeld voor dronecorridors). Het is evident dat deze evolutie een sterke impact zal hebben op hoe verkeersinfrastructuren ontworpen en gebouwd worden maar ook op het ruimtelijk en landschappelijk voorkomen van de infrastructuur en de integratie ervan in de omgeving.

Het afnemend belang van het individuele voertuigbezit heeft dan weer ingrijpende gevolgen voor het ruimtelijk voorkomen van de bebouwde omgeving. Het belang van de aanwezigheid van parking neemt af, zowel van individuele garages in of nabij de woning of de werkplek als van parkeervoorzieningen bij commerciële, culturele en recreatieve voorzieningen. Daartegenover staat de noodzaak om te beschikken over 'stations' waar autonome voertuigen gestald kunnen worden.

### Relevante onzekerheden

- De mate en snelheid waarmee nieuwe technologieën effectief geïntroduceerd zullen worden, is onzeker. Technologische evoluties worden vaak overschat of 'gehypet'. Zaken die beloftevol zijn, ontwikkelen niet altijd even snel en op de manier dat ze initieel bedacht zijn. Het gebruik van vooruitstrevende nieuwe technieken blijkt zich vaak ook te beperken tot bepaalde nichemarkten.
- Niet iedereen is er van overtuigd dat de veralgemeende introductie van autonome systemen zal leiden tot een lager individueel voertuigbezit. Indien de meerkost van autonome voertuigen eerder beperkt zou zijn, is de verwachting dat het cocoon-effect van de auto (mijn auto = mijn vrijheid) nog verder gaat toenemen.
- De traagheid van het wetgevend kader zet vaak een rem op het effectief gebruik van nieuwe technologie. Knelpunten zijn onder andere de bevoegdheidsverdeling (lokaal / regionaal / nationaal / supranationaal), de doorwerking van de verkeersreglementering met gerelateerde beleidsvelden en juridische kaders op het vlak van bijvoorbeeld aansprakelijkheid, fiscaliteit of privacy.
- Autofabrikanten werken volop aan de ontwikkeling van technologie die auto's binnen nu en enkele jaren in staat stellen volledig zelfstandig hun weg te vinden op de snelwegen. Maar naast inzetten op technologie die de auto zélf autonoom maakt, moet ook gewerkt worden aan een aangepaste stedelijke verkeersinfrastructuur waarin semi-autonome voertuigen zich stapsgewijs kunnen ontwikkelen tot volledig autonome voertuigen. Volgens het Utrechtse bedrijf 2GetThere, specialist in autonome vervoersoplossingen, is een grootschalige introductie van zelfrijdende auto's in het huidige stadsverkeer de komende tien tot vijftien jaar geen haalbaar scenario.<sup>9</sup>
- Naast de autofabrikanten zijn er de ontwikkelaars van geautomatiseerde OV-systemen, die autonome voertuigen koppelen aan omgevingstechnologie en aparte rijstroken. Het lijkt dan ook logisch dat geautomatiseerd vervoer stapsgewijs wordt ingevoerd, beginnend in gecontroleerde omgevingen zoals

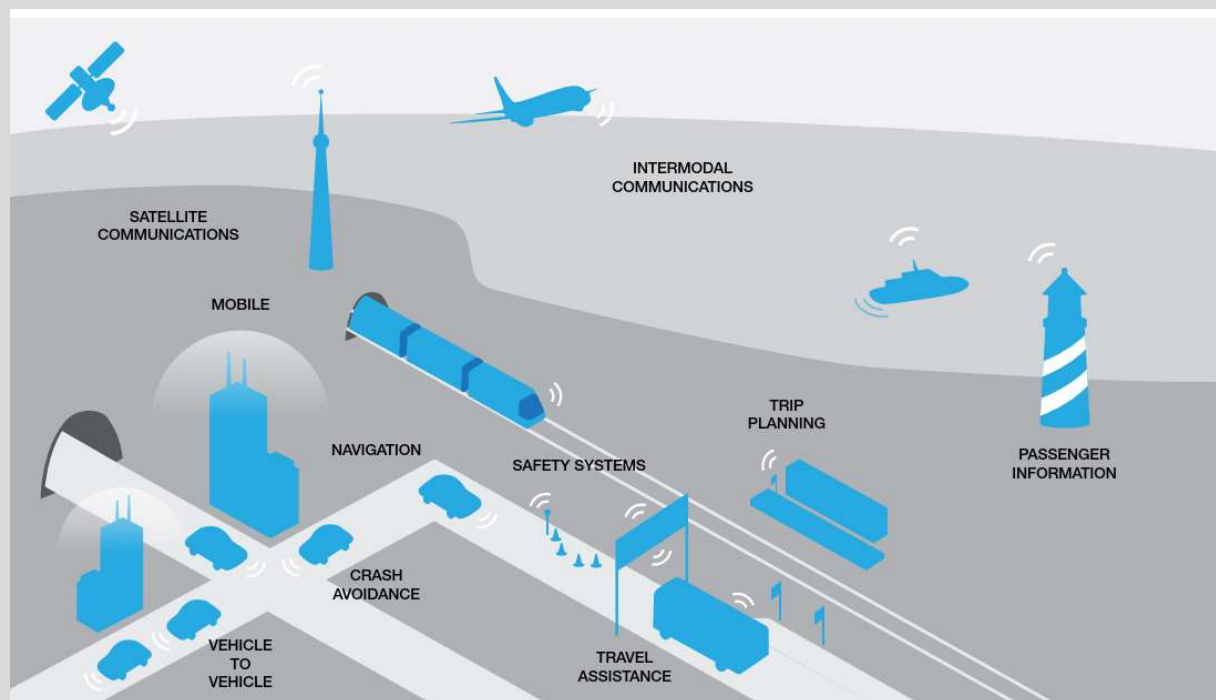
<sup>9</sup> 2getthere, whitepaper 'Wanneer wordt autonoom vervoer werkelijkheid?' (november 2017)

bedrijvzones, onderwijscampussen en luchthavens. Nadien kan stapsgewijs overgeschakeld worden op minder gecontroleerde omgevingen. Binnen deze stapsgewijze invoering komen hoofdwegen dan prioritair in aanmerking voor volgende fases.

- Een evolutie kent altijd een transitieperiode waarin een bestaand en een nieuw systeem samen voorkomen. In het kader van een evolutie naar autonome vervoerssystemen vraagt deze transitieperiode extra aandacht. Zo zal de infrastructuur deze transitie moeten kunnen opvangen en sturen, met name gedurende de periode waarin zowel autonome als niet autonome voertuigen van dezelfde infrastructuur gebruik zullen maken. Hierbij stelt zich de vraag of beide voertuigtypes gemengd kunnen worden of eerder gescheiden moeten worden. Dit wijst op het belang van adaptieve infrastructuur. Dit zijn infrastructuren die stapsgewijs en stelselmatig kunnen aangepast worden om nieuwe evoluties in goede banen te leiden en zo transitieperiodes te kunnen overbruggen.
- Bijkomende onzekerheid is de duur van een transitieperiode. Dit is afhankelijk van de verwachte gebruikperiode van een transportmiddel en is een economisch gegeven. Voor vrachtwagens moet bijvoorbeeld rekening worden gehouden met een gemiddelde gebruiksduur van 30 jaar. De overheid kan hier evenwel sturend in optreden (zie bijvoorbeeld invoeren van LEZ-zones om oudere, meer vervuilende voertuigen te weren).

#### WAT ZIJN AUTONOME VERVOERSYSTEMEN?

Door de vooruitgang van de communicatietechnologie wordt transport meer geïntegreerd, efficiënt, comfortabel en ecologisch. Intelligente transportsystemen zorgen voor vlottere verkeersstromen, een correctere kostenverdeling en een hogere veiligheid. De basis van autonome of intelligente transportsystemen (ITS) is continue communicatie op 3 niveaus: in het voertuig, tussen voertuigen onderling en tussen het voertuig en de omgeving.



Figuur 9: schema ITS (bron European Telecommunications Standards Institute)



Bij autonome systemen wordt direct gedacht aan zelfrijdende auto's. Geautomatiseerde auto's kunnen leiden tot een voorbeeldig rijgedrag en op die manier de veiligheid van alle weggebruikers verbeteren, maar ook zorgen voor een vermindering van de uitstoot en de verkeerscongestie. De zelfrijdende auto van Google herkent en reageert op de weginfrastructuur, op wegenwerken en op bewegingen van fietsers.



Een ander type van geautomatiseerd rijden is het zelfrijdend konvooi, getest door Volvo. Hierbij worden voertuigen draadloos aan elkaar gekoppeld en volgen ze een leidend voertuig (dat wel een bestuurder heeft). Zelfrijdende konvooien maken optimaler gebruik van de wegcapaciteit, waardoor er minder congestie is, en zorgen voor tot 20% minder verbruik. Het systeem werkt zowel met personenauto's als met vrachtwagens.

Hoewel de zelfrijdende auto zeker een belangrijk aspect is waar de bedrijfswereld sterk op inzet, dragen ook andere ontwikkelingen bij aan de verdere evolutie naar autonome vervoerssystemen. Volgens de Europese MORE-studie<sup>10</sup> zullen in de decennia na 2030 volgende 3 autonome vervoerssystemen de pijlers van ons transportsysteem zijn: autonome voertuigen, low-altitude air mobility (drones) en hyperloops.

Diverse onderzoeksinstituten en bedrijven bekijken of drones kunnen ingezet worden in het logistiek netwerk. Deze techniek is interessant in landen of regio's waar er geen uitgebreid wegennetwerk is maar ook in gebieden waar de verkeersdrukke en bijhorende congestie het wegennetwerk onbetrouwbaar maakt. In deze zones kunnen autonome drones de vlugste en goedkoopste methode zijn om lichte pakketten bij of dichtbij de bestemming te leveren.



Drones kunnen ook ingezet worden voor dringende medische transporten zoals medicatie. Sommige modellen voorzien een netwerk van basisstations, waar drones kunnen beladen en opgeladen worden.

Een hyperloop is een autonoom transportsysteem waarbij gebruik gemaakt wordt van een luchtdrukbus, enigszins vergelijkbaar met buizenpost, waardoor mensen en goederen getransporteerd worden. Het concept bestaat uit twee bijna luchtledige pijpen. In een buis worden capsules geplaatst waarin goederen en/of mensen met hoge snelheid vervoerd kunnen worden. De komst van een hyperloop kan de reistijd tussen Amsterdam en steden als Brussel, Düsseldorf en Duisburg verkorten tot minder dan dertig minuten.



Naast slimme voertuigen wordt ook werk gemaakt van slimme infrastructuur. Voorbeelden zijn meer duurzame wegen die zelf energie produceren. Mogelijke technologieën zijn de regelmatige plaatsing van kleine windturbines die de wind gegenereerd door voorbijrijdende voertuigen omzet in energie voor verlichting of dataverzenders. Aan de North Carolina State University werd een techniek ontwikkeld om draadloos energie te versturen van een vaste bron naar een mobiele ontvanger. Een dergelijk systeem kan bestaan uit de installatie van laadposten langsheen een weg. Telkens een voertuig de post passeert, wordt een hoeveelheid energie

<sup>10</sup> Multimodal Optimiser of Roadspace in Europe (MORE), D3.2 Future road users' needs, september 2018

opgeladen. Dit kan de autonomie van een elektrisch voertuig sterk vergroten. Het 'Solar Roadways Project' mikt op het vervangen van asfalt of beton door verhardingen met geïntegreerde zonnepanelen voor de aanleg van wegen, fietspaden en parkings. De zonnepanelen produceren groene stroom maar zorgen tegelijk voor verlichting, warmte om sneeuw of ijs te doen smelten en kunnen via inductie ook elektrische voertuigen opladen terwijl ze over het oppervlak rijden.

### 5.1.3. Wat als MaaS en IoT standaard marktmodellen worden?

#### Gevolgen voor vervoers- en transportmodi

Om MaaS tot een succes te maken, moeten alle vervoerssystemen geïntegreerd worden en alle vervoersaanbieders met elkaar samen werken. Alle mobiliteit wordt één. Het integreren van vervoerssystemen wordt aangeduid met termen zoals multimodaliteit, intermodaliteit of combimodaliteit. Los van de term, berust het systeem op snelle en gemakkelijke overstapmogelijkheden van de ene modus op de andere via hubs. De opeenvolging van hubs op verschillende plaatsen en van diverse schaalniveaus leidt tot het concept van het 'kralensnoer' van hubs. Dit is vergelijkbaar met de opeenvolging van aansluitingscomplexen en verkeerswisselaars langs het huidige wegennetwerk of de verschillende lokale, bovenlokale en internationale treinstations op het spoorwegennet. Het essentiële verschil is dat in het huidige systeem deze kralen en het snoer veelal unimodaal zijn, terwijl in het toekomstige systeem elke kraal een combimodaal punt is op een combimodaal netwerk.

Het principe van het netwerk van hubs heeft ook een belangrijke operationele invalshoek. Het MaaS principe veronderstelt een eenheid van tarifiering en betalingswijze, waarbij de klant betaalt voor één verplaatsing van A naar B, ongeacht de vervoerswijze en de operator. Ook het reservatiesysteem moet gebruik maken van één geïntegreerd digitaal platform. Dit vereist een samenwerking en afstemming tussen verschillende operatoren en exploitanten, dit kan ook een verregaande samenwerking en afstemming tussen publieke en private aanbieders van vervoerssystemen noodzaken.

Binnen het domein van het goederentransport vertaalt het concept van het Fysieke Internet zich vooral in de ontwikkeling van volledig verbonden en open netwerken van (hoofdzakelijk logistieke) diensten waarin fysieke objecten worden verplaatst, opgeslagen, geleverd en gebruikt. Logistieke hubs sluiten bij voorkeur aan op diverse transportmodi: weg, water en spoor, maar ook nieuwe vormen van transportinfrastructuur zoals ondergrondse systemen voor goederenvervoer, hyperloops of dronecorridors.

De vraag is welke plaats voetgangers en fietsers binnen deze netwerken zullen innemen. Mogelijks zal het belang van deze zachte vervoerswijzen afnemen omdat er dankzij een doorgedreven connectiviteit steeds snelle en comfortabele vervoerswijzen ter beschikking staan van de gebruiker. Dit geldt zeker voor verplaatsingen over langere afstanden.

#### Verandering van de mobiliteitsbehoefte

Bij MaaS staat de verplaatsingsbehoefte van de reiziger centraal. Flexibiliteit en keuzevrijheid spelen daarin een belangrijke rol. Daarnaast moet rekening gehouden worden met budget, duurzaamheid en reistijd. Omdat eender waar en op elk moment een efficiënt vervoerssysteem wordt aangeboden, op maat van de individuele klant, kan aan elke mobiliteitsvraag tegemoet gekomen worden, wat kan leiden tot een stijging van de globale mobiliteitsvraag. De kostenfactor speelt hier evenwel in mee. Indien deze mobiliteitsdiensten zeer duur zouden zijn, kan een vorm van 'vervoersarmoede' ontstaan, waarbij de mobiliteitsbehoefte wel blijft bestaan maar de effectieve mobiliteitsvraag kan afnemen.

Fysiek Internet moet een logistiek alternatief bieden voor de klassieke supply chain. Het vereist volledig open en verbonden netwerken waarin magazijnen, terminals en het transport worden gedeeld. De verwachting is dat goederentransport efficiënter zal verlopen. Door een betere en geautomatiseerde afstemming tussen verschillende goederenstromen zullen niet rendabele verplaatsingen (bijvoorbeeld het terugrijden van een lege vrachtwagen na een levering) tot een minimum beperkt kunnen worden. Er is dus een evolutie naar minder maar efficiënter transport, met een betere benuttingsgraad van de transporten. Dit zal ook gepaard gaan met een betere spreiding van transport in de tijd. Dankzij de interconnectiviteit tussen personen, goederen en diensten, kan gewerkt worden met tijdslots en prijslots om congestie op hoofdassen te vermijden. Dit vereist een sterk geconnecteerd netwerk in combinatie met een efficiënte regulering en sturing, al dan niet door de overheid.

#### Gewijzigde kenmerken van de infrastructuur en ruimtelijke ontwikkeling

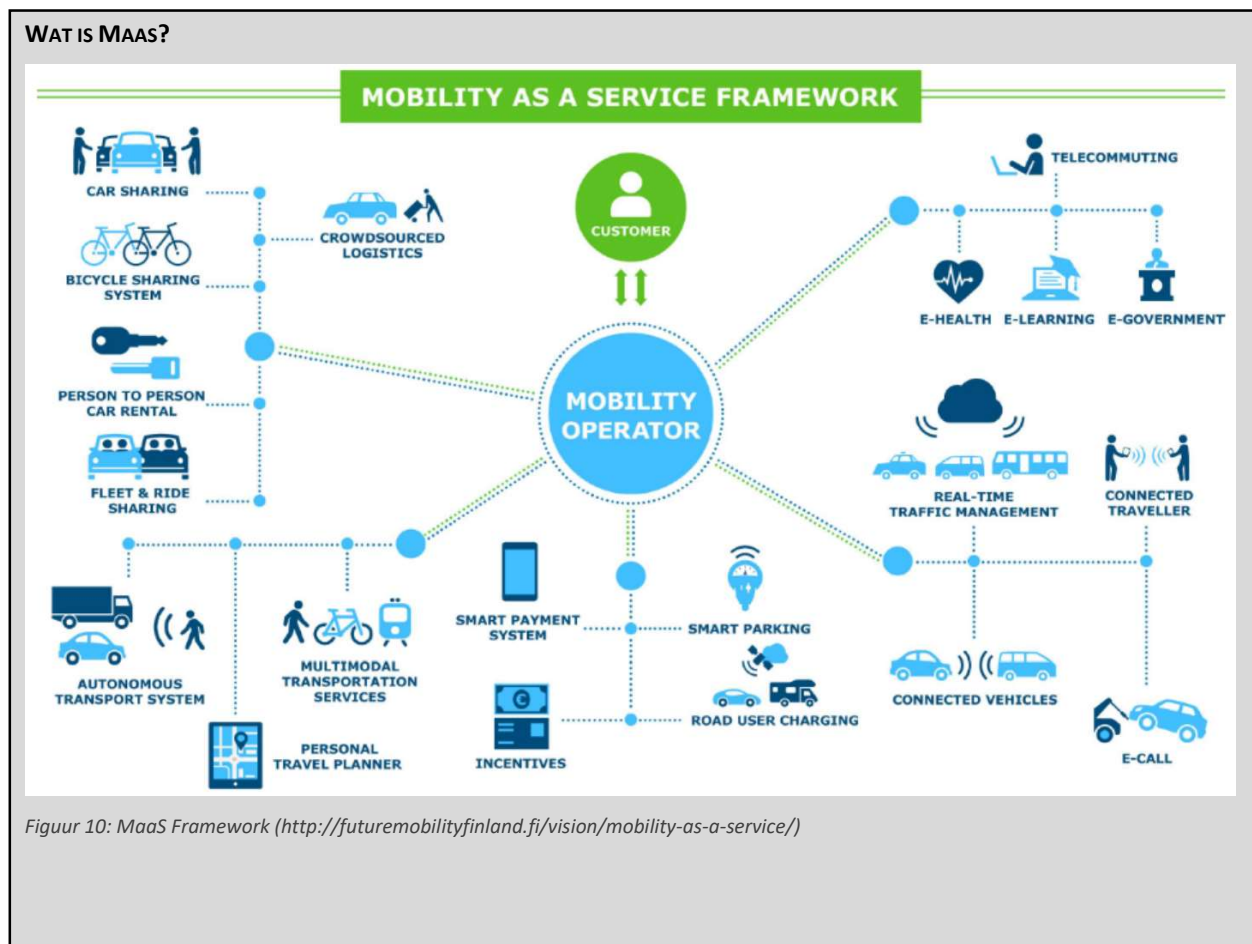
Zowel MaaS (eerder gericht op vervoer van personen) als Laas en IoT (vooral voor logistiek) vereisen de creatie van multimodale hubs op cruciale plekken op toegangswegen tot steden of bedrijventerreinen. Belangrijke openbaar vervoersverbindingen, bij voorkeur met een hoogwaardig karakter zoals snelle tramverbindingen, metrolijnen of stadstreinen, sluiten hierop aan. Om deze hubs te creëren, moet er voldoende ruimte zijn ter hoogte van de knooppunten tussen verschillende transportinfrastructuren. Vraag is of deze hubs zich rond de R0 moeten situeren of verder buiten de stad moeten liggen.

De schaal van dergelijke hubs is een aandachtspunt. Wellicht is een divers gamma van schaalgroottes nodig, gaande van kleine hubs op niveau van micromobiliteit tot echte high-capacity hubs met bijvoorbeeld overstapparkings met een capaciteit van 10.000 voertuigen of meer. Het schaalaspect is rechtstreeks verbonden met de problematiek van het ruimtebeslag.

Essentieel bij toepassing van de MaaS en IoT-concepten is dat het mobiliteitssysteem overgaat van een vraagvolgend model naar een vraaggestuurd model. Dit betekent dat de mobiliteitsdiensten worden aangeboden op basis van de beschikbare middelen en capaciteit en dat in functie daarvan steeds de meest optimale oplossing aan de klant kan worden aangeboden. Het principe is dat buffercapaciteit op de transportinfrastructuur maximaal wordt benut, waardoor de infrastructuur ook niet langer op basis van vraagvolgende piekbelastingen gedimensioneerd moet worden. Daarom is de capaciteit bij voorkeur een dynamisch en geen statisch kenmerk van een infrastructuur. Dit noodzaakt transportinfrastructuur die flexibel kan ingezet worden en zich ook integreert in het fysieke internet en dus communiceert met andere elementen en personen in het netwerk. Een voorbeeld is een snelweg waarbij het aantal rijstroken per richting op een continue en dynamische manier kan aangepast worden zodat binnen het MaaS-concept steeds een maximale capaciteit kan benut worden.

#### Relevante onzekerheden

- Cruciaal is het belang van databeheer en -sturing. Kwaliteit en snelheid van data moet hoog zijn. Er zal een aangepaste digitale infrastructuur nodig zijn.
- Keuze van woon- en werkplaats blijft cruciaal voor het efficiënt organiseren van nieuwe systemen en blijft belangrijk voor de mobiliteit. Ook de wijze waarop we ons leven organiseren, blijft cruciaal. Verdere evoluties in VR/AR (Virtual Reality en Augmented Reality), bijvoorbeeld op onze manier van werken en recreëren, zijn onzeker maar hebben een grote impact op de efficiënte en rendabele uitrol van concepten zoals MaaS.
- Logistieke vervoerssystemen hebben een andere logica op het gebied van tijd en kostprijs dan personenvervoer. Wellicht blijft het moeilijk om beiden op elkaar af te stemmen of te integreren.
- Volgens sommige deelnemers zijn het MaaS-concept en bijhorende servicemodellen niet vraaggestuurd maar in tegendeel vraagvolgend.
- Wat is de rol van de overheid binnen de nieuwe slimme en geïntegreerde mobiliteitssystemen: organisator, facilitator of regulator?



Mobility as a Service (MaaS) staat voor een nieuwe vorm van mobiliteit, waarbij de consument toegang heeft tot mobiliteit in de vorm van diensten, in plaats van te investeren in het bezit van eigen transportmiddelen of het gebruik van losse diensten zoals openbaar vervoer. Kernwoorden hierbij zijn: toegankelijkheid, snelheid, betrouwbaarheid, betaalbaarheid, comfort, gemak en flexibiliteit. MaaS integreert verschillende vervoermiddelen, zowel publiek als privaat en het aanbod verloopt via een digitaal platform. De aanbieder legt de brug tussen de mobiliteitsvraag (de reiziger of gebruiker) en het mobiliteitsaanbod (de vervoerders). Voor goederentransport bestaat een gelijkaardig concept: Logistics as a Service (LaaS).

#### WAT IS HET FYSIEKE INTERNET – INTERNET OF THINGS (IoT)?



In 1999 introduceerde Kevin Ashton, manager bij Procter & Gamble de term 'Internet der dingen' (Internet of Things, afgekort IoT): *"Adding radio-frequency identification and other sensors to everyday objects will create an Internet of Things, and lay the foundations of a new age of machine perception"*.

Door alle objecten, inclusief mensen, van identifiers te voorzien, zou de echte wereld geïnventariseerd en gemanaged kunnen worden door computers. Te denken valt bijvoorbeeld aan het volgen van het transport van pakketjes. Een hedendaagse definitie van het internet der dingen is "een voorgestelde ontwikkeling van het internet, waarbij alledaagse voorwerpen zijn verbonden met het netwerk en gegevens kunnen uitwisselen"<sup>11</sup>. Het Fysieke Internet gaat er dus van uit dat door de ontwikkeling van IoT producten intelligent worden. Deze intelligentie kan worden gebruikt om beslissingen te nemen. Beschikbaarheid van data is daarbij essentieel.

Naar analogie met het versturen van e-mails ben je als afzender bezig met de boodschap, maar hoe die uiteindelijk bij de ontvanger komt, is niet relevant. Feit is dat een e-mail in kleine deeltjes wordt opgedeeld en via diverse hubs in één geheel bij de ontvanger aankomt. Die hubs staan met elkaar in verbinding. Die analogie is in het concept van het Fysieke Internet vertaald naar logistieke en transportnetwerken waarbij goederen of personen op het juiste moment op de juiste plek terechtkomen, het *hoe* maakt in feite niet uit.

<sup>11</sup> Oxford Dictionaries

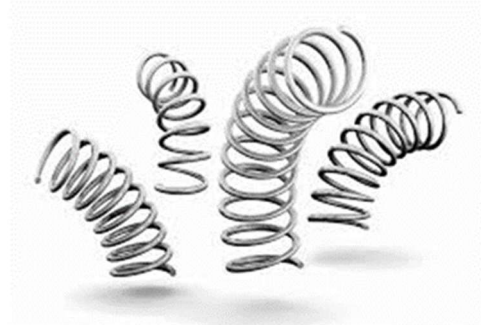


## 5.2. Weerhouden criteria

In de benadering van het future-proofaspect binnen het geïntegreerd planproces voor de R0-Noord, wordt er voor gekozen om te focussen op 2 strategieën<sup>12</sup>: robuustheid en flexibiliteit. Dit zijn ook de twee criteria die in de studie van Masood het vaakst vermeld werden als meest relevante future-proofcriteria. Deze beide strategieën worden gehanteerd als criteria om de verschillende planalternatieven voor de herinrichting van de R0-Noord te gaan evalueren.

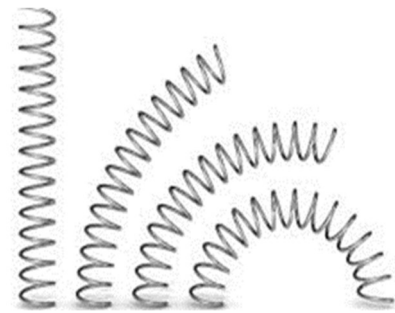
### 1. Veerkracht of robuustheid van de infrastructuur

Deze eigenschap verwijst naar de capaciteit van de infrastructuur om haar normale werking te behouden of te hernemen tijdens of na onvoorziene evoluties of gebeurtenissen. Dit omvat bijvoorbeeld de capaciteit om te weerstaan aan klimaatveranderingen, overstromingen of zelfs terroristische aanslagen. De veerkracht of robuustheid wordt ook bepaald door de mate waarin de infrastructuur nieuwe functies of andere noden aankan, zonder ingrijpende structurele wijzigingen door te voeren. Dit laatste sluit al aan bij het aspect van de flexibiliteit.



### 2. Aanpasbaarheid of flexibiliteit van de infrastructuur

Deze eigenschap verwijst naar de mogelijkheden van de infrastructuur om in te spelen op een onverwachte of onzekere toekomst. Dit betekent vandaag al rekening houden met toekomstige noden op het gebied van capaciteit, geschiktheid, bruikbaarheid en wenselijkheid. De aanpasbaarheid of flexibiliteit wordt bepaald door de mate waarin de infrastructuur aangepast kan worden om nieuwe functies op te nemen of om in te spelen op een gewijzigde omgeving.



Een belangrijk aspect bij flexibiliteit is snelheid. De snelheid waarmee een infrastructuur kan aangepast worden aan nieuwe functies of vereisten is essentieel om de mate van flexibiliteit te gaan beoordelen. Ook flexibiliteit tussen verschillende systemen onderling is relevant. Zo heeft de recente gezondheids crisis van 2020 geleid tot het snel aanpassen van het wegensysteem door het aanleggen van bijkomende fietspaden om de shift van openbaar vervoersgebruik naar fietsgebruik te kunnen opvangen<sup>13</sup>. Dit toont aan dat systemen onderling op elkaar afgestemd moeten zijn om soms plots veranderende mobiliteitsvragen op een flexibele manier te kunnen beantwoorden.

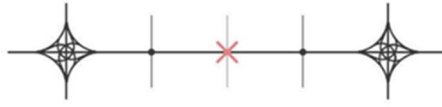
Beide strategieën vereisen dat negatieve impact van toekomstige ontwikkelingen moet vermeden of beperkt worden en dat belangrijke maatschappelijke thema's van toekomstige ontwikkelingen (klimaat, luchtvervuiling, energiebronnen, gezondheid, ...) op voorhand in overweging genomen moeten worden in het ontwerpproces (Change-management).


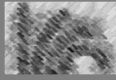












<sup>12</sup> Gebaseerd op Masood, T, McFarlane, DC, Parlikad, AK, Dora, J, Ellis, A, and Schooling, J (2015) Towards the Futureproofing of UK Infrastructure, ICE Journal of Infrastructure Asset Management, accepted 27 Jul 2015, revised 23 Oct 2015.

<sup>13</sup> Zie bijvoorbeeld bruzz.be op 29-08-2020: '10 kilometer extra coronafietspad op komst'.

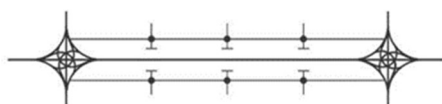
### 5.3. Beoordeling van de alternatieven


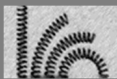












#### 5.3.1. Alternatievengroep Light



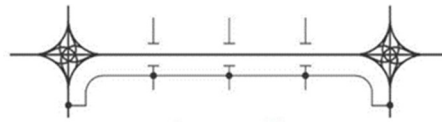
	ROBUUST 	FLEXIBEL 
<b>Klimaat verandering</b>	<p> Infrastructuur beperken in oppervlakte, omvang en complexiteit reduceert kosten om schade ten gevolge van extreme weerfenomenen te herstellen.</p> <p> Sterke klimaatwijzigingen kunnen leiden tot een lager gebruik van zachte modi en een toenemend aantal te verwerken voertuigen op de Ring.</p>	<p> Beperkttere ruimte-inname door de infrastructuur zelf betekent meer ruimte rondom voor klimaatingrepen zoals extra bebossing of wateropvang.</p> <p> Infrastructuur beperken in oppervlakte en omvang reduceert kosten om aan te passen aan extreme externe omstandigheden.</p>
<b>Autonome systemen</b>	<p> Meer aansluitende ruimte om klassieke infrastructuur te bundelen met nieuwe infrastructures.</p> <p> Compacteren van de verkeersruimte mogelijk zonder bijkomende ruimte-impact of met effectief verder beperken van de ruimte-inname (bijvoorbeeld bij het versmallen van de rijstrookbreedte).</p>	<p> Gebundeld systeem eenvoudig flexibel in te delen.</p> <p> Potentieel minder mogelijkheden om op te schalen naar 3D- of 4D-mobiliteit</p>
<b>MaaS en IoT</b>	<p> Een efficiëntere spreiding van het verkeer in tijd en plaats verhoogt de efficiëntie van het transport en vermijdt dat infrastructures gedimensioneerd worden op piekbelastingen. Elk light-concept sluit daarom beter aan bij het vraagsturend principe.</p> <p> Een minder complexe infrastructuur vereenvoudigt de mogelijkheden voor uniformisering van exploitatie en beheer.</p>	<p> Compacte 'klassieke' verkeersinfrastructuur houdt meer ruimte vrij voor creatie van hubs nabij aansluitingscomplexen en verkeerswisselaars.</p> <p> Indien er minder aansluitingscomplexen zijn, biedt het alternatief ook minder potenties voor hubs ter hoogte van aansluitingscomplexen en verkeerswisselaars.</p>


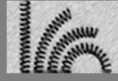











5.3.2. Alternatievengroep Parallel



		ROBUUST 	FLEXIBEL 	
Klimaat verandering		Sterke klimaatwijzigingen leiden tot een toenemend voertuiggebruik en een lager gebruik van zachte modi. Dit vereist een grotere wegcapaciteit, die in dit systeem aangeboden kan worden.		Restruimtes tussen doorgaande Ring en parallelwegen kunnen in de toekomst benut worden voor randinfrastructuur die inspelt op nieuwe technologie of klimaatbeheersing.
		Meer verharde oppervlakte nadelig voor het beheersen van klimaatveranderingen op het gebied van hitte en neerslag.		Omvangrijke en complexe weginfrastructuur verhoogt complexiteit en kosten om ze aan te passen aan extreme externe omstandigheden.
Autonome systemen		Parallelsysteem kan beter een eventuele toenemende mobiliteitsvraag opvangen.		Gescheiden systeem kan aangewend wordt voor toekomstige vormen van gescheiden vervoerssystemen.
		Potentieel hogere capaciteit en meer mogelijkheden om op te schalen naar 3D of 4D.		
		Compacteren van de verkeersruimte leidt niet noodzakelijk tot reduceren van de totale ruimte-inname wegens bijkomende aanwezigheid van parallelstructuur.		Systeem dat gericht is op een specifieke vorm van scheiden van verkeersstromen (doorgaand / lokaal) zal moeilijker een transitieperiode naar een andere vorm van scheiding (bijvoorbeeld autonoom / niet autonoom rijdend) overbruggen.
MaaS en IoT		Gescheiden verkeerssystemen kunnen aangewend worden voor verschillende exploitatievormen in functie van het MaaS-concept.		
		Een complexe infrastructuur bemoeilijkt de mogelijkheden voor uniformering van exploitatie en beheer.		Complexe knopen en verkeerswisselaars bemoeilijken de integratie van eenvoudige en efficiënte hubs.

5.3.3. Alternatievengroep Lateraal



		ROBUUST	FLEXIBEL
			
<b>Klimaat verandering</b>		<p>Laterale wegen zijn eenvoudigere infrastructures met beperktere kosten om schade ten gevolge van extreme weerfenomenen te herstellen.</p>	<p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Moeilijker om externe aandrijfsystemen te integreren in laterale wegen.</p> <p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Indien laterale wegen lokaal beheerd worden, vraagt dit afstemming tussen verschillende beheerders om infrastructuur aan te passen aan toekomstige noden.</p>
<b>Autonome systemen</b>		<p>Autonome systemen moeilijk te implementeren op laterale wegen die sterker met het lokale wegennet verweven zijn.</p> <p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Laterale wegen die sterk verweven zijn in de stedelijke ruimte moeilijk op te schalen naar 3D of 4D.</p>	<p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Systeem dat gericht is op een specifieke vorm van scheiden van verkeersstromen (doorgaand / lokaal) moeilijker aan te passen naar een andere vorm van scheiding (bijvoorbeeld autonoom / niet autonoom rijdend).</p> <p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Bevoegdheid en beheer meer versnipperd bij laterale wegen die mogelijk lokaal beheerd worden en sterk verweven zijn met de lokale structuur.</p>
<b>MaaS en IoT</b>		<p>Laterale wegen vormen een intermediair tussen het hoofdwegennet (of autosnelwegennet) en het lokale wegennet met meer potentie voor uitwisseling tussen modi en schaalniveaus.</p> <p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Een complexe infrastructuur bemoeilijkt de mogelijkheden voor uniformering van exploitatie en beheer.</p>	<p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Naarmate de complexiteit van de infrastructuur toeneemt, verhoogt de complexiteit van het digitaal databeheer.</p> <p style="background-color: #FFD700; text-align: center; padding: 2px;"></p> <p>Laterale wegen zijn eerder lokale stedelijke wegen met kruispunten, erftoegangen, e.d.m. Dit lijkt moeilijker digitaal te beheren dan een meer autonoom light- of parallelsysteem.</p>

5.4. Key-elements stresstest

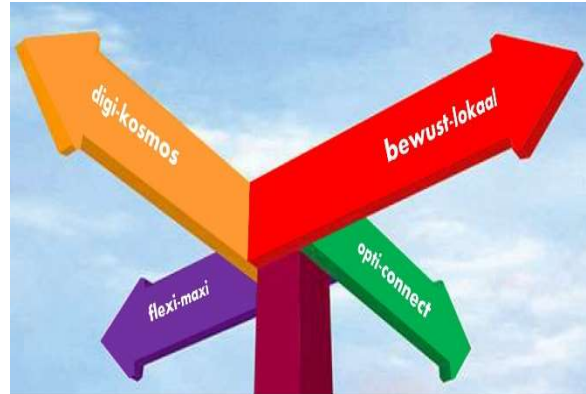
Het valt niet te ontkennen dat de beoordeling van de alternatieven per trend op zich onderhevig is aan interpretatie en onzekerheid, alleen al omdat aan elke weerhouden trend ook een aantal onzekerheden gekoppeld worden. De synthese in 'key-elements' dient om de evaluatie van de verschillende alternatieven scherper te stellen door op zoek te gaan naar de meest essentiële verschillen tussen de alternatieven. Per

alternatief worden de meest prominente pro's of contra's uitgelicht. Dit type van beoordeling focust op het relevante onderscheid tussen de alternatieven en is niet bedoeld als een globale samenvattende conclusie.

	LIGHT 	PARALLEL 	LATERAAL 
<b>DE KLIMAAT- VERANDERING ZET ZICH STERK DOOR</b>	Meer ruimte rondom de infrastructuur voor klimaatingrepen zoals extra bebossing of wateropvang.	Meer verharde oppervlakte nadelig voor het beheersen van klimaatveranderingen op het gebied van hitte en neerslag.	Moelijker om externe aandrijfsystemen in functie van klimaatneutrale voertuigen te integreren in laterale wegen.
<b>AUTONOME SYSTEMEN BREKEN VOLLEDIG DOOR</b>	Gebundeld systeem met een hoge mate van flexibiliteit en controleerbaarheid van de rijbaanindeling zal het invoeren van geautomatiseerde systemen beter ondersteunen.	Potentieel meer mogelijkheden om op te schalen naar 3D of 4D waardoor verschillende systemen in tijd en ruimte naast en met elkaar kunnen functioneren.	Autonome systemen moeilijk te implementeren op laterale wegen die sterker met het lokale wegennet verweven zijn.
<b>MAAS EN FYSIEKE INTERNET WORDEN STANDAARD MARKTMODELLEN</b>	Vanuit de opinie dat het MaaS concept eerder vraagsturend dan vraagvolgend is, sluit een lightconcept hier beter bij aan.	Gescheiden verkeerssystemen kunnen aangewend worden voor verschillende vervoerssystemen en exploitatievormen.	Laterale wegen vormen een intermediair tussen het autosnel- of hoofdwegennet en het lokale wegennet met meer potentie voor uitwisseling tussen modi en schaalniveaus.
<b>SYNTHESE VOLGENS ALTERNATIEF</b>	Het lightalternatief komt naar voor als klimaatrobuust, ook in relatie tot de omgeving. Het is een flexibel verkeerssysteem, dat nauw aansluit bij de kenmerken van systemen zoals MaaS en IoT.	Het parallelsysteem biedt de goede potenties om in te spelen op nieuwe verkeerssystemen en vervoerswijzen. Het flexibel omgaan met het scheiden van verkeerssystemen, vooral in transitieperiodes, is essentieel. Het systeem is echter minder klimaatrobuust.	Door de gelaagde opbouw en de sterkere interferentie met de stedelijke context, toont het lateraal-alternatief sterke potenties voor de implementatie van Maas en IoT. Het systeem lijkt echter minder flexibel en klimaatrobuust.

## 6. TOEKOMSTPROJECTIE VAN DE R0: HOE ZAL DE RING FUNCTIONEREN IN EEN VIRTUELE TOEKOMSTWERELD?

De oefening van de toekomstprojectie bestaat erin na te gaan welke alternatieven het best scoren in de verschillende werelden of hoe ze kunnen aangepast worden zodat ze in zoveel mogelijk werelden passen. Het maakt daarbij dus op zich niet uit in welke wereld we effectief zullen terechtkomen. Voor deze oefening wordt gebruik gemaakt van de 4 mogelijke toekomstwerelden zoals opgebouwd in de beleidsstudie 'Mobiliteit in de toekomst', van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid: digi-kosmos, flexi-maxi, opti-connect en bewust-lokaal.

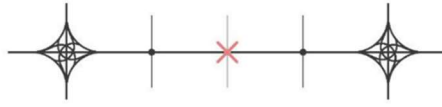


"If I had asked people what they wanted, they would have said faster horses."

Henry Ford, Amerikaans industrieel

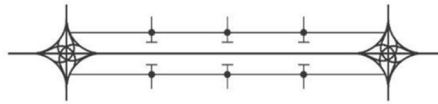
## 6.1. Beoordeling van de alternatieven

### 6.1.1. Alternatievengroep Light



	<p>Minder fysieke verplaatsingen is in overeenstemming met het concept van een light alternatief voor de toekomstige R0. Daarentegen is het vervoer eerder individueel dan collectief. Vrijgekomen ruimte van personenvervoer wordt ingevuld door meer vrachtvervoer op internationale assen, waardoor mogelijks toch weer de vraag naar een hogere capaciteit op de Ring ontstaat. Vrachtvervoer is gekoppeld aan decentrale afwerking wat een netwerk van overslagpunten en verdeelpunten vereist. Het beperkter aantal aansluitingscomplexen is hier een nadeel.</p>
	<p>Door toename van personen- en goederenvervoer dreigt de R0 een knelpunt in het Europees verkeersnetwerk te worden door de menging van verschillende types gemotoriseerd verkeer (doorgaand, lokaal, vracht en auto). Het gevaar bestaat dat internationale spelers op de vervoersmarkt Brussel en Vlaanderen links laten liggen, waardoor er door de beperktere investeringsmogelijkheden en beleidskracht van de overheden minder vervoersaanbod beschikbaar is. 3D- en 4D-systemen en geavanceerde communicatietechnologieën kunnen evenwel de extra vraag opvangen, vooral voor goederenverkeer. De flexibele mogelijkheden naar indeling in het lightconcept kunnen aanleiding geven tot het ontstaan van 'dedicated lanes' of 'hot lanes' die betalend zijn (via privaatgerregelde vervoerssystemen) en daardoor de capaciteit van het systeem gaan onderbenutten.</p>
	<p>De mobiliteitsbehoefte is hoog doch er wordt sterk ingezet op MaaS en Laas. Modulair transport vergt een flexibel en uitbreidbare vervoersinfrastructuur. Er is een sterke overheidsregulering, o.a. via een systeem van (dure) licenties voor verkeer van personen en goederen. De flexibiliteit van het lightalternatief past in deze wereld. De grenzen van de capaciteit van de lightalternatieven worden echter sneller bereikt zodat er een grote vraag is om bijkomende capaciteit te voorzien voor nieuwe vervoerswijzen. De overheid neemt hierin zijn regisseurs- en beheersrol op zodat MaaS en Laas nog verder versnellen.</p>
	<p>Capaciteit is geen doorslaggevende factor. Er is minder piekverkeer door het afgenomen belang van pendelstromen (minder verkeer en kortere afstanden). Ook de rijsnelheid primeert niet meer (belang Just-in-time leveringen verzwakt). Het beperkter doorgaand verkeer wordt gemengd met het overige verkeer op R0. Er zijn meer korte lokale verplaatsingen, kris-kras in alle richtingen. Een goede sturing en connectiviteit zijn noodzakelijk. Het eventueel afkoppelen van lokale aansluitingen is een nadeel. De beschikbare ruimte langs de R0 wordt gebruikt om zowel aan stadsontwikkeling als aan natuurversterking te doen.</p>

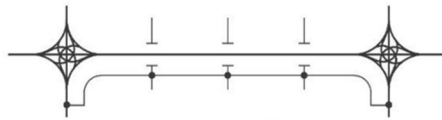
6.1.2. Alternatievengroep Parallel



	<p>Omdat er minder fysieke verplaatsingen zijn, is er minder nood aan een systeem met een grotere capaciteit. Een beperkte sturing (vanwege de overheid) betekent ook dat complexe structuren zoals een parallelsysteem minder goed beheerd worden, ook al wordt sterk ingezet op digitale sturing. Het beheer en onderhoud van de (rest-)ruimte tussen de verschillende wegen wordt als een grote last ervaren.</p>
	<p>Door hun groei is er meer verkeer tussen en rondom de grote steden. Er is nood aan meer en ook snellere verplaatsingen. Dit motiveert de nood aan vlotte doorgaande wegen tussen en rondom grote steden. De scheiding van de doorgaande weg en de parallelle wegen biedt veel kansen voor grote internationale spelers om hun supergrid uit te bouwen waarbij reïssnelheid, betrouwbaarheid en comfort voorop staan. Verknopen met andere vervoerswijzen gebeurt aan private, verticale overstap/overslagturbines.</p>
	<p>Er is een hoge mobiliteitsbehoefte en er zijn veel en verre persoonlijke verplaatsingen. Het parallelsysteem en de scheiding van doorgaand en lokaal verkeer vormt het kader waarbinnen nieuwe geconnecteerde systemen kunnen worden ingevoerd met een voldoende hoge capaciteit. Er is echter nood aan een dynamische en flexibele infrastructuur opgebouwd rond hubs en slim geconnecteerde systemen met maximale interoperabiliteit.</p>
	<p>Er is een grote behoefte aan collectief; kleinschalig vervoer. De parallelstructuur wordt als overcapaciteit beschouwd. De hogere onderhoudskosten worden als problematisch ervaren. Een snelle doorgaande weg rondom de stad biedt geen meerwaarde. De sterkere barrièrewerking en het grotere ruimtebeslag hinderen een duurzame stadsontwikkeling, de uitbouw van de lokale ecologische landbouw en de versterking van de ecologische kwaliteit.</p>



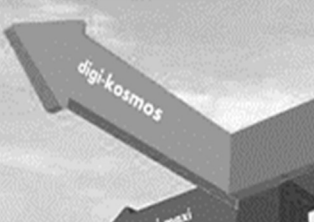
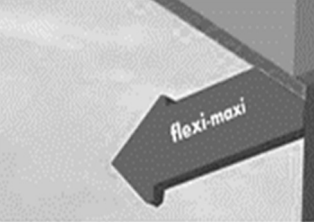
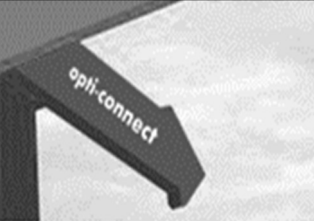

6.1.3. Alternatievengroep Lateraal



	<p>In deze wereld is er voor het personenvervoer slechts een beperkte behoefte aan combimobiliteit. De laterale weg wordt ingevuld als een opeenvolging van logistieke hubs en vrachtwagenparkings. De lage belevingskwaliteit van het openbaar domein is unimodaal afgestemd op vrachtverkeer. Een beperktere capaciteit van het verkeerssysteem van de R0 is minder problematisch gezien de dalende mobiliteitsvraag.</p>
	<p>De scheiding van de doorgaande weg en de laterale weg biedt kansen voor grote internationale spelers om hun supergrid uit te bouwen waarbij reïssnelheid, betrouwbaarheid en comfort voorop staat. De hoofdweg is een van de hoofdaders van dit Europese grid, terwijl de laterale weg functioneert als een langgerekt transferium met een mix van (micro-)vervoerswijzen en ruimtelijke functies. De beperktere capaciteit van de doorgaande R0 is hierbij een nadeel. Langs de laterale wegen ontstaat een verlinting van randstedelijke diensten en activiteiten met grote impact op het ruimtelijke voorkomen van de stedelijke randzones. Het belang van het openbaar en collectief vervoer neemt af, en daardoor ook de potentie van de laterale weg als multimodale stedelijke boulevard rondom de stad. Een fijnmazig systeem van hubs voor goederenvervoer zal door verschillende private partijen worden opgezet. Ook dit verhoogt de druk op de laterale wegen.</p>
	<p>Er gaat veel aandacht naar conflictloze en comfortabele manieren van verplaatsen. Hubs en slimme geconnecteerde systemen zijn belangrijk. De scheiding van doorgaand en lokaal verkeer blijft een relevante meerwaarde. Het laterale systeem speelt hier maximaal op in en biedt relevante mogelijkheden voor het creëren van hubs en overslagpunten op diverse plaatsen en van verschillende schaalniveaus. Bij vrachtvervoer ligt de nadruk op bundeling van goederen, modulaire transporteenheden en real-time multimodaliteit. Door de laterale wegen en de doorgaande wegen slim te verbinden, kan hier een performant systeem uitgebouwd worden. Er is echter een hoge mobiliteitsvraag, waardoor de infrastructuur vooral efficiënt en voorspelbaar moet zijn. Dit is potentieel een zwak punt voor de laterale wegen die sterker met het stedelijke weefsel verweven zijn en waarlangs de regulering door de overheid moeilijker zal zijn.</p>
	<p>Hoofdweg R0 blijft in gebruik voor (het beperkter) doorgaand verkeer, de laterale weg kan gebruikt worden voor een mix van modi. De lagere capaciteit van het R0-systeem is niet problematisch gezien de afname van het pendelverkeer en de lagere mobiliteitsbehoefte. De grotere vraag naar veelvuldige maar korte verplaatsingen, sluit aan bij het idee van de laterale weg als stedelijke boulevard. Onder maatschappelijke druk worden enkel nog duurzame vervoersmodi toegelaten. Ze zijn collectief en geconnecteerd. Laterale wegen als intermediair tussen snelweg en stad spelen hier op in. Langs de laterale weg ontstaat er een mix van lokale ruimtelijke functies, met gevaar op het verspreid ontwikkelen van kleinschalige lokale centra die bovendien met elkaar en met het stadscentrum gaan concurreren. In deze wereld wordt de laterale weg drager van de Vlaamse verlinting 2.0.</p>

## 6.2. Key-elements toekomstprojectie

Net zoals bij de analyse van de toekomsttrends, is ook de beoordeling van de alternatieven volgens toekomstwereld op zich onderhevig aan interpretatie en onzekerheid. De synthese in 'key-elements' dient om de evaluatie van de verschillende alternatieven scherper te stellen door op zoek te gaan naar de meest essentiële verschillen tussen de alternatieven. Per alternatief worden de meest prominente pro's of contra's uitgelicht. Dit type van beoordeling focust op relevant onderscheid tussen de alternatieven, waarbij de individuele beoordeling per alternatief ondersteund wordt door een meer relatieve onderlinge afweging tussen de verschillende alternatieven.

	LIGHT	PARALLEL	LATERAAL
	Minder fysieke verplaatsingen is in overeenstemming met het concept van een lichtalternatief voor de toekomstige RO.	Ten gevolge van de verminderde mobiliteitsvraag zullen de omvangrijkere infrastructuur en verharde oppervlakte minder efficiënt benut worden	Laterale weg biedt mogelijkheden voor inplanting van verdeelpunten en afwerkingsbedrijven
	Ruimte langs RO beschikbaar voor grote logistieke hubs rondom de RO	Meer mogelijkheden voor combinatie van klassieke verkeersinfrastructuur met nieuwe innovatieve structuren zoals luchtcorridors	Laterale wegen moeilijker aan te passen aan nieuwe innovatieve vervoerswijzen
	De grenzen van de capaciteit van de RO worden sneller bereikt	Het parallelsysteem vormt het kader waarbinnen nieuwe geconnecteerde systemen kunnen worden ingevoerd met een voldoende hoge capaciteit	Het laterale systeem biedt relevante mogelijkheden voor het creëren van een gelaagd systeem van hubs en overslagpunten
	De beschikbare ruimte langs de RO wordt gebruikt voor stadsontwikkeling en natuurversterking	De sterkere barrièrewerking hindert lokale stadsontwikkeling	Langsheen de laterale weg ontstaat er een mix van lokale activiteiten

## 7. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Meer en meer groeit het besef dat belangrijke infrastructuur voor een lange periode de maatschappij moet dienen, waardoor ook een meer duurzame samenleving ontstaat. Vandaar dat ontwerpers, bouwers, beheerders en exploitanten mogelijke toekomstige uitdagingen voor hun infrastructuurprojecten mee in overweging moeten nemen bij de planning en het ontwerp van infrastructuren. Om dit te bereiken, is in het kader van het geïntegreerd planningsproces voor de R0-Noord een future-proofverkenning uitgevoerd. Een future-proofonderzoek steunt op een confrontatie tussen de gekende eigenschappen van een plan of een project versus de onzekere evoluties van de omgeving of de context.

Voor een dergelijk onderzoek bestaat geen standaard methodiek. Maar het is wel duidelijk dat er enerzijds aannames gemaakt moeten worden omtrent toekomstscenario's en anderzijds criteria gedefinieerd moeten worden om tot een analyse en afweging te komen. Daarom baseert de future-proofverkenning zich deels op het lopende toekomstverkenning onderzoek naar "mobiliteit in de toekomst" (tijdsvenster 2050). Deze studie werd medio 2019 opgestart door het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid. Binnen deze studie wordt het future-proofonderzoek voor de R0-Noord als case study geïntegreerd. In functie van dit onderzoek, hebben De Werkvennootschap, de THV MoVeRO, het Departement Omgeving en Tomorrowlab expertendialogen georganiseerd. Op deze workshops werden experts uit diverse sectoren en beleidsdomeinen samengebracht om op een interactieve manier te debatteren over future-proofaspecten van de R0-Noord.

Op basis van de expertendialogen, aangevuld met een literatuurstudie, werden drie relevante trends en ontwikkelingen geselecteerd waarop de future-proofverkenning voor de R0-Noord zich focust: de klimaatverandering, het doorbreken van autonome vervoerssystemen en de evolutie van personen- en goederenvervoer naar een dienst. Tevens werden de criteria voor de beoordeling gedefinieerd. Er wordt gefocust op de robuustheid en de flexibiliteit. Deze invalshoek werd uitgewerkt in een eerste onderzoeksmethodiek, omschreven als een 'stresstest'. Het '**stresstesten**' van de R0-Noord bestaat uit een evaluatie van de manier waarop de verkeersinfrastructuur van de Ring beter of slechter gaat functioneren indien de geselecteerde trends of evoluties zich sterk zouden doorzetten. Een tweede onderzoeksmethodiek is de '**toekomstprojectie**'. De oefening bestaat eruit na te gaan of en hoe de alternatieven voor de herinrichting van de R0 ingepast kunnen worden in verschillende toekomstwerelden. Voor deze oefening wordt gebruik gemaakt van de 4 mogelijke toekomstwerelden zoals opgebouwd in de toekomstverkenning 'Mobiliteit in de toekomst'.

Het onderwerp van de evaluatie zijn de drie alternatievengroepen die worden voorgesteld voor de herinrichting van de R0-Noord: respectievelijk de alternatieven light, parallel en lateraal. Vertrekkende van de onderscheidende kenmerken tussen deze drie alternatievengroepen, wordt een inschatting gemaakt van het 'future-proofgehalte' per alternatief, zowel op basis van de stresstest als op basis van de toekomstprojectie.

De stresstest beoordeelt de alternatievengroepen in het licht van de verwachte trends en ontwikkelingen op het gebied van klimaatverandering, autonome vervoerssystemen en de introductie van MaaS- en Laas-concepten.

1. De light-alternatieven blijken in grote mate flexibel en robuust te zijn op het gebied van klimaatadaptatie en de introductie van autonome vervoerssystemen. De compacte 'klassieke' verkeersinfrastructuur houdt meer ruimte vrij voor creatie van hubs nabij aansluitingscomplexen en verkeerwisselaars wat de uitbouw van MaaS-systemen beter faciliteert.
2. Een parallelsysteem biedt ook interessante perspectieven in het licht van toekomstige trends en ontwikkelingen op het gebied van autonome vervoerssystemen en mobiliteitsdiensten. Het heeft als nadeel dat het te sterk afgestemd is op de huidige mobiliteitsproblemen op de R0-Noord en daarom als een minder flexibel systeem beschouwd wordt in transitieperiodes naar nieuwe vervoerswijzen. Meer verharde oppervlakte is echter nadelig voor het beheersen van klimaatveranderingen op het gebied van hitte en neerslag.
3. Het laterale systeem scoort goed op het gebied van de verschuiving van een mobiliteitsaanbod naar het aanbieden van mobiliteitsdiensten, zowel voor personenvervoer als goederenverkeer. Het systeem lijkt echter minder flexibel en klimaatrobuust.

Projecteren we de drie alternatieven in de opgebouwde toekomstwerelden, dan is de conclusie minder eenduidig. Afhankelijk van de mogelijke toekomstwereld, scoort een alternatief beter of slechter. Er is geen alternatief te selecteren dat op zich optimaal functioneert in alle mogelijke toekomstwerelden. Als algemene conclusie kunnen we stellen dat elk alternatief specifieke kenmerken heeft om als robuust en/of flexibel beschouwd te worden in toekomstige werelden waarin de geselecteerde trends en ontwikkelingen zich sterk zouden doorzetten. Een analoge conclusie geldt voor de werking of de aanpasbaarheid van de alternatieven in de verschillende mogelijke toekomstwerelden. Het is vooral kwestie vanuit deze oefening een aantal duidelijke aandachtspunten te selecteren die verder onderzoek vergen of waarmee verschillende alternatieven rekening moeten houden.

1. De light-groep beantwoordt het best aan scenario's waarbij er minder verplaatsingen zijn, zoals verbeeld in de toekomstwerelden digi-kosmos of bewust-lokaal. In andere werelden worden de grenzen van de capaciteit sneller bereikt. In de werelden waarin een groot belang gehecht wordt aan maatschappelijke meerwaarde, wordt de vrije ruimte langs de R0 aangewend voor de ontwikkeling van multimodale hubs voor personen of goederen of voor lokale stads- en natuurontwikkeling.
2. De parallelgroep biedt vooral ontwikkelingskansen in toekomstwerelden waarin er veel verplaatsingen zijn en verschillende systemen snel en flexibel gebruikt moeten kunnen worden. De flexibiliteit om in te spelen op toekomstige vervoerssystemen kan echter in vraag gesteld worden, met name in transitieperiodes.
3. Het laterale systeem lijkt innovatie in vervoerswijzen te bemoeilijken doch biedt de meeste mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkelingen gekoppeld aan multimodale overslag/overstappunten. In de werelden met een lagere mobiliteitsvraag evolueren de laterale wegen naar stedelijke of lokale ontwikkelingsassen waarbij gevaar op nieuwe vormen van verlinting ontstaat.

Afsluitend blijkt het ook nuttig deze future-proofverkenning vanuit een andere invalshoek te bekijken: op welke manier kan de R0-Noord toekomstige ontwikkelingen op het gebied van nieuwe technologieën en nieuwe vervoersdiensten stimuleren? Dit hangt samen met de visie, dat de transportinfrastructuur zal bepalen hoe de omgeving in de toekomst zal evolueren en niet andersom. Deze visie kadert in het concept van de Transit-Oriented Development (TOD), een openbaar vervoer- en ruimtelijke ordening-concept waarbij infrastructuur en ruimtelijke inrichting op het gebied van zowel planvorming, financiering en exploitatie geïntegreerd worden aangepakt. Samen met de conclusies van deze oefening zal deze andere invalshoek als uitgangspunt dienen voor verder onderzoek rond het future-proofthema in de vervolgstappen van het geïntegreerd planningsproces.

## Bijlage 1 - Deelnemers expertendialogen

### 16 januari 2020

Jan Adriaenssens, Jeroen Baeten, Paul Coomans, Alain Cox, Nele Degraeuwe, Bart Devoldere, Valère Donné, Marleen Govaerts, Sarah Hollander, Mark Keppens, Peter Lagey, Dorothy Mingneau, Stef Proost, Kristof Rombaut, Patrick Roothaer, Dieter Scheltjens, Peter Van Der Perre, Veerle Van Hassel, Dieter Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Bart Verhulst

### 13 februari 2020

Jeroen Baeten, Elke Bossaert, Pascal Cappelmans, Alain Cox, Nele Degraeuwe, Bart Devoldere, Jo Discart, Marleen Govaerts, Sigert Hellinckx, Mark Keppens, Peter Lagey, Dorothy Migneau, Stef Proost, Patrick Roothaer, Barbara Sandra, Chris Tampere, Sofie Troch, René Van der Iecq, Veerle Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Bart Verhulst

### 11 juni 2020

Jeroen Baeten, Elke Bossaert, Alain Cox, Heleen De Bock, Bart Devoldere, Koos Fransen, Marleen Govaerts, Sigert Hellinckx, Mark Keppens, Peter Lagey, Sven Maerivoet, Dorothy Mingneau, Stef Proost, Kristof Rombaut, Patrick Roothaer, Chris Tampere, Sofie Troch, Cédric Vaast, Veerle Van Hassel, Frank Vanden Bulcke, Eva Vercamst, Marijke Verhavert

## Bijlage 2 - Referenties

Arup Foresight + Research + Innovation, Future of Highways, 2014

Alonso Raposo, M. (Ed.), Ciuffo, B. (Ed.), Ardente, F., Aurambout, J-P., Baldini, G., Braun, R., Christidis, P., Christodoulou, A., Duboz, A., Felici, S., Ferragut, J., Georgakaki, A., Gkoumas, K., Grosso, M., Iglesias, M., Julea, A., Krause, J., Martens, B., Mathieux, F., Menzel, G., Mondello, S., Navajas Cawood, E., Pekár, F., Raileanu, I-C., Scholz, H., Tamba, M., Tsakalidis, A., van Balen, M., Vandecasteele, I., The future of road transport - Implications of automated, connected, low-carbon and shared mobility, EUR 29748 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-03409-4, doi:10.2760/9247, JRC116644

Masood, McFarlane, Parlikad et al.: Towards the future-proofing of UK infrastructure

Multimodal Optimiser of Roadspace in Europe (MORE), D3.2 Future road users' needs, september 2018

<http://futuremobilityfinland.fi/vision/mobility-as-a-service>

2getthere, whitepaper 'Wanneer wordt autonoom vervoer werkelijkheid?', november 2017