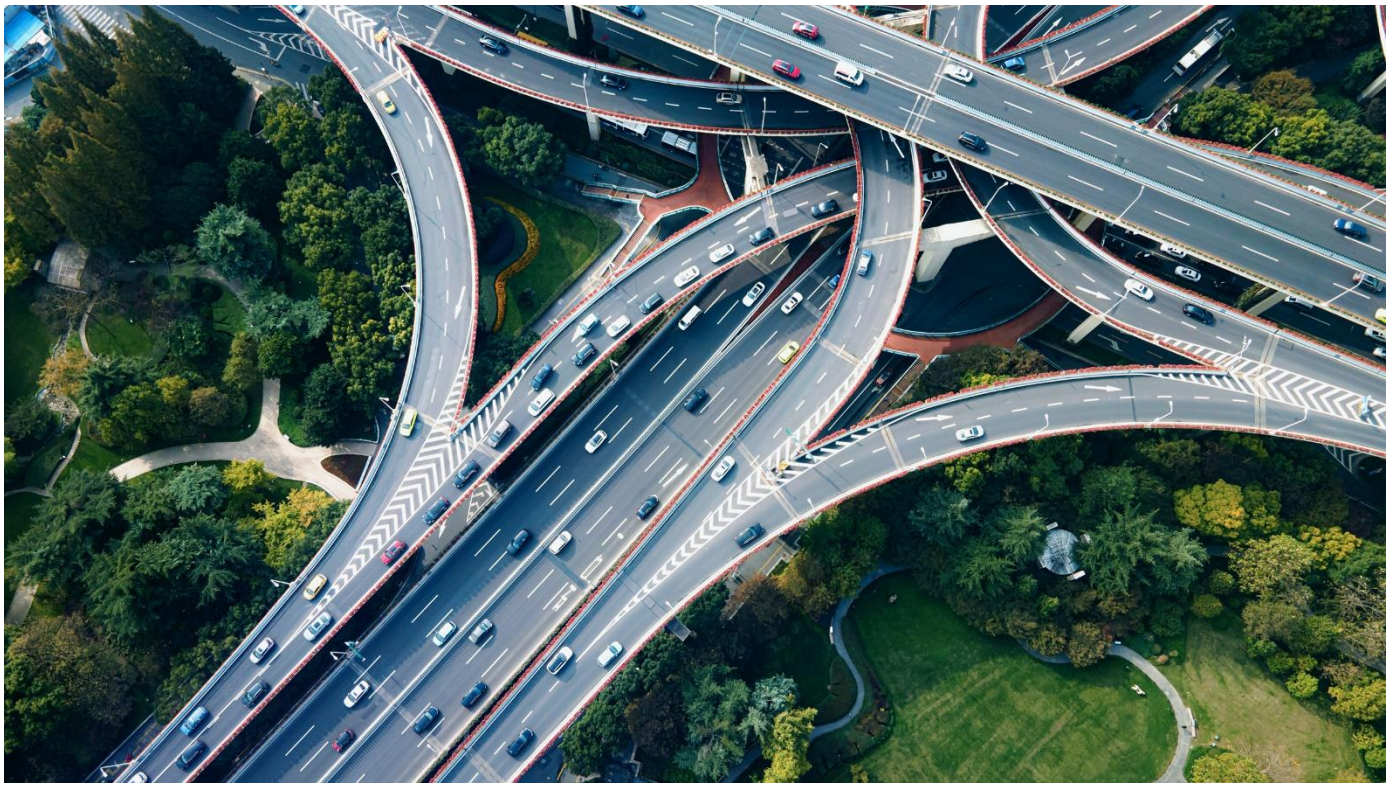


# Waardeketenanalyse Tunnels

## Co2 Prestatieladder

| Controle | | |
|---|---|---|
| | Initialen | Handtekening |
| Autorisatie | MKO | Martijn Koolhoven |
| EHS-Lead | GJB | Gert-Jan Bron |
| Stenvi Advies | MKE | Marco Kemper |
| Auteur | RVE | Ramon van der Velden |

| Documentstatus | | | |
|---|---|---|---|
| Revisie | Uitgavedatum | Status | Auteur |
| 1.0 | 24-03-2026 | Definitief | RVE |

YUNEX TRAFFIC

Classificatie: Restricted

**Documentdistributie**

| Naam | Initialen | Organisatie |
|---|---|---|
| Lokaal KMS | NVT | NVT |
| SKOA website | NVT | NVT |
| Yunex Traffic Website | NVT | Yunex Traffic B.V. |

**Vrijgave**

Dit document wordt vrijgegeven na paraaf van de auteur, controle door de Peer-checker, de QMiP, eventueel Gebruiker en voor autorisatie door de Bid/Projectmanager. Wijzigingen op dit document kunnen worden geïnitieerd door eenieder. Na overeenstemming worden de wijzigingen door de auteur zo spoedig mogelijk verwerkt in een nieuwe versie van het document. Deze nieuwe versie wordt voorzien van een nieuwe datum, revisienummer en parafen.

# Versiehistorie

| Document revisie | Gereviseerde sectie | Korte beschrijving van de wijzigingen | Gereviseerd door | Datum |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

# Inhoudsopgave

**1 Inleiding ..... 4**
1.1 Activiteiten Yunex Traffic B.V. ..... 4
1.2 Wat is een waardeketenanalyse ..... 4
**2 Energie in tunnels ..... 5**
2.1 Tunnels verbruiken veel energie ..... 5
2.2 Energieverbruik van de tunnel ..... 6
2.3 Top-5 energieverbruikers ..... 7
2.4 Welke activiteiten vinden er plaats ..... 7
2.5 Mapping en systeemgrenzen ..... 8
**3 Toepasbaarheid MKI op tunneltechnische installaties ..... 15**
3.1 De levenscyclusanalyse ..... 15
**4 Redutiestrategien ..... 17**
**5 Knelpunten circulariteitsmaatregelen TTI ..... 19**
5.1.1 Knelpunten in vier thema's ..... 19
5.2 Samenvatting uitdagingen ..... 20
5.2.1 Thema 1: Onduidelijkheid over circulariteit m.b.t. kosten en impact ..... 20
5.2.2 Thema 2: Wettelijke kaders en richtlijnen ..... 20
5.2.3 Thema 3: Cultuur en organisatie ..... 20
5.2.4 Thema 4: Ontbreken van de juiste data ..... 20
**6 Bronvermelding ..... 21**

# 1 Inleiding

In het kader van het behalen van trede 2 op de CO2 Prestatieladder 4.0 voert Yunex Traffic een waardeketenanalyse uit op de meeste relevante activiteiten van de GHG (Green House Gas) genererende ketens. Deze waardeketenanalyse is bepaald op basis van de analyse van de Scope 1,2 en 3 emissies (impact / invloed analyse).

## 1.1 Activiteiten Yunex Traffic B.V.

Yunex Traffic B.V. is een technologische onderneming met 230 gedreven medewerkers die passie hebben voor innovatieve en complexe projecten in de infrastructuur. Wij ontwikkelen, realiseren en onderhouden IT-platformen, automatiseringsoplossingen en andere systemen voor bruggen, tunnels, keringen, sluizen en (water)wegen om de kwaliteit van leven, de verkeersveiligheid en duurzaamheid te verhogen. Door samen te werken met onze opdrachtgevers en partners en naar elkaars belangen te luisteren, maken wij projecten succesvol. Uit de Impact en invloedsanalyse is bepaald dat 50% van de uitstoot afkomstig is uit de activiteit: tunnels. Deze waardeketenanalyse is dan ook op deze activiteit verder uitgewerkt.

## 1.2 Wat is een waardeketenanalyse

Een waardeketenanalyse is een Inventarisatie en analyse van de CO2-emissies van een waardeketen waarin de organisatie actief is. Deze analyse is gericht op inzicht in de omvang en herkomst van de CO2-emissies en op de mogelijkheden van de organisatie om deze emissies te beperken, bijvoorbeeld door het productieproces aan te passen, door andere ontwerpkeuzes en/of door keuze van, beïnvloeding van of samenwerking met organisaties in de waardeketen.

## 1.3 Doel van deze waardeketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze waardeketenanalyse is het identificeren van CO2-reductiekansen. Op basis van het inzicht in de Scope 1,2 en 3 emissies en de waardeketenanalyse worden reductiemogelijkheden voor de korte en middellange termijn geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem van Yunex Traffic B.V. wordt actief gestuurd op het reduceren van de Scope 3 emissies. Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. Yunex Traffic B.V. zal op basis van deze waardeketenanalyse stappen ondernemen om partners, waar mogelijk, binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de maatregelen.

# 2 Energie in tunnels

Nederland is op weg naar een circulaire samenleving in 2050. De doelstelling van het kabinet is om in 2050 een volledig circulaire economie te realiseren, waarbij de halvering van het gebruik van de hoeveelheid primaire abiotische grondstoffen in 2030 als tussendoelstelling dient. Overheden zoals gemeenten, provincies en het Rijk hebben daartoe eigen ambities en doelstellingen geformuleerd die hiermee in lijn liggen.

De ambities betekenen dat rondom alle tunnels van Rijkswaterstaat, ProRail, provincies en gemeenten, het ontwerpen, realiseren, onderhouden en beheren binnen afzienbare tijd circulair moeten plaatsvinden. Aan veel van de tunnels die in 2050 circulair moeten, zijn vindt de komende jaren groot onderhoud in de vorm van een renovatie plaats waarbij de tunnels weer tot voorbij 2050 mee moeten kunnen. Een unieke kans dus om grote stappen te zetten en een bijdrage te leveren aan de circulaire ambities (Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB).




## 2.1 Tunnels verbruiken veel energie

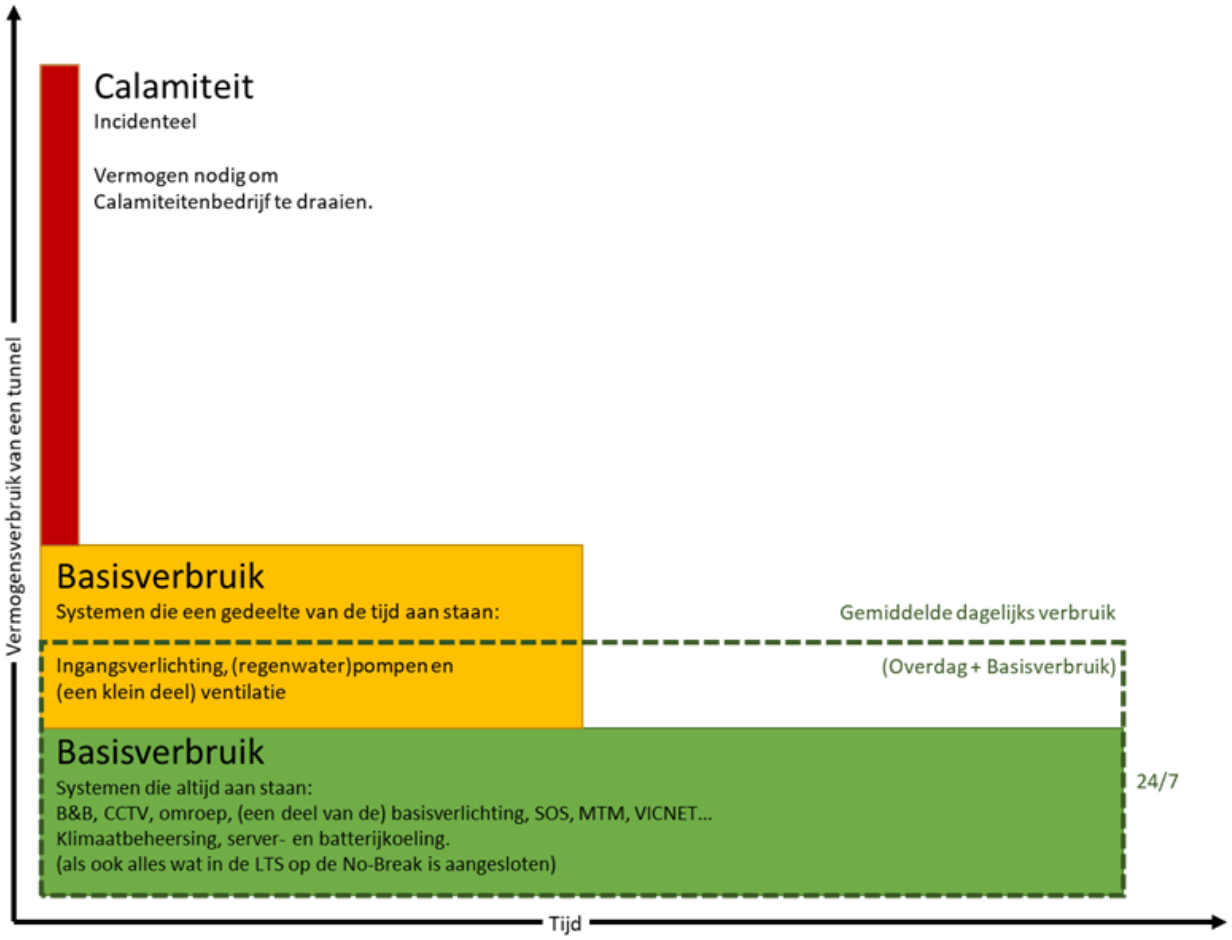
Tunnels verbruiken veel energie, aangezien zij voorzien moeten zijn van diverse, soms energievretende installaties. Tunnelverlichting en -ventilatie zijn wellicht de meest aansprekende. Daarnaast zijn er systemen nodig om in het geval van calamiteiten een tunnel te kunnen ontruimen en de hulpdiensten te assisteren.

In de loop der jaren is het voorgeschreven voorzieningenniveau alleen maar toegenomen en zijn tunnels dan ook meer energie gaan verbruiken. Een gemiddelde tunnel verbruikt al snel net zo veel als de woonwijk die er – spreekwoordelijk – naast ligt. Met een gemiddeld elektriciteitsverbruik van 1½ tot 2 miljoen kWh per jaar is een tunnel goed voor het verbruik van bijna 600 gemiddelde huishoudens.

De reductie-ambitie op het gebied van energie (d.w.z. algemeen besparen op energie, reduceren van het verbruik van fossiele energie) geldt overigens zeker niet alleen voor Rijkswaterstaat. Nederland kent meer tunnelbeheerders: ProRail, gemeenten, provincies en particuliere tunneleigenaren. Zij staan voor dezelfde uitdaging (Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB).

## 2.2 Energieverbruik van de tunnel

Gemiddeld gezien verbruiken tunnels tussen de 1,5 en 2 miljoen kWh per jaar. Onderstaande figuur visualiseert dat sommige systemen altijd ingeschakeld zijn en continu energie verbruiken (groen, basisverbruik), een paar systemen overdag een extra energievraag hebben (geel, basisverbruik), en dat er systemen zijn die in de tijd maar kort ingeschakeld zijn, maar verhoudingsgewijs wel een enorme piek aan energie vragen (rood, calamiteit).




*Figuur: Indicatie energieverbruik tunnels uitgezet als functie van tijd. De verticale richting geeft een indicatie van het vermogen dat gevraagd wordt door de installaties. Het oppervlak van de blokken geeft het aandeel van het jaarlijks verbruik (gesommeerd oppervlak is weergegeven met een stippellijn).*

Het basisverbruik zijn doorgaans systemen die vanwege het gekozen voorzieningenniveau aanwezig zijn en waar energiemaatregelen vanwege het 24/7-karakter snel kunnen leiden tot besparingen. Enkele voorbeelden hiervan zijn de basisverlichting in de nachtstand, ICT-systemen en camerasystemen. In de regel horen alle systemen die zijn aangesloten op een accusysteem (ofwel UPS of no-break) hierbij. Additioneel kunnen ook de energieverliezen in het energiesysteem zelf hieronder beschouwd worden. De systemen die overdag veel energie vragen (vooral de ingangsverlichting en de hogere lichtstand van de basisverlichting) vormen ook een

aanzienlijk deel van het verbruik. Het basisverbruik en het verbruik overdag vormen samen het ‘dagdagelijks verbruik’. Voor duurzame opwekking, opslagsystemen en minder afhankelijk zijn van het openbare net, is dit dagdagelijkse verbruik een belangrijk aspect (Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB).

## 2.3 Top-5 energieverbruikers

Deze paragraaf geeft een korte beschrijving van de grootverbruikers binnen de tunnelsystemen en een indicatie van het aandeel in het energieverbruik van een gemiddelde tunnel. Dit aandeel is een richtwaarde en kan per tunnel verschillen. In 2023 is onderzoek gedaan om de top-5 energieverbruikers opnieuw te bepalen. Dat bleek lastig, maar desondanks is toch een redelijk beeld verkregen. In deze paragraaf wordt het resultaat gegeven.

1: Tunnelverlichting, ordegrootte 35% van het totale verbruik.
2: Gebouwinstallaties (klimaatinstallatie, e.d.), ordegrootte 20% van het totale verbruik.
3: Bediening en besturing, ordegrootte 10% of meer van het totale verbruik.

Op nummer 4 en 5 kunnen de volgende installaties voorkomen:

- Ventilatie en overdruk, 5% tot 10%.
- Energievoorziening, 5% tot 10%.
- GSM, 6%.
- Pompen (in een zinktunnel), 3% tot 8%.
- Verwarming (hulpposten en buitenkasten)

De getallen kunnen per tunnel sterk verschillen. De bovenstaande lijst dient dus met een groot voorbehoud te worden behandeld. Het geeft slechts een indicatie van de grootste verbruikers (Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB).

## 2.4 Welke activiteiten vinden er plaats

Als we naar de scope (van Yunex Traffic B.V) gaan kijken bij de uitvoering van een tunnel renovatie dan vallen daar de volgende onderdelen onder (bij onderhoud houden we dezelfde scope aan):

- Bediening en besturing (SCADA en PLC’s)
- Energie installatie (Middenspanning, Laagspanning, Noodstroom, UPS)
- Audio (Omroep, Noodtelefonie, opname apparatuur)
- Video (Camera’s wegkant en tereinen, opname apparatuur)
- Branddetectie (tunnel en technische ruimten)
- Brandblus (tunnel en technische ruimten)
- Ventilatie (tunnel en vluchtgangen)
- Luchtkwaliteit (NOx, CO2)
- Verlichting
- Automatische Incident Detectie (SOS)
- Afsluitbomen (inclusief noodbediening en informatieborden)
- Verkeerssignalering (Matrix signaalgevers)
- Netwerk (Switches, routers, lokaalnet en extern RWS)
- Vluchtweg verlichting
- Hulpposten
- Vluchtdeuren (incl vergrendeling)

## 2.5 Mapping en systeemgrenzen

Voor onderhoud en projecten wordt een grote diversiteit aan producten ingekocht. Momenteel is de berekening die gemaakt wordt om deze emissies te berekenen een spendbased berekening. Om de datakwaliteit te verbeteren en de emissies van pijler projecten te reduceren is eerst een verbeterde berekening nodig. Om van een spendbased berekening naar een volume based berekening te gaan zijn de directe relaties in kaart gebracht (Deze informatie is in de openbare versie zwart gelakt).

| Scope | Vendor |
|---|---|
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |

| Scope | Vendor |
|---|---|
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
| | [redacted] |
|

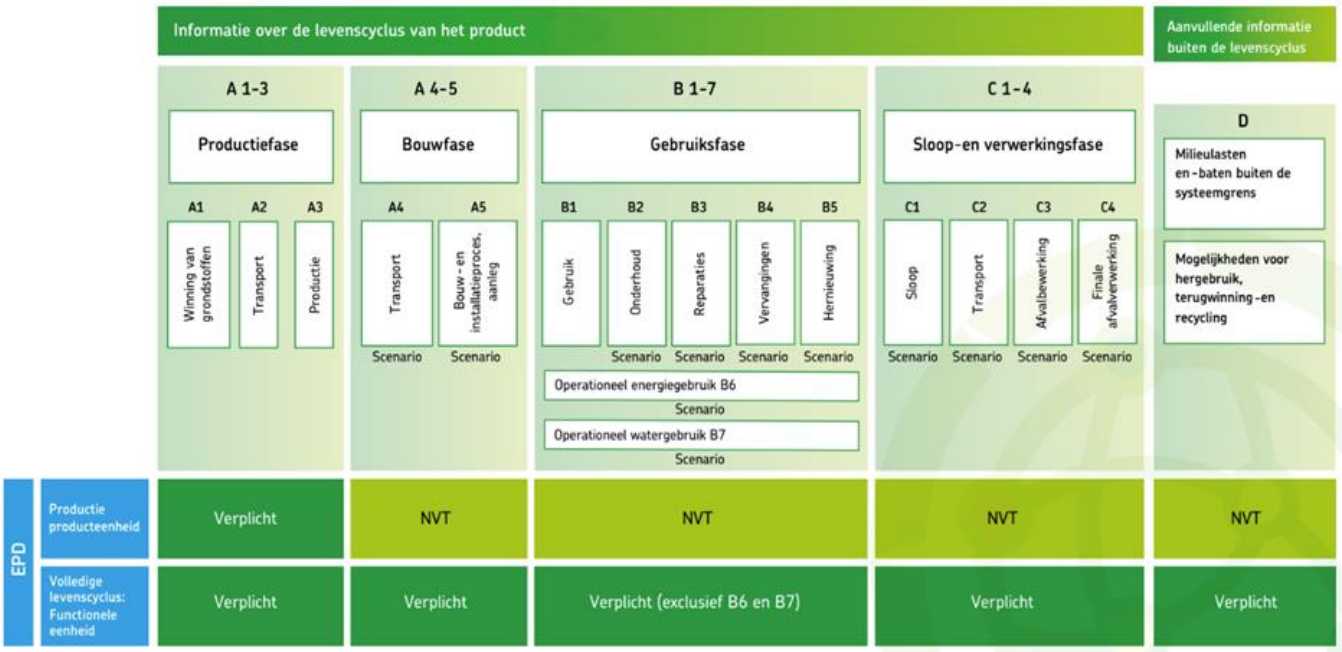
Voor de bepaling van de systeemgrenzen is gebruik gemaakt van de Europese norm EN 15804 als de hierop gebaseerde Nederlandse Bepalingsmethode SBK, waarin onderscheid wordt gemaakt in vier hoofdmodules, die corresponderen met de verschillende activiteiten in de levenscyclus van de gerealiseerde projecten:

A (productie van materialen en product),

B (gebruiksfase),

C (einde-levensduurfase) en

D (milieulasten en -baten buiten de systeemgrens).



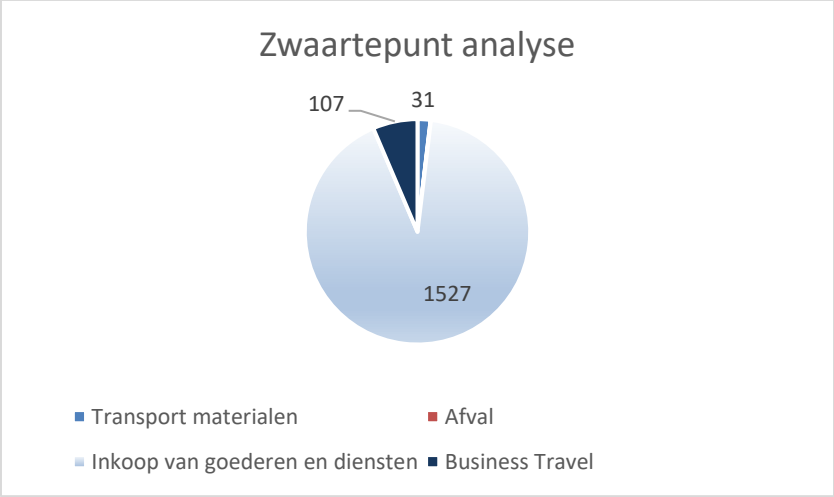

Yunex zal volgens deze systematiek het energieverbruik in tunnels verder in kaart brengen (en vervolgens een reductiestrategie op te formuleren), waarbij het startpunt licht bij hoofdmodule A: het in kaart brengen van de Productiefase A 1-3 en de bouwfase A4-5. Het huidige energieverbruik is gebaseerd op een spendbased berekening van de ingekochte materialen en diensten. De eerste stap is om van een spendbased berekening naar een volume bases berekening te gaan voor de productiefase om vervolgens de hele levenscyclus te doorlopen.

In onderstaande tabel is per fase weergegeven welke activiteiten er plaatsvinden en in welke scope deze thuishoren. De vervolgstap is om doormiddel van inkoopanalyses en leveranciersinformatie een inzicht te krijgen in de emissies van deze activiteiten.

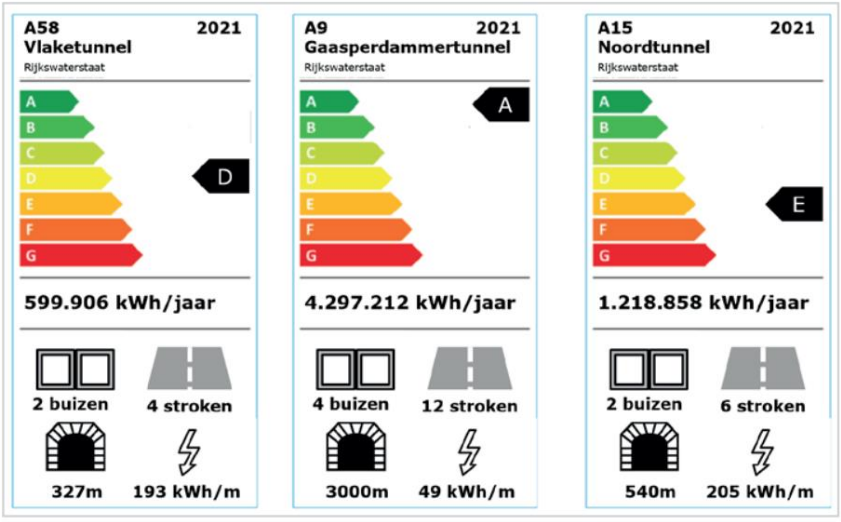
| Fase | Activiteit | Scope | CO2-emissie [kg] | Emissies van: |
|---|---|---|---|---|
| A1-A3 | Inkoop van goederen en diensten | 3 | 1527 | Leveranciers |
| A1-A3 | Afval | 3 | 0.38 | Leveranciers |
| A4 | Transport materialen | 3 | 30.37 | Leveranciers |
| A5 | Installeren installatie op projectlocatie | 3 | 107.38 | Yunex Traffic |
| A5 | SAT test op locatie | 3 | 107.38 | Yunex Traffic |
| A5 | Documentatie | 3 | n.t.b. | Yunex Traffic |

| Fase | Activiteit | Scope | CO2-emissie [kg] | Emissies van: |
|---|---|---|---|---|
| B1 | Gebruik installatie | 3 | n.t.b. | Yunex en de klant |
| B2 | Onderhoud installaties | 1-2<br>3 | n.t.b. | Yunex en leveranciers |
| B3 | Reparatie | 3 | n.t.b. | Yunex en leveranciers |
| B4 | Vervangingen | 3 | n.t.b. | Yunex en leveranciers |
| C1-3 | Demonteren en afvoeren | 3 | n.t.b. | Yunex en leveranciers |

Middels een zwaartepunt analyse wordt het belang van de verschillende energiestromen weergegeven. Zoals uit de onderstaande zwaartepunt analyse blijkt,veroorzaakt de inkoop van goederen en diensten de meeste uitstoot.

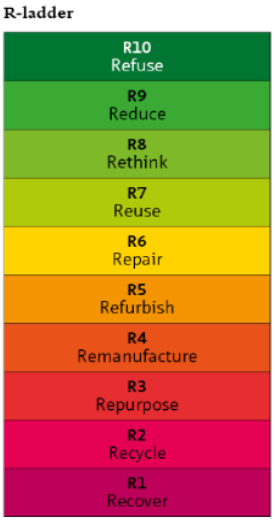



Niet van alle downstream emissies zijn op dit moment gegevens beschikbaar. Het verbruik van een tunnel in zijn geheel is door het Centrum Ondergronds bouwen in kaart gebracht middels energiepaspoorten (Zie voorbeeld hieronder). Yunex Traffic zal bekijken waar deze downstream emissies beinvloed kunnen worden. Het startpunt is om deze emissies in kaart te brengen en vervolgens en reductiestrategie te formuleren.




Centrum ondergronds bouwen, 23-01-2024.

Naast het verbeteren van de datakwaliteit en het doorlopen van de levencyclus fases om een beter inzicht te krijgen waar momenteel de meeste uitstoot in de projecten zit zal Yunex ook gebruik maken van bestaande onderzoeken vannuit het Centrum ondergronds bouwen (om reductiestrategieen toe te passen)**.** In onderstaande tabel zijn alle maatregelen uit het Groeiboek Circulaire tunnelinstallaties op een rij gezet. De uitgewerkte maatregelen lenen zich prima voor de beheer- en onderhoudsfase van tunnels en in het bijzonder voor tunnelrenovaties waarbij installaties onderhouden of vervangen moeten worden (Centrum Ondergrond Bouwen, 18-09-2023. Groeiboek Circulaire tunnelinstallaties).




Het figuur hier rechts weergegeven > rangschikt strategieën voor vervangen en renoveren op basis van duurzaamheid. Hoe hoger een strategie op de ladder staat, hoe meer grondstoffen ermee worden bespaard. Yunex heeft deze maatregelen geanalyseerd en gaat bekijken of deze maatregelen geimplenteerd kunnen worden.

| **Maatregel** | **R-ladder** | **TTI** | **Invloed Yunex of ketenpartner** |
|---|---|---|---|
| 5.1.1 Beperken verkeersdetectielussen | R10: Refuse | Verkeerdetectiesysteem, videosysteem en mogelijk ook hoogtedetectiesysteem | Invloed Yunex, door slimme algoritmes brengen we de detectiekwaliteit naar een hoger niveau. Hierdoor kunnen we het aantal lusdetecties verminderen. |
| 5.1.2 Communicatiesystemen beperken | R10: Refuse | Telefoonvoorziening | Invloed regelgeving. >95% automobilisten heeft een mobiele telefoon en kan daar ook mee een melding doen, de noodzaak van beschikbare noodtelefoons is hierdoor afgenomen |
| 5.1.3 Conditiemeting kabels | R10: Refuse | Kabels | Invloed Yunex, door energiezuinige systemen is het vermogen wat de kabel moet ondersteunen lager, hierdoor minder koper/aluminium in bekabeling nodig (>50%) |
| 5.1.4 Versobering wandcontactdozen | R10: Refuse | Hulppostenkasten, systeemkasten (middentunnelkanaal, technische ruimte, buitenkasten) | Invloed Yunex en opdrachtgever. De kabeldikte wordt door de WCD bepaald (afzekeren op 10/16A, voor onze SOS is 1A toereikend) |
| 5.2.1 Hitte- en koudebestendige componenten | R9: Reduce | Alle TTI die buiten staan | Yunex past eigen componenten toe die geschikt zijn van -25 – 70 C, waardoor geen koeling of verwarming noodzakelijk is (Minder componenten en dunnere bekabeling) |
| 5.2.2 Inzetten opslagvoorziening | R9: Reduce | Noodstroomvoorziening en No-break voorziening | Yunex, door systemen met gelijkstroom te voeden kan het noodstroom systeem veel eenvoudiger en zuiniger worden. |
| 5.2.3 Standaardisering tunnelverlichting | R9: Reduce | Verlichting verkeerstunnel | Invloed ketenpartner en regelgeving. Door lichtere kleur asfalt toe te passen en lichte kleur wanden is veel minder lichtsterke nodig. |
| 5.2.4 Reserveonderdelen op voorraad | R9: Reduce | Alle TTI (nieuwe toepassingen: tunnelventilatoren, | Yunex doet dit bij DBFM, we houden hier een centrale voorraad bij voor 8 projecten waardoor op locatie alleen een kleine |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | voeding, PLC's en switches) | grijpvoorraad nodig is (afhankelijk van de SLA) |
| 5.2.5 Monitoring installatiedegradatie | R9: Reduce | Alle TTI (maar met name kritische installaties) | Yunex past managed devices toe, waardoor centraal de details van de storing bekend zijn en er doelgericht onderhoud gepleegd kan worden. (Hierdoor is een eerste analyse van de storing overbodig en kan direct met de juiste spullen en mensen de storing worden verholpen) |
| 5.2.6 Toepassen vaste steekmaten | R9: Reduce | Alle TTI | Yunex past modulaire systemen toe die passen op standaard DIN rails, en/of aan 19"inbouw maten voldoet. Dit maakt uitwisseling eenvoudig. |
| 5.2.7 Optimaliseren klimaatinstallatie | R9: Reduce | Klimaatinstallatie in gebouwen | Invloed ketenpartners. |
| 5.3.1 Standaardisatie kabels | R8: Rethink | Kabels | Yunex past bij WKS gecombineerde kabels toe (voeding en signaal in een mantel) waardoor maar één hoeft te worden doorgevoerd (o.a. 1 x trekontlasting) |
| 5.3.2 Aluminium of glasvezelkabels | R8: Rethink | Kabels | Invloed opdrachtgever |
| 5.3.3 Biobased besturings- of laagspanningskasten | R8: Rethink | Besturings- en laagspanningskasten | Regelgeving dient hiervoor ruimte te bieden. |
| 5.3.4 Toepassen gelijkspanning | R8: Rethink | Bijna alle TTI | Yunex, door systemen met gelijkstroom te voeden zijn de AC/DC omzetters overbodig (minder materiaal, energieomzetting verlies, minder storingen |
| 5.3.5 Basisontwerp servicehubs en energiedistributie | R8: Rethink | Bijna alle TTI die componenten hebben in de verkeersbuizen, vluchtgangen en dienstgangen | Yunex, met gestandaardiseerde hubs, minder variatie in componenten > minder spares. |
| 5.4.1 Buizennetwerk voor kabelinfra | R7: Reuse | Kabeltracés, kabelgoten en ladders | Invloed ketenpartners |
| 5.4.2 Behouden bestaande kabelgoten en leidingen | R7: Reuse | Kabeltracés, kabelgoten en ladders | Invloed ketenpartners |
| 5.4.3 Matchmakingsplatform TTI | R7: Reuse | Alle systemen die voor hergebruik in aanmerking komen | Yunex maakt gebruik van retour systemen en her-inzet geschikte componenten. |
| 5.4.4 Materiaalpaspoorten | R7: Reuse | Alle TTI | Invloed opdrachtgever |
| 5.4.5 Vervangbaar installatiecomponent | R7: Reuse | Alle TTI | Yunex ontwerp systemen op onderhoudbaarheid, zoals moduliar en hots-wapable componenten |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5.4.6 repair as-a-service | R7: Reuse | Alle TTI | Bij de MJO (>10 jaar) bieden wij de reparatie van componenten aan als dienst (klant krijgt direct een vervangend product Yunex repareert) |
| 5.4.7 Hergebruik vrijkomende installaties en onderdelen stimuleren in contracten | R7: Reuse | Alle TTI | Invloed opdrachtgever. Toestaan hergebruik bestaande bekabeling en kasten) |
| 5.4.8 Herinzetten van vrijkomende installaties of onderdelen | R7: Reuse | Tunnelventilator (pilot-installatie) | Specifiek voor ventilatie branche.<br><br>Yunex maakt voor tijdelijk/overbruggingen indien mogelijk gebruik van vrijgekomen installaties. |
| 5.5.1 Ontwerp in losse aansluitbare componenten | R6: Repair | Fysieke interfaces | Yunex ontwerp op swap-repair zodat een defect component eenvoudig door een derde uitgewisseld kan worden. |
| 5.6.1 Kasten langer inzetbaar maken en houden | R5: Refurbish | Hardwarekasten | Yunex zet o.a. voor WKS-systemen dubbelwandige kasten in die langer meegaan, door o.a. minder condensvorming. Door systeemkasten in te zetten met inbouw ruimte voor de volgende renovatie (na bijv 15 jaar) zodat de kast kan blijven staan en de bekabeling kan blijven zitten. |
| 5.6.2 Afsluitbomen hergebruiken | R5: Refurbish | Slagbomen | Ketenpartner |
| 5.6.3 Tunnelbebording hergebruiken | R5: Refurbish | Op alle bebording | Veel bebording kan worden hergebruikt door vernieuwen bestickering. |

# 3 Toepasbaarheid MKI op tunneltechnische installaties

Het COB heeft diverse onderzoeken uitgevoerd met als uitgangspunt toepasbaarheid van MKI op tunneltechnische installaties. Yunex zal van deze onderzoeken gebruik maken om de gegevens die al beschikbaar zijn op dit onderwerp te benutten. De MKI waarde indicator, uitgedrukt in euro's, geeft de maatschappelijke kosten weer om milieueffecten ongedaan te maken. De MKI wordt in de infrasector steeds vaker gebruikt, bijvoorbeeld door Rijkswaterstaat en ProRail, bij het afwegen van ontwerpvarianten en aanbestedingen.

De MKI biedt een methode om milieueffecten van producten en processen te kwantificeren en te vertalen naar een financiële waarde. Dit maakt het mogelijk om verschillende aanbiedingen objectief te vergelijken op basis van hun milieuimpact. Door projecten te gunnen op basis van de MKI worden marktpartijen gestimuleerd om de milieuimpact van hun oplossingen te verminderen. Duurzaamheidstools zoals DuboCalc, GPR, GreenCalc en BREEAM maken ook gebruik van MKI-gegevens om tot een score te komen.

Het toepassen van de milieukostenindicator (MKI) is relatief nieuw voor installaties. De asfalt- en betonbranche heeft al meer dan tien jaar ervaring met de MKI, maar voor TTI bestaan er nog geen specifieke product category rules (PCR's). Bovendien worden er nog regelmatig fouten gemaakt bij de toepassingen en hebben niet alle partijen hier ervaring mee. Om vooruitgang te kunnen boeken is het noodzakelijk dat het kennisniveau omhoog gaat.

De rekentool MKI-berekening en zwaartepuntanalyse hoort bij het rapport Toepasbaarheid MKI op TTI. Het bevat de data, onderbouwing en resultaten van het project met de oorspronkelijke naam 'Haalbaarheid MKI op TTI'. TTI's zijn in grote getallen aanwezig in tunnelprojecten en hebben aanzienlijke milieu-impact. De sector heeft nog maar beperkt onderbouwd beeld waar deze milieu-impact precies zit. Een manier om de milieu-impact te bepalen is via de Milieu Kosten Indicator (MKI). Betrouwbare MKI data ontbreken op dit moment nog voor diverse TTI's. In het deelproject is de milieu-impact van de TTI in een tunnel inzichtelijk gemaakt. De focus ligt hierbij op de 'high potentials' (Centrum ondergronds bouwen, 29-01-2025. Rekentool: MKI-berekening en zwaartepuntanalyse - COB).

## 3.1 De levenscyclusanalyse

De basis van de MKI is de levenscyclusanalyse (LCA). Een LCA is een genormaliseerde methode waarmee de milieueffecten van een product of proces worden bepaald over verschillende levensfasen, van grondstoffenwinning tot verwerking aan het einde van de levensduur. De LCAresultaten kunnen met een weegset worden omgezet naar een financiële waarde, de MKI-waarde, die uitgedrukt wordt in één getal. Dit maakt het resultaat van een LCA gemakkelijk te vergelijken met het LCA van een ander product of proces.

De MKI-waarde wordt berekend volgens de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken' van de Stichting Nationale Milieudatabase (NMD) en indien beschikbaar voor de specifieke product soort met behulp van de product category rules (PCR's). PCR's zijn specifieke richtlijnen die beschrijven hoe een LCA voor een bepaalde productcategorie moet worden uitgevoerd om consistentie en vergelijkbaarheid te waarborgen.

De MKI-waarde kan worden gebruikt om de milieuimpact van complete systemen of installaties te berekenen. Dit helpt bij het maken van geïnformeerde keuzes tijdens ontwerp en aanbesteding.




*Figuur 2.1 / Levensfasen van een LCA2 (Bron: www.milieudatabase.nl)*

Centrum ondergronds bouwen, 30-01-2025.Toepasbaarheid MKI op tunnel technische installaties

# 4 Reductie strategieën

Om de datakwaliteit te verbeteren en project emissies te reduceren is onderstaande korte en middellange termijnstrategie opgesteld. Voor de lange termijn conformeert Yunex zich aan de lange termijn doelstelling zoals beschreven in het klimaattransitieplan (2050: 0 Co2 uitstoot voor de gehele keten):

| **Pijler** | **Beoogde reductie**<br>**Maatregel en tijdspad** | **Sleutelpersoon en/of samenwerkingspartners** | **Status** |
|---|---|---|---|
| Volledige spendbased inkoopanalyse in commodity structuur | 2026<br>0% CO2<br>0% energiebesparing | Inkoop, Green Team en Sales<br>Leveranciers | Stel een verbeterde nulmeting op van ingekochte werken, diensten en leveringen (SPEND) gekoppeld aan commodity structuur die binnen Yunex breed gehanteerd wordt. |
| Standaardisatie administratie voor overal spendbased naar volumebased | 2026<br>0% CO2<br>0% energiebesparing | Lead: administratie, support: inkoop, Green Team en Sales | Richt de structuur in de administratie in zodat bij inkoop van materialen en producten de hoeveelheden geregistreerd worden. |
| Nulmeting op van de materialen behorend bij de belangrijkste activiteiten I (80/20) verbruikte materialen die LCA-score (Life Cycle Assessment/Analysis of levenscyclusanalyse) hebben incl. de LCA-score | 2026<br>0% CO2<br>0% energiebesparing | Inkoop, Green Team en Sales<br>Leveranciers | Stel een nulmeting op van (80/20) verbruikte materialen die LCA-score (Life Cycle Assessment/Analysis of levenscyclusanalyse) hebben incl. de LCA-score door:<br>* opvragen LCA/ EPD informatie van producten die het meest zijn ingekocht in 2024 en 2025<br>* gebruik van LCA-informatie uit openbare bronnen zoals het centraal artikelbestand van de installatiesector 2BA en Techniek Nederland |
| Volumebased nulmeting verbruikte materialen | 2026<br>0% CO2<br>0% energiebesparing | Inkoop, Green Team en Sales<br>Leveranciers | Stel een nulmeting op van (80/20) verbruikte materialen die een voetafdruk (CO2-waarde) hebben incl. de voetafdruk |
| Operational excellence voor thema milieu in projecten | 2026 | Projectleiders<br>HSEQ | Operational excellence: verbeteren van de activiteiten tegen minimale milieu impact en het structureel verankeren van duurzaamheid in de organisatie door:<br>* continu verbetercyclus voor kwaliteit en veiligheid ook toepassen voor energie- & CO2<br>* vastleggen processen waar nodig in het HLS managementsysteem<br>* bepalen sleutelpersonen in de organisatie en betrekken van deze |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | sleutelpersonen bij de maatregelen en doelstellingen in dit plan. |
| (Projecten)<br>Verminderen afvalstromen | 2030<br><br>1% CO2 reductie per jaar | Projectleiders<br>Projectteam<br>HSEQ<br>Sales | Verminderen afvalstromen en verbetering scheiding door:<br>* inventarisatie afvalstromen<br>* hergebruik van materialen en onderdelen in elk project onderzoeken<br>* Hergebruik van materialen bespreken met klanten |
| (Projecten)<br>Verduurzamen ingekochte diensten en onderaanneming | 2030<br><br>20% CO2 reductie | Projectleiders<br>Inkoop<br>Calculatie | Selecteren van leveranciers en onderaannemers op basis van TCO-<br>principe (total cost of ownership) op basis van de LCA inkoop analyses.<br>Voorwaarden:<br>• Materialen zijn niet voorgeschreven<br>• Opdrachtgever stelt budget beschikbaar |
| (Projecten)<br>In kaart brengen van het gebruik van de geïnstalleerde installaties op locatie | 2026:<br>0% CO2 besparing | Projectleiders<br>Inkoop<br>Calculatie<br>Sales | Stel een nulmeting op van de geinstalleerde installaties. |
| (Projecten)<br>Toepassen van de R-ladder voor de tunnel installaties | 2026:<br>0% CO2 besparing | Projectleiders<br>Inkoop<br>Calculatie<br>Sales<br>Opdrachtgever | Het voorbereiden van de beoogde maatregelen vanuit de waardeketen analyse in de komende tunnelprojecten.<br>De uitvoering van deze tunnelprojecten zullen plaatsvinden na 2026 en verder.<br>In samenwerking met de opdrachtgevers bepalen welke maatregelen uit de waardeketen analyse kunnen worden uitgevoerd. |
| (Projecten)<br>Toepassen van MKI-methodiek op tunnel installaties | 2026:<br>0% CO2 besparing | Projectleiders<br>Inkoop<br>Calculatie<br>Sales<br>Opdrachtgever | Stel een nulmeting op van (80/20) verbruikte materialen die LCA-score<br>(Life Cycle Assessment/Analysis of levenscyclusanalyse) hebben incl. de LCA-score door:<br>* opvragen LCA/ EPD informatie van producten die het meest zijn ingekocht in 2024 en 2025<br>* gebruik van LCA-informatie uit openbare bronnen zoals het centraal artikelbestand van de installatiesector 2BA en Techniek Nederland<br>*LCA gebruiken als input voor MKI berekeningen. |

# 5 Knelpunten circulariteitsmaatregelen TTI

Het beheren, onderhouden en renoveren van tunnels biedt grote kansen voor het realiseren van duurzaamheidsambities. Zo zijn er diverse circulariteitsmaatregelen op het gebied van tunneltechnische installaties (TTI), maar in praktijk worden deze nog weinig toegepast. Het COB-netwerk heeft de belemmeringen in kaart gebracht en mogelijke oplossingsrichtingen geformuleerd.

Nederland wil in 2050 een circulaire economie realiseren, met halvering van het gebruik van primaire grondstoffen in 2030. Dit vraagt om aandacht voor circulariteit in de tunnelsector, waarbij TTI een sleutelrol spelen vanwege hun grote aandeel in renovaties en onderhoud. Hoewel dit groeiboek oplossingen biedt, worden de beschreven circulariteitsmaatregelen nog weinig toegepast. Het COB-netwerk heeft onderzoek gedaan naar de redenen hiervoor en de knelpunten in kaart gebracht.

### 5.1.1 Knelpunten in vier thema's

Op basis van de geïnventariseerde knelpunten zijn vier thema's gedefinieerd waaronder de knelpunten verdeeld zijn:



**Onduidelijkheid kosten en impact**

1. Ontbreken eenduidige normen en tools voor objectieve beoordeling
2. Focus op initiële kosten in plaats van levenscycluskosten
3. Terughoudendheid vanwege kosten- en planningsdruk bij verhoogde risico's



**Wettelijke kaders en richtlijnen**

4. Beperkte ruimte voor innovatie binnen richtlijnen
5. Vrees om verminderde veiligheid en effectiviteit
6. Innovaties gaan sneller dan ontwikkeling standaarden
7. Wet- en regelgeving biedt onvoldoende ruimte



**Cultuur en organisatie**

8. Uiteenlopende betrokkenheid bij circulariteit binnen organisaties
9. Risicomijdend gedrag
10. Terughoudendheid van externen
11. Voorkeur voor bewezen en vertrouwde technieken
12. Afrekencultuur
13. Beperkt integraal kijken
14. Gebrek aan samenwerking tussen aannemer en opdrachtgever
15. Geen of te weinig prioriteit voor circulariteit
16. Verantwoordelijkheid voor verduurzaming neergelegd bij opdrachtnemer
17. Beroepen op contractuele eisen



**Invloed variabelen**

18. Lange doorlooptijden tussen contractering en ontwerp

Centrum ondergronds bouwen, 30-01-2025. Knelpuntenanalyse circulariteitsmaatregelen TTI - COB

## 5.2 Samenvatting uitdagingen

In deze paragraaf wordt voor elk thema de kern van de uitdaging beschreven.

### 5.2.1 Thema 1: Onduidelijkheid over circulariteit m.b.t. kosten en impact

Kern van de uitdaging: In de tunnelsector is er een gebrek aan kennis over circulariteit, wat wordt verergerd door het ontbreken van duidelijke definities en referentiewaarden voor het beoordelen van circulariteitsmaatregelen. Dit maakt het moeilijk om de milieubelasting te kwantificeren, mede door een tekort aan milieukostenindicatoren (MKI's) en levenscyclusanalyses (LCA's). Daarnaast heerst de perceptie dat circulariteitsmaatregelen duurder zijn, terwijl ze op lange termijn mogelijk besparen. Daarnaast introduceert het hergebruik van materialen extra risico's, wat leidt tot terughoudendheid in de sector.

### 5.2.2 Thema 2: Wettelijke kaders en richtlijnen

Kern van de uitdaging: De huidige wet- en regelgeving en gedetailleerde richtlijnen voor tunnelinstallaties belemmeren de toepassing van circulariteitsmaatregelen, omdat ze strikte naleving vereisen en weinig ruimte bieden voor innovatie. Deze normen waarborgen weliswaar veiligheid en functionaliteit, maar zijn niet afgestemd op moderne ontwikkelingen in duurzaamheid en circulariteit. Dit resulteert in een vertraagde transitie naar een circulaire infrastructuur, omdat de regelgeving onvoldoende stimulans biedt voor circulair bouwen.

### 5.2.3 Thema 3: Cultuur en organisatie

Kern van de uitdaging: De organisatiecultuur en mindset zijn nog niet volledig gericht op verduurzaming en circulariteit, wat leidt tot verdeeldheid in motivatie en betrokkenheid van medewerkers en terughoudendheid bij het voorstellen van circulariteitsmaatregelen. Een conservatieve houding bij opdrachtgevers, een afrekencultuur en een gebrek aan samenwerking bemoeilijken de implementatie van duurzame oplossingen, terwijl circulariteit vaak ondergewaardeerd wordt en aannemers zich verschuilen achter contractuele eisen. Om de transitie naar circulariteit te bevorderen, is sterk leiderschap nodig (Centrum ondergronds bouwen, 30-01-2025. Knelpuntenanalyse circulariteitsmaatregelen TTI - COB).

### 5.2.4 Thema 4: Ontbreken van de juiste data

Tijdens de overgang van handboek 3.1 naar 4.0 is de focus sterk verlegt naar de scope 3 emissies. Waar voorheen de focus op scope 1 en 2 twee lagen is de focus verlegd naar de scope 3 emissies. Yunex Traffic is ervan overtuigd dat de grootste emmisies te besparen zijn in de projecten en zal ook de reductiestrategie hier op baseren. Om een de goede reductiestrategie te formuleren is het noodzaak dat de data verbeterd wordt. Momenteel worden er berekeningen gemaakt op bases van Spend.

# 6 Bronvermelding


- Groeiboek Circulaire Tunnelinstallaties, Centrum Ondergrond Bouwen, 18-09-2023. Groeiboek Circulaire tunnelinstallaties
- Groeiboek Energiereductie in Tunnels, Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB.
- Rekentool: MKI-berekening en zwaartepuntanalyse, Centrum ondergronds bouwen, 29-01-2025. Rekentool: MKI-berekening en zwaartepuntanalyse - COB
- Knelpuntenanalyse circulariteitsmaatregelen TTI, Centrum ondergronds bouwen, 30-01-2025. Knelpuntenanalyse circulariteitsmaatregelen TTI - COB
- Groeiboek Energiereductie tunnels, Centrum ondergronds bouwen, 22-05-2025. Groeiboek Energiereductie tunnels - COB.
- Toepasbaarheid MKI op tunnel technische installaties, Centrum ondergronds bouwen, 30-01-2025.Toepasbaarheid MKI op tunnel technische installaties
- Format energiepaspoort tunnels, Centrum ondergronds bouwen, 23-01-2024. Format energiepaspoort tunnels