

Hinderarm renoveren en digitaal aantonen

STARTDOCUMENT • DEFINITIEF CONCEPT 17 DECEMBER 2018



Opgesteld door:

- Jack Blok, Arcadis
- Aris van Erkel, Ballast Nedam
- Leen van Gelder, COB/Soltegro
- Ronald Gram, Covalent
- Jacco Kroese, Movares
- Johan Naber, Rijkswaterstaat
- Arjan Tromp, COB/Vialis
- Marco Vermeulen, Siemens
- Karin de Haas, manager tunnelprogramma COB

Uitgever

Het Nederlands kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik (COB)
Van der Burghweg 1, 2628 CS Delft • gebouw De Bouwcampus
Postbus 582, 2600 AN Delft
085 4862 410 • info@cob.nl • www.cob.nl

Download en meer informatie

Deze publicatie is gratis te downloaden vanaf www.cob.nl/tunnelprogramma. Via deze pagina kunt u ook meer lezen over de projecten in het tunnelprogramma.

Hergebruik

Teksten uit deze publicatie mogen vrij worden overgenomen, mits voorzien van een duidelijke bronvermelding. Voor hergebruik van figuren en foto's dient u vooraf toestemming te vragen van de aangegeven bronhouder. Als er geen bron is vermeld, dan geldt deze publicatie als bron. Het COB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van de uitgave. Toch moet niet worden uitgesloten dat er fouten of onvolledigheden in voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker. Het COB sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens het COB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

STARTDOCUMENT – DEFINITIEF CONCEPT 17 DECEMBER 2018

Hinderarm renoveren en digitaal aantonen

Hoofdstuk 1. Inleiding	4
1.1 De tunnelrenovatie-opgave in Nederland	4
1.2 Waarom zoeken naar andere oplossingen?	4
1.3 Hinderarm renoveren en digitaal aantonen als mogelijke oplossingsrichting	5
1.4 Doelstelling betrokken COB-projecten	6
1.5 Doelstelling startdocument	7
1.6 Hoe komen we tot de eindproducten?.....	8
Hoofdstuk 2. Waarom renoveren?	9
2.1 Groot aantal redenen waarom renovaties noodzakelijk zijn	9
2.2.1 Einde levensduur	9
2.2.2 Halverwege levensduur.....	9
2.2.3 Onverwacht einde levensduur	9
2.2.4 Verandering in wetgeving	10
2.2.5 Achterstallig onderhoud.....	10
2.2.6 Standaardisering in bediening.....	10
2.3 Randvoorwaarden	10
2.3.1 Randvoorwaarden (voor acceptatie) vanuit bevoegd gezag	10
2.3.2 Duurzaamheid	11
2.3.3 Smart mobility vereist toekomstbestendige inrichting van tunnels.....	11
2.3.4 Cybersecurity	12
2.3.5 Verandering in mobiliteit	12
Hoofdstuk 3. Uitgangspunten hinderarm renoveren, een wenkend toekomstperspectief	13
3.1 Huidige kostenverdeling onhoudbaar in de toekomst	13
3.2 Toekomstbeeld: een wenkend perspectief	13
3.2.1 Snellere uitvoering	13
3.2.2 Efficiëntere processen.....	14
3.2.3 Betere instandhouding.....	14
3.2.4 Minimale uitvoering in de tunnel.....	14
3.2.5 Bouwlogistiek heeft een volwaardige positie	15
3.2.6 Getest door getraind personeel	15
Hoofdstuk 4. De knoppen voor hinderarm renoveren	16
4.1 Modulair in tijd	16
4.2 Modulair in functies.....	17
4.3 Modulair in logistiek	17
4.4 Modulair in werk.....	17
4.5 Modulair in aanpak (van project naar programma)	18
4.6 Modulair in opbouw (systeemarchitectuur hard- en software)	18
4.7 Sectionering van installaties in de tunnel.....	18
4.8 Overdimensionering van installaties	18
4.9 Modulaire verbouwen in functies van software.....	18

Hoofdstuk 5. Projectmanagement bij hinderarm renoveren	20
5.1 Een project is meer dan de som der delen	20
5.2 Voorbereiding: vaststellen doelen van aanbesteder	20
5.3 Voorbereiding: basis op orde	20
5.4 Voorbereiding: implicaties voor organisatie tunneleigenaar	21
5.5 Contract en aanbestedingsstrategie	21
5.6 Stakeholders/omgevingsmanagement	21
5.7 Technisch management/projectbeheersing	22
5.8 De rol van bevoegd gezag	22
5.9 Integraliteit van ontwerp en technische specificaties	23
Hoofdstuk 6. Digitaal aantonen als cruciale randvoorwaarde	24
6.1 Waarom is digitaal aantonen onderdeel van het tunnelprogramma?	24
6.2 Stand van zaken	24
6.3 Technische randvoorwaarden voor digitaal aantonen	26
6.4 Digitaal aantonen in het grotere geheel	26
6.5 Wat verwachten we van de werkgroepleden?	26
6.6 Ontwikkelen definitie en begrippenkader	27
6.6.1 Wat is digitaal aantonen?	27
6.6.2 Wat is digitaal aantoonbaar niet?	27
6.6.3 Digitaal aantonen: voordelen en nadelen	27
6.6.4 Effect op stakeholders: acceptatie in de keten en relatie met bevoegd gezag	27
6.7 Best practices	27
Bijlage 1. Conceptformat voor beantwoording van de vragen*	29
Bijlage 2. Stakeholders bij renovatietrajecten	30
Bijlage 3. Voorbeeldanalyse projecten Rijkswaterstaat tot nu toe	31
B3.1 Proces en werkwijze	31
B3.2 Techniek en architectuur	31
B3.2.1 Architectuur	31
B3.2.2 Technische levensduur	32
B3.2.3 Heartbeat van het verkeer	32
B3.2.4 Interpretatieruimte	33
B3.2.5 Areaalgegevens	33
B3.2.6 Personeel	34
Bijlage 4. Leeslijst	35
Bijlage 5. Relaties met overige projecten tunnelprogramma	36
B5.1 Relatie met COB-project 'Risico's in kaart'	36
B5.2 Relatie met het project 'Van object naar systeemdenken'	36

Hoofdstuk 1. Inleiding

1.1 De tunnelrenovatie-opgave in Nederland

Nederland is een zeer verdichte delta waarbij een groot deel van de economie afhankelijk is van een goede doorstroming op het wegen- en vaarwegennetwerk. Door grootschalige aanleg met name vanaf de jaren '60 van de vorige eeuw en het intensievere gebruik zal de renovatie-opgave in de komende twintig jaar zeer groot zijn. Naar verwachting zullen tussen nu en 2030 ongeveer twintig rijks- en niet-rijkstunnels (zowel weg- als spoortunnels) grootschalig of gedeeltelijk gerenoveerd moeten worden, zie onderstaand overzicht. Ook zullen andere kunstwerken en de wegen onderhoud behoeven en heeft de minister de verwachting uitgesproken dat de filedruk de komende tijd met dertig procent zal toenemen.



1.2 Waarom zoeken naar andere oplossingen?

Naast de gevolgen van de stagnerende verkeersdoorstroming voor de economie van Nederland legt het onderhoudsprogramma een grote druk op de beschikbare resources (financiën, personeel en producten) van zowel opdrachtgevers, marktpartijen als leveranciers. De opdrachtgevers hebben niet oneindig veel geld beschikbaar en ook zal door de vergrijzing, opkomende andere technologieën en maatschappelijke vraagstukken een verdere schaarste ontstaan in kundig personeel. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de energietransitie die we in dezelfde periode moeten ondergaan.

Er zijn een aantal snelle oplossingen te bedenken; zoals uitstellen, over een langere periode uitsmeren of het uitvoeren van minder onderhoudswerkzaamheden. Een groot deel van de tunnelinstallaties is echter aan het einde van zijn levensduur gekomen of wordt binnenkort niet meer ondersteund door de betreffende leverancier (denk aan software).

Naarmate de installaties ouder worden, neemt ongeplande uitval van installaties toe. Ongeplande uitval gedurende de spits leidt tot grote opstoppingen op de ringwegen. Op 23 februari 2018 bijvoorbeeld veroorzaakte een storing in de Beneluxtunnel ernstige hinder voor de omgeving (<https://www.nrc.nl/nieuws/2018/02/23/verkeersinfarct-door-computerstoring-beneluxtunnel-a1593404>). Tevens moeten de tunnels nu en in de toekomst voldoen aan de vigerende wet- en regelgeving en Landelijke Tunnelstandaard (LTS).

1.3 Hinderarm renoveren en digitaal aantonen als mogelijke oplossingsrichting

De uitvoeringsstrategie voor een tunnelrenovatie tot nu toe was vaak 'vierkant dicht', maar die aanpak kan in veel gevallen niet meer, omdat tunnels bijna altijd vitale knooppunten in het wegen- of spoorwegennet zijn die eenvoudigweg niet gemist kunnen worden. Gevolg: grote verstoringen van de verkeersdoorstroming en economische gevolgschade die vanuit de regering en lokale politiek niet zijn uit te leggen, dus grote imagoschade en grote maatschappelijke kosten en hinder.

Met de grote opgave van Rijkswaterstaat voor de regio Rotterdam in het vooruitzicht (acht tunnels en enkele grote bruggen in de komende acht jaar), is er ook bij alle andere tunneleigenaren de druk en ambitie ontstaan om op een andere manier te gaan renoveren. We hebben gezien dat bij de renovatie van de Maastunnel gekozen is voor buis-voor-buis-renovatie om de toegankelijkheid naar het belangrijke ziekenhuis Erasmus MC in stand te houden, maar ook daar zien we een enorme impact op de beschikbaarheid en resources. Ook de stad Amsterdam is met de oprichting van de Amsterdamse Tunnelorganisatie aan het kijken hoe renovaties meer op systeemniveau en anders ingericht kunnen worden. Daarnaast worden op dit moment zes nieuwe tunnels gerealiseerd. Met dit project hopen we ook hen suggesties te kunnen meegeven, zodat zij over zifftien jaar niet dezelfde problematiek moeten ervaren.

We willen dus zoeken naar andere manieren van werken. Hinderarm renoveren kunnen we realiseren door het verder optimaliseren van processen, het versneld toepassen van bestaande innovaties, het afdwingen van nieuwe innovaties, en door het opdelen en optimaliseren van de werkzaamheden in de tunnel.

Bij hinderarm renoveren denken we aan:

- Modulair in tijd
- Modulair in functies
- Modulair in logistiek
- Modulair in aanpak
- Modulair in opbouw
- Sectionering van installaties
- Overdimensionering van installaties
- Modulair in software

Een ander belangrijke werkwijze waarmee de hinder op de tunnellocatie sterk kan worden gereduceerd, is het zoveel als mogelijk vooraf verifiëren en valideren, bij voorkeur op een andere locatie dan de tunnel. Om dit te kunnen bewerkstelligen, zullen we gebruik moeten maken van gevisualiseerde en gesimuleerde omgevingen: het digitaal aantonen in combinatie met een representatieve testomgeving.

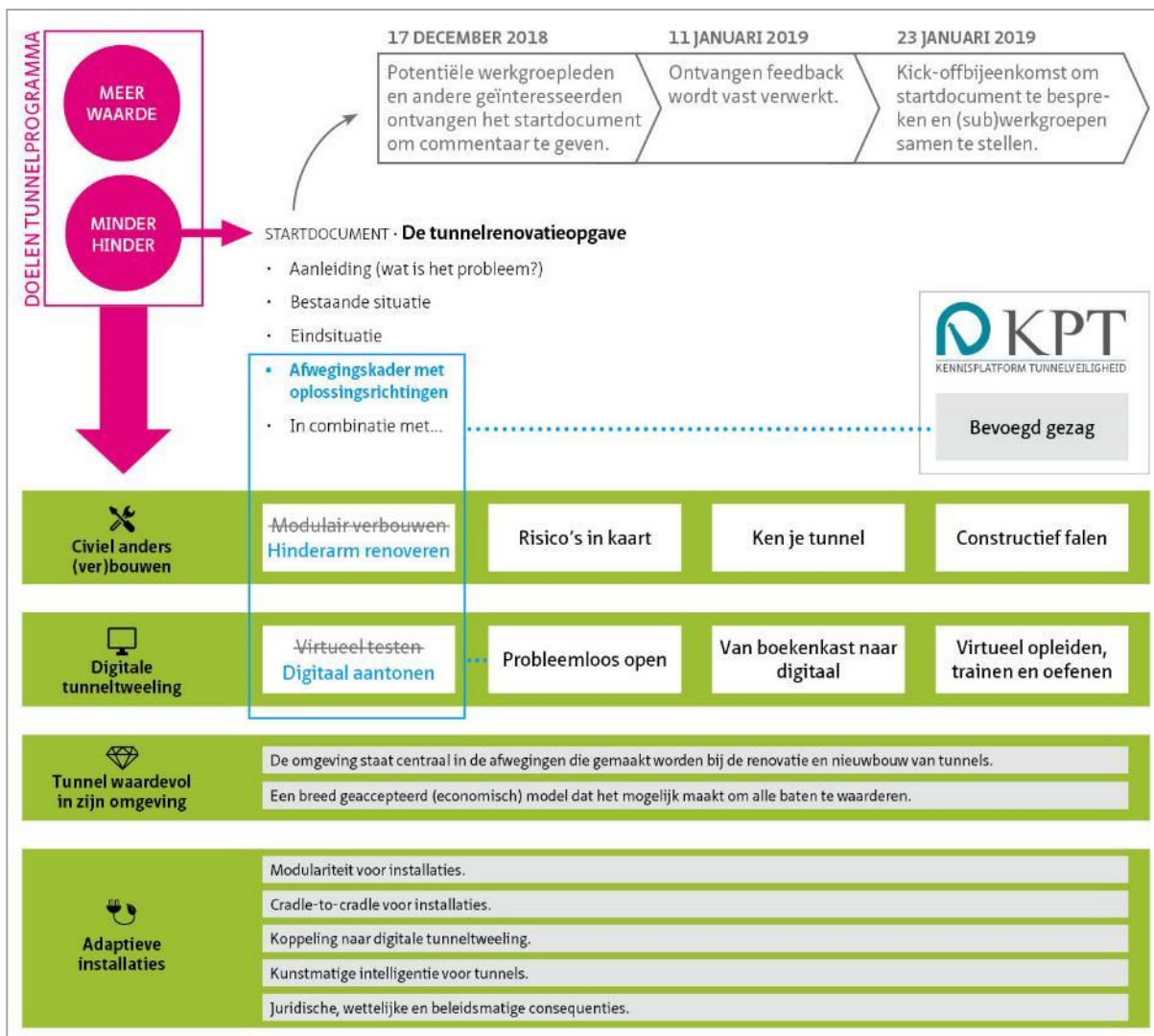
Bij digitaal aantonen denken we aan:

- 3/4/5D BIM
- Projectmanagementtooling
- Simulatietooling
- Virtuele omgeving/visualisaties
- Gaming tooling
- Kunstmatige intelligentie
- Combinaties hiervan

Zowel op het hinderarm renoveren als het digitaal aantonen wordt in de navolgende hoofdstukken dieper ingegaan.

1.4 Doelstelling betrokken COB-projecten

Binnen het tunnelprogramma van het COB wordt in verschillende werkgroepen in samenhang gewerkt aan de hoofddoelen 'Meer waarde' en 'Minder hinder', zie onderstaand schema. Het schema laat ook zien dat in de projecten 'Hinderarm rooveren' en 'Digitaal aantonen' wordt gewerkt aan de oplossingen van de renovatieopgave. Daarnaast dragen de groep 'Bevoegd gezag' vanuit het Kennisplatform Tunnelveiligheid (KPT) en het project 'Probleemloos open' bij aan de oplossingen.



Het project 'Hinderarm rooveren' gaat de volgende deliverables opleveren:

1. Welke afwegingen en scenario's zijn tot nu toe gebruikt en wat waren daarvan de voor- en nadelen? Deze best en bad practices worden gebruikt voor in het groeiboek 'Renoveren kun je leren'.
2. Een afwegingskader voor hinderarm rooveren voor alle stakeholders in de tunnelwereld. Dit afwegingskader moet zorgen voor betere keuzes waarbij een zo hoog mogelijke beschikbaarheid, een haalbaar uitvoeringsontwerp en de laagst (maatschappelijke) kosten vanuit een visie op assetmanagement genomen worden.
3. Aanbevelingen voor modulaire nieuwbouw en renovatie waarbij het onze ambitie is om uiteindelijk tachtig procent van de renovatie-opgave onderdeel te laten zijn van regulier beheer en onderhoud om daarmee te voorkomen dat we over tien jaar voor dezelfde problemen staan.

Het project ‘Digitaal aantonen’ gaat de volgende deliverables opleveren:

1. Handreiking digitaal aantonen voor tunnelprojecten, inclusief begrippenkader en voorbeelden. Dit project gaat van start vanuit de renovatie-opgave, maar heeft nadrukkelijk de opdracht om digitaal aantonen voor nieuwbouwprojecten mee te nemen.

De groep ‘Bevoegd gezag’ van het KPT richt zich op:

1. De organisatie en begeleiding van een groep bevoegde gezagen rondom modulair verbouwen, virtueel OTO en digitaal aantonen onder auspiciën van het KPT.

Het project ‘Probleemloos open’ richt zich op:

1. Het opzetten en organiseren van een werkproces om digitale instrumenten in te zetten om tunnels probleemloos open te krijgen, ook bij renovatieprojecten. Ervaringen uit dit projecten worden ingebracht in de drie bovenstaande werkgroepen.

Daarnaast worden in andere projecten binnen het tunnelprogramma gewerkt aan deelaspecten die ook relevant zijn voor renoveren: de projecten ‘Risico’s in kaart’ en ‘Van object- naar systeemdenken’. Een toelichting treft u aan in bijlage 5, maar kijk gerust rond bij alle projectpagina’s van het tunnelprogramma op de website: www.cob.nl/tunnelprogramma.

1.5 Doelstelling startdocument

Dit document is een startdocument voor de leden van de groepen ‘Hinderarm renoveren’ en ‘Digitaal aantonen’. Bovenstaande informatie is dan ook slechts bedoeld om de context in het tunnelprogramma te schetsen. Hieronder volgt een toelichting op het hoofdproduct van de werkgroep ‘Hinderarm renoveren’: het afwegingskader.

Om de lezers van dit document enig gevoel te geven bij het uiteindelijk op te leveren hoofdproduct, schetsen we in onderstaande figuur een eerste suggestie van een afwegingskader.

Aspect	Renovation policy				
	Total tunnel closure during renovation	Postponed renovation	Sequential renovation (long period)	Minimized renovation	Modulair renovation
Disturbance					
- Availability					
- Reliability	NA				
- Safety					
Exploitation					
- Maintainability	NA				
Financial					
- Project costs		NA			
- Public costs		NA			
- Maintenance costs					

Clarification quantitative markings		
Marking	Contribution to less Disturbance/Exploitation	Financial (costs)
Best	Lowest	
Good	Low	
Neutral	Neutral	
Bad	High	
Worst	Highest	

Figuur: Trade-off-model waarmee de afweging of en hoe modulair verbouwen eruit zou kunnen zien.

Om tot een afwegingskader te komen, zullen we eerst alle vormen van hinderarm renoveren en digitaal aantonen in werkpakketten verdelen, vervolgens uitwerken conform een gelijksoortig format en tot slot samenbrengen in het afwegingskader. Dat format is in dit document benoemd (zie bijlage 1) en ook denken we dat we met dit startdocument een aardig compleet beeld hebben van het aantal werkpakketten. Maar beide kunnen natuurlijk nog wijzigen naar aanleiding van commentaar in deze ronde. Tijdens de startbijeenkomst zullen beide (werkpakketten en format) vanzelfsprekend belangrijk onderwerp van gesprek zijn.

1.6 Hoe komen we tot de eindproducten?

- Stap 1 - We pellen het probleem af door eerst de redenen van renovatie te beschrijven, vervolgens de uitgangspunten van hinderarm renoveren te beschrijven plus onze visie op de toekomst te geven. Waar willen we naartoe en wat denken we dat de knoppen zijn om aan te draaien? **Dit is het startdocument dat nu voor u ligt.**
- Stap 2 - Op 23 januari 2019 zal een kick-off plaatsvinden met alle leden van zowel de groep 'Hinderarm renoveren' als de groep 'Digitaal aantonen'. Tijdens deze ochtend zal het startdocument worden vastgesteld en zullen de taken worden verdeeld in **werkpakketten voor groepjes van 4 tot max. 5 mensen**. In dit startdocument vindt u al een groot aantal 'haakjes' voor werkgroeponderwerpen, maar iedereen is vrij om ook zelf onderwerpen aan te dragen.
- Stap 3 - In de periode februari tot mei 2019 gaan de groepjes aan de slag om (per manier van hinderarm renoveren of digitaal aantonen) **antwoord te geven op de vragen zoals die nu geformuleerd zijn** in dit document. Voor het gemak is als bijlage 1 een concept-format opgenomen van die vragen en aspecten. **Tijdens de bijeenkomst in januari stellen we gezamenlijk het format vast.**
- Stap 4 - In mei/juni 2019 zullen de werkpakketdeelnemers samenkomen en elkaars resultaten reviewen. Doel is om te komen tot **twee concept-documenten waarin gerust open eindjes mogen zitten.**
- Stap 5 - In juli/augustus/september 2019 zullen de concept-documenten worden **doorgesproken met de (nog te vormen) groep Contractering** en in samenspraak met het KPT besproken worden met de groep **Bevoegd gezag.**
- Stap 6 - **Feedback van de groepen Contractering en KPT/Bevoegd gezag** komt terug bij de werkpakketleden en wordt verwerkt in september/oktober 2019.
- Stap 7 - Presentatie voorlopig **eindresultaat op COB-congres**, oplevering deliverables of oplevering versie ter review (?).

Hoofdstuk 2. Waarom renoveren?

2.1 Groot aantal redenen waarom renovaties noodzakelijk zijn

- De TTI is op het einde van zijn levensduur en civieltechnisch zijn veel tunnels op de helft van de theoretische levensduur. Ook beginnen constructies, installaties en ICT onverwacht te falen.
- Verandering in wet- en regelgeving
- Inhaalslag achterstallig onderhoud
- Standaardisatie in de bediening

En er zijn een aantal randvoorwaarden die de aanpak en uitkomst van die renovatie-opgave bepalen:

- Beperken verkeershinder
- Randvoorwaarden (voor acceptatie) vanuit bevoegd gezag
- Duurzaamheid
- Smart mobility
- Industrieel ethernet (IP-netwerken), bediening op afstand en daarmee samenhangende cybersecurity
- Veranderingen in mobiliteit

In dit hoofdstuk worden bovenstaande redenen en randvoorwaarden toegelicht. Als u nog meer wilt weten, verwijzen we u graag naar de leeswijzer achterin dit document.

2.2.1 Einde levensduur

De tunneltechnische installaties (TTI) van twintig tunnels in Nederland zijn aan vervanging toe. Door een toename van veiligheidseisen aan tunnels zijn er in de afgelopen vijftig jaar een grote hoeveelheid technische voorzieningen bijgekomen in de tunnels. Naast de bekende installaties als tunnelventilatie, pompen en verlichting, kan hier gedacht worden aan stilstandsdetectie, omroepinstallaties, camerasystemen en installaties voor een veilige vluchtweg. Vanaf begin jaren negentig zijn in de tunnels bedienings- en besturingsinstallaties (B&B) toegevoegd. Deze installaties stellen bedienaars en beheerders in staat het verkeer in de tunnel en de techniek daarin te beheersen. Een aantal van de kleinere installaties die niet meer onderhouden konden worden, zijn in de loop der jaren wel vervangen. Ook zijn installaties aangepast op de vereisten van de Europese tunnelwetgeving. Maar met name de omvangrijke en complexere (deel)installaties wachten op vervanging, zoals energievoorziening, ventilatie, bediening en besturing. De tunnels moeten hierbij gelijk op het niveau gebracht gaan worden van de Nederlandse veiligheidsvoorschriften, die verder gaan dan de Europese regelgeving. Voor de spoortunnels geldt een vergelijkbaar verhaal.

2.2.2 Halverwege levensduur

Een aantal van de tunnels is civieltechnisch op de helft van de theoretische levensduur van honderd jaar. De komende jaren moet er onderzocht te worden hoe de constructies zich handhaven en welk levensduurverlengend onderhoud er nu noodzakelijk is om de tunnels de komende dertig jaar zonder grote ingrepen te gebruiken. Belangrijke factoren hierin zijn: verzakking en zettingen als gevolg van de losse bodemstructuur in Nederland, de toename van verkeersintensiteit en het gedrag van de in het verleden toegepaste bouwmaterialen.

2.2.3 Onverwacht einde levensduur

Wat de daadwerkelijke levensduur van de tunnel en zijn deelsystemen is (zowel civiel, ICT als installaties) is meestal niet echt bekend en worden nog te vaak vlak voor of tijdens een renovatie ontdekt. De tunnels in

Nederland worden periodiek geïnspecteerd en daaruit blijkt dat de constructieve veiligheid op korte termijn geborgd is, maar het met zekerheid voorspellen van de scope van een renovatie blijkt zeer moeilijk.

2.2.4 Verandering in wetgeving

Om een einde te maken aan een discussie over de minimale en maximale veiligheidsnorm in wegtunnels is er aanvullend aan de Europese tunnelwetgeving op landelijk niveau een wet opgesteld. In deze wet is vastgelegd aan welke eisen een tunnel dient te voldoen (technisch, operationeel, beheer). Daarop aanvullend is door Rijkswaterstaat de Landelijke Tunnelstandaard (LTS) opgesteld voor tunnels in het rijkswegennet. Voldoet een tunnel aantoonbaar aan deze standaard, dan is daarmee de tunnel veilig genoeg, en kan door het bevoegd gezag de openstellingsvergunning verleend worden. De LTS is in beginsel geschreven door Rijkswaterstaat en voorgeschreven voor rijkstunnels. Daarop volgend hebben Rijkswaterstaat en de gemeenten Amsterdam en Den Haag een standaard opgesteld voor de onder hun beheer vallende tunnels.

Met ingang van 1 mei 2019 moeten alle Nederlandse wegtunnels aan de nieuwe regels voldoen. Overigens voldoen vrijwel alle Nederlandse wegtunnels op dit moment aan deze nieuwe wetgeving.

2.2.5 Achterstallig onderhoud

Hoewel Nederlandse tunnels een hoog niveau van onderhoud hebben, komt het toch voor dat deelinstallaties onverwacht uitvallen of gerenoveerd moeten worden door achterstallig onderhoud. Een voorbeeld uit België is de grote opgave van de Tunnelorganisatie Vlaanderen die in de komende tien jaar vierentwintig tunnels moet renoveren waarbij een groot deel echt niet meer voldoet aan de huidige eisen.

2.2.6 Standaardisering in bediening

Als gevolg van standaardisatie van de tunnelinstallaties, zoals beschreven in de verschillende standaarden, zijn nieuwe tunnels zeer vergelijkbaar wat betreft bediening. Oudere tunnels echter kennen nog allemaal eigen bedieningssystemen die soms sterk van elkaar verschillen. Het is vanuit meerdere oogpunten zeer wenselijk dat de bedieningssystemen van tunnels zoveel mogelijk gelijk getrokken worden:

- Het bevordert de veiligheid: in het geval van een incident of calamiteit is het zeer wenselijk dat de verkeersleider altijd dezelfde handelingen kan uitvoeren, onafhankelijk van de tunnel waarbij dit speelt.
- Het is effectiever: verkeersleiders bedienen vaak meerdere tunnels tegelijk, wat effectiever wordt als de bediening van de tunnels aan elkaar gelijk is in plaats van per tunnel verschillend.
- Het is efficiënter: het opleiden en bijscholen van verkeersleiders wordt vele malen efficiënter als zij voor een generieke manier van tunnelbediening kunnen worden opgeleid in plaats van dat zij een opleiding per tunnel moeten volgen.
- Ook toekomstige flexibiliteit is een belangrijk onderwerp in de verwachting dat de wegverkeersleiders zoals we die nu kennen in de toekomst ook hele andere toezichthoudende taken zullen krijgen. Ook dit punt kan in de werkgroep nader worden opgepakt.

2.3 Randvoorwaarden

2.3.1 Randvoorwaarden (voor acceptatie) vanuit bevoegd gezag

Vanuit eerdere verkenningen met bevoegde gezagen (BG) weten we dat het verkrijgen van acceptatie door deze belangrijke groep stakeholders de toepasbaarheid van nieuwe werkwijzen en methoden sterk kan beïnvloeden of bepalen. Dit geldt zowel voor hinderarm verbouwen als voor digitaal aantonen en digitaal oefenen. Het is dan ook cruciaal dat voor ieder van de in deze COB-werkgroepen ontwikkelde werkwijzen en methoden onderstaand kader als randvoorwaardelijk wordt meegenomen.

- Het BG moet tijdig zijn geïnformeerd over het toepassen van nieuwe werkwijzen en methoden.
- Werkwijzen en methoden moeten voorafgaand duidelijk zijn vastgelegd en afgestemd met het BG op minimaal de volgende aspecten:
 - Wat kan met deze aanpak worden bereikt (en wat niet)?
 - Welke middelen worden gebruikt en hoe komen ze overeen met de werkelijkheid (en wat kan niet?). De virtuele uitwerking moet in principe volledig overeenkomen met de werkelijkheid (visualisatie, mens-machine-interface/MMI, gebruikte instrumenten/communicatiemiddelen, enz.). Eventuele afwijkingen moeten voorafgaand duidelijk zijn aangegeven en afgestemd.
 - Tijdstippen van de toepassingen.
- Acceptatie- en afkeurpunten moeten eenduidig zijn vastgelegd. Het traject moet volledig gedocumenteerd en verifieer-, traceer- en reproduceerbaar zijn.

Na oplevering van concept-resultaten kunnen we de uitwerking via het Kennisplatform Tunnelveiligheid ter commentaar voorleggen aan de bevoegde gezagen. Daarnaast moet voor iedereen duidelijk zijn en geborgd worden dat de onafhankelijkheid en integriteit van de bevoegde gezagen en hun adviezen nooit ter discussie mogen komen te staan.

2.3.2 Duurzaamheid

De minister van IenW heeft in een brief aan de Tweede Kamer verklaard dat alle landelijke infrastructuur in 2030 energieneutraal moet zijn¹. Aangezien tunnels energieslurpers zijn, betekent dit dat een renovatie ook altijd een duurzaamheidsdoelstelling zal meekrijgen. Een energiereductie van minimaal vijftig procent kan redelijk eenvoudig bewerkstelligd worden. Hiertoe heeft het COB de 'Maatregelencatalogus energiereductie' uitgebracht die veelvuldig wordt gebruikt (zie www.cob.nl/groeiboek/energie-reductie). Voorlopig lijkt het niet waarschijnlijk dat puur gebaseerd op duurzaamheidsdoelen een tunnelrenovatie wordt opgezet, maar de politiek zou dit wel kunnen gaan eisen.

2.3.3 Smart mobility vereist toekomstbestendige inrichting van tunnels

Er is nog veel onzekerheid over de gevolgen van de 'smart mobility'-ontwikkelingen en de snelheid waarmee veranderingen zich voltrekken. Bij aanleg en renovatie van tunnels, waarbij de doorlooptijd van idee tot realisatie tien jaar of langer kan beslaan, kan de genoemde onzekerheid verlamdend werken. We kunnen met zekerheid stellen dat de tunnel die vandaag bedacht wordt bij oplevering niet meer aan de dan geldende eisen en verwachtingen zal voldoen. We weten ook dat tunnels als gevolg van automatisering steeds meer onderdeel zullen gaan uitmaken van verkeersnetwerken en -systemen. Het is nog niet duidelijk hoe de ontwikkeling van zelfrijdende auto's zal verlopen. De overgang naar overwegend elektrische auto's en de invloed hiervan op de voorzieningen in tunnels kan ook een factor van betekenis zijn. Het lijkt reëel om ervan uit te gaan dat het in de toekomst mogelijk wordt om auto's veel dichter op elkaar te laten rijden. Daardoor neemt de capaciteit van wegen toe en kunnen rijstroken smaller worden. Het is echter onbekend op welk moment dat mogelijk is. Ook is nu nog niet te voorspellen wanneer slimme in-car veiligheidssystemen de rol van de veiligheidssystemen in tunnels (gedeeltelijk) kunnen overnemen en of er nadien nog specifieke veiligheidssystemen voor tunnels nodig zijn. Een andere vraag is of systemen die voor tunnels zijn ontwikkeld in de toekomst voor integrale wegsystemen te gebruiken zijn. En biedt de snelle ontwikkeling van sensortechnologie mogelijkheden om het beheer van tunnels te optimaliseren en de beschikbaarheid te vergroten? Aangezien we de antwoorden op zulke vragen nog niet weten, lijkt het wenselijk om het hele proces rond aanleg en renovatie van tunnels zodanig in te richten dat tussentijdse aanpassing mogelijk is.

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/06/05/energie-neutrale-netwerken-in-beheer-van-rijkswaterstaat>

2.3.4 Cybersecurity

Bij een renovatie is de digitale weerbaarheid een belangrijk aandachtspunt voor alle betrokkenen. Digitale weerbaarheid ofwel cybersecurity is het streven naar het voorkomen van schade veroorzaakt door verstoring, uitval of misbruik van ICT en/of industriële automatisering (IA) en, indien er toch schade is ontstaan, het herstellen hiervan. De schade kan bestaan uit aantasting van de betrouwbaarheid, beperking van de beschikbaarheid of schending van de vertrouwelijkheid en/of de integriteit van opgeslagen informatie.

Wordt een tunnel volledig afgesloten en losgekoppeld van zijn omgeving (denk aan verkeerscentrale, het Rijkswaterstaat-netwerk, enz.) dan hebben we te maken met een duidelijke en eenduidige situatie. Bij modulair verbouwen hebben we met betrekking tot cybersecurity te maken met een continu wisselend beeld, zoals wisselende locaties, wisselende ontwikkel- en operationele systemen, deels oude en nieuwe interfaces, om nog maar te zwijgen over de hoeveelheid betrokken partijen. Op elk moment en in elke situatie moet de digitale weerbaarheid zijn aangetoond en geborgd. Denk daarbij niet alleen aan de IA-systemen, maar ook aan toegang tot ruimten en locaties, ingezet personeel en ontwikkelsystemen, waar en op welke wijze data is opgeslagen (ook tijdens de ontwikkeling).

Ondanks de grote invloed in alle fases van een renovatie, wordt cybersecurity in de werkgroep 'Hinderarm renoveren' als randvoorwaarde gezien. De uitwerking van de digitale weerbaarheid vindt plaats binnen de COB-werkgroep 'Cybersecurity', zie www.cob.nl/cybersecurity.

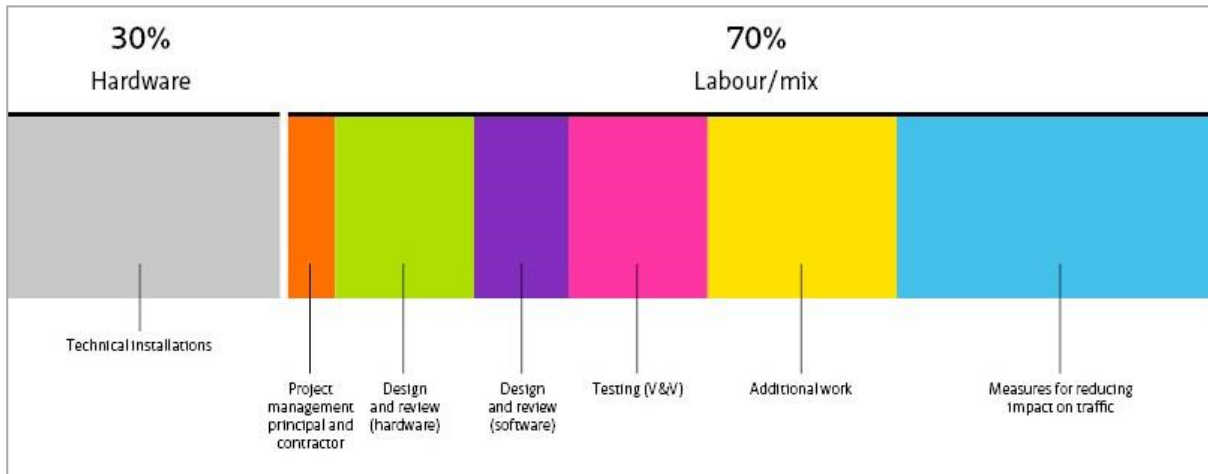
2.3.5 Verandering in mobiliteit

De bevolkingsgroei in de steden zal tot een navenante groei van de mobiliteit leiden en het aandeel elektrische en andersoortig aangedreven voertuigen zal groeien (bron: Langetermijnvisie op tunnels, COB). Voor tunnels heeft dit belangrijke consequenties die de ontwerp- en renovatie-opgave van tunnels veranderen:

- Veiligheidsopgaven veranderen.
Nieuwe brandstoffen en transportvormen zorgen voor extra veiligheidsopgaven. Niet alleen in de tunnels, maar binnen het hele stedelijke systeem. Het gaat niet meer om tunnelveiligheid, maar om integrale veiligheid binnen de stad.
- Bouwen op en naast tunnels en meervoudig benutten van de (onder)grond wordt de trend.
De ruimte naast en op wegen is bijna de enige plek waar een stad kan groeien, dat vraagt om slim meervoudig ruimtegebruik en slim integraal ontwerpen van een tunnel in zijn omgeving. In steden ontstaat extra mobiliteitsdruk doordat een relatief groot deel van de vervoerstijd binnen steden plaatsvindt. Van alle autokilometers in Nederland wordt 21% binnen de bebouwde kom gereden, terwijl van de totale reistijd 39% binnen de bebouwde kom wordt besteed. Mobiliteit en verstedelijking zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Los van de autonome groei van de automobilititeit is er bovendien sprake van toename van kleinschalig goederenvervoer doordat er steeds meer aankopen via internet worden gedaan. Vooral in steden leidt die toename tot extra congestie, CO₂-uitstoot en fijnstofproblematiek. Het beter benutten van de ondergrond en het benutten van de ruimte op (snel-)wegen zal noodzakelijk zijn om de steden leefbaar en economisch gezond te krijgen en te houden.

Hoofdstuk 3. Uitgangspunten hinderarm renoveren, een wenkend toekomstperspectief

3.1 Huidige kostenverdeling onhoudbaar in de toekomst



Bovenstaand schema toont het uitgangspunt voor hinderarm renoveren. De balk toont procentueel de verdeling van kosten per tunnelrenovatie. Als we twintig tunnels in tien jaar moeten renoveren is die opgave eenvoudigweg te groot is voor de beschikbare tijd, geld en resources. Het totale bedrag moet dus omlaag. Maar daarnaast, en nog belangrijker, de verhoudingen lijken zoek. Slechts dertig procent van de resources is voor de aankoop van materialen (zowel technische installaties als software als civiel). De overige zeventig procent van het budget is nodig voor overige zaken, en die verhouding klopt niet. We gaan in het COB-project op zoek naar de knoppen om aan te draaien. Het is belangrijk om kennis en ervaringen te delen, met elkaar daarop te reflecteren en verstandige afwegingen te maken. Rijkswaterstaat heeft al een eerste analyse gemaakt van mogelijke oorzaken van de disbalans. U vindt deze in bijlage 3 en in hoofdstuk 4.

3.2 Toekomstbeeld: een wenkend perspectief

Het beeld van het COB: in de toekomst zijn we in staat een maatschappelijk aanvaardbaar, met efficiënt gebruik van de beschikbare resources, te renoveren op een manier die de minste hinder en de meeste waarde oplevert. De manier waarop tunnels zijn ingericht na renovatie maakt deze tunnels geschikt voor een van de hoofddoelstellingen uit het tunnelprogramma: tachtig procent van de nu gebruikelijke renovatie-opgave verschuift naar gewoon beheer en onderhoud. Belangrijk aandachtspunt daarbij is de inrichting van de nieuwbouwtunnels die nu in uitvoering zijn. De resultaten uit dit COB-project zouden daarin moeten worden meegenomen, zodat ook zij over vijftien jaar niet tegen hetzelfde dilemma aanlopen.

3.2.1 Snellere uitvoering

In uitvoering zal de tijdsduur van ombouw van oud naar nieuw (migratie) en de noodzakelijke verkeershinder hiervoor worden beperkt door:

- een (deels virtuele) testomgeving toe te passen waarin systemen, software en onderlinge samenhang getest kunnen worden buiten de actuele tunnelomgeving;
- in de te renoveren tunnel de te vervangen installaties op te bouwen zonder afhankelijkheid van het operationele proces (tunnel blijft open);

- de systemen voor de huidige renovatie-opgave zodanig te ontwerpen dat er een minimum aan werkzaamheden in de tunnelbuizen zelf uitgevoerd dient te worden bij het vervangen en onderhouden van de componenten nu en in de verdere toekomst.

3.2.2 Efficiëntere processen

De processen die leiden tot een opengestelde tunnel en het beheer kunnen met minder mensen en betere kwaliteit worden uitgevoerd door:

- ontwerpdocumentatie te uniformeren, zodat ontwerpproducten herbruikbaar worden in andere projecten;
- testprotocollen meer toe te spitsen op het functionele gebruik (koppelvlakken);
- onderhoudsinstructies uniform op te bouwen;
- geüniformeerde tooling in te zetten voor bovenstaande aspecten.

Overigens verwachten we dat bovengenoemde punten nog zeker niet volledig zijn en ook verder uitgediept moeten worden. We dagen werkgroepleden die zich voor dit punt interesseren en/of zich hier misschien al mee bezig houden, uit dit verder uit te werken.

3.2.3 Betere instandhouding

De tunnels zullen voor de beheerder beter in stand gehouden kunnen worden door:

- toepassing van uniforme tooling voor ontwerp die wordt overgedragen voor beheer en onderhoud en voor areaalgegevens;
- vanwege de modulaire opbouw in staat te zijn installaties op die momenten te vervangen waarop het echt nodig is met beperkte inzet van mensen en middelen;
- de mogelijkheid bij noodzakelijke vervanging van individuele systemen gebruik te kunnen maken van kleinschaliger projectteams of reguliere onderhoudscontracten;
- dat de impact in het tunnelsysteem afgebakend en testbaar is, waardoor een vervanging met beperkte kosten en risico's uitvoerbaar is;
- dat op basis van een afwegingskader bewust gekozen kan worden tussen losse vervangingen van modules, het clusteren van enkele modules of een volledige renovatie.

3.2.4 Minimale uitvoering in de tunnel

Door de technische realisatie van de systemen zodanig te ontwerpen dat er een minimum aan werkzaamheden in de tunnelbuizen zelf uitgevoerd dient te worden bij het vervangen van de componenten, blijft verkeershinder beperkt. Om dit te realiseren:

- zijn de installaties volgens een gestandaardiseerde architectuur, modulariteit en hiërarchie opgebouwd;
- zijn installaties zo ontworpen dat ze als zelfstandige modules gebouwd, getest en opgeleverd kunnen worden;
- zijn modules op functionele werking en op (technisch) interfaceniveau uniform gebouwd, waardoor integratie in het tunnelsysteem eenvoudig uitgevoerd kan worden;
- wordt software eveneens modulair opgebouwd, gebaseerd op de functies die de tunnel dient te realiseren;
- worden uniforme programmeertools en gecertificeerde compilers (mogelijk automatisch gegenereerde software) toegepast die i.c.m. geautomatiseerde testtools ervoor zorgen dat tunnelsoftware uniform en met hoge kwaliteit gerealiseerd wordt;
- is door de modulaire opbouw integraliteit van het tunnelsysteem geborgd bij het vervangen van individuele deelinstallaties/modules.

3.2.5 Bouwlogistiek heeft een volwaardige positie

Succesvolle renovatieprojecten lijken een belangrijk deel van hun succes te danken te hebben aan een zeer gedetailleerde en planmatige voorbereiding waarbij modulariteit vanuit het perspectief van uitvoerbaarheid (zowel in tijd, plaats als personen) uitgebreid is onderzocht, getest en is voorzien van voldoende ruimte voor onverwachte zaken.

3.2.6 Getest door getraind personeel

Alle nieuwe systemen zijn getest met op voorhand getraind personeel en hierdoor:

- is het in de toekomst mogelijk de vervangingen uit te voeren op het moment dat de betreffende installatie daadwerkelijk aan het einde van zijn technische levensduur is;
- is gebruikmakend van de modulariteit en de beschikbare (test)middelen een vervanging zonder noemenswaardige verkeershinder uit te voeren door parallel opbouw;
- is het vanwege de modulaire opbouw en mogelijkheid tot testen (virtual reality) ook eenvoudiger om nieuwe ontwikkelingen (e.g. smart mobility) of nieuwe regelgeving te introduceren.

Mocht u meer willen weten over de achtergronden van bovengenoemde 'visie op de toekomst', dan verwijzen wij graag naar de leeswijzer achterin dit document. Hierin treft u onder andere de documenten over de renovatie van de Velsertunnel, de evaluatie van VIT2 en het groeiboek 'Renoveren kun je leren'.

Hoofdstuk 4. De knoppen voor hinderarm renoveren

Hinderarm renoveren is niet alleen een technische uitdaging, maar bevat zeker ook procesmatige, organisatorische en contractuele uitdagingen. In het COB-project willen we naar al deze aspecten kijken en suggesties voor verbeteringen, plannen van aanpak en werkwijzers opnemen. Wij geloven dat voor ieder van deze aspecten 'knoppen om aan te draaien' te vinden zijn die het mogelijk maken tot verbeteringen te komen. In dit startdocument beschrijven we de nu al bekende 'knoppen' en nodigen we de deelnemers van het COB-project 'Hinderarm renoveren' van harte uit zowel de aantallen knoppen als de verbetermaatregelen toe te voegen en te beschrijven.

Wij geloven dat een belangrijke oplossingsrichting voor hinderarm renoveren zit in het modulair verbouwen. Van de COB-groep verwachten we dat zij voor ieder van de hieronder beschreven vormen van modulariteit komen tot:

1. Een definitie
2. Wat zijn hiervan de voordelen?
3. Wat zijn hiervan de nadelen?
4. BTO-keuzes (bouwkundig, technisch en organisatorisch)
5. Omgevingsmanagement/verkeersmaatregelen
6. Wat is het effect op de verschillende stakeholders?
7. Zijn er alternatieven?
8. Wat kunnen we leren van anderen (good practices/bad practices)?

Zie concept-format in bijlage 1.

In dit startdocument beschrijven we de ons nu bekende vormen van hinderarm renoveren c.q. modulair verbouwen. De leden van de COB-groep worden van harte uitgenodigd nieuwe vormen toe te voegen. In dit hoofdstuk beschrijven we de vormen van modulariteit die wij nu zien:

- Modulair in tijd
- Modulair in functies
- Modulair in logistiek
- Modulair in werk
- Modulair in aanpak (van projectsturing naar programmasturing, zoals o.a. in Amsterdam)
- Modulair in opbouw (systeemarchitectuur en software)
- Sectionering van installaties in de tunnel
- Overdimensionering van installaties
- Modulair verbouwen in functies van software

4.1 Modulair in tijd

Bij het vraagstuk van het hinderarm renoveren is het ook van belang om te kijken hoe het hinderarm renoveren in de tijd zo efficiënt mogelijk kan worden vormgegeven. Hierbij kunnen verschillende scenario's tegen het licht worden gehouden, waaronder de volgende:

- De mogelijkheid om een deel van de verbouwing parallel te laten plaatsvinden terwijl de tunnel volledig in operatie is en de voorzieningen en randvoorwaarden die hiervoor nodig zijn. Onderdeel hiervan vormen de werkzaamheden die vanuit de dienstgebouwen en het middentunnelkanaal kunnen plaatsvinden.
- De mogelijkheden om werkzaamheden uit te voeren terwijl de tunnel gedeeltelijk in operatie is en de wijze waarop hier invulling aan kan worden gegeven.

- Een analyse van de momenten in de tijd die zich het beste lenen voor de uitvoering van de verbouwwerkzaamheden waarbij het uitgangspunt is dat de hinder voor het verkeer tot een minimum wordt beperkt. Hierbij ligt het voor de hand om aan nacht- en weekendafsluitingen te denken, maar mogelijk zijn er specifieke perioden gedurende de dag of gedurende het jaar waarin de verkeersintensiteit lager ligt waardoor een periodieke of zelfs een reguliere afsluiting mogelijk is, de ‘heartbeat’ van het verkeer volgend (zie bijlage 3).
- De effecten van hinderarme modulaire verbouwing op de totale doorlooptijd van de verbouwing van een tunnel, zodat weloverwogen kan worden besloten wat de beste aanpak is.
- Een analyse van de mogelijkheden om een langere levensduur van een tunnel en de systemen in de tunnel te realiseren, waardoor het aantal benodigde renovaties in de tijd wordt beperkt.
- Vervangingen van systemen hoeven niet per se allemaal tegelijk uitgevoerd te worden in een grote renovatie. Bij een juist ontwerp zouden installaties ook binnen normaal onderhoud uitgevoerd kunnen worden op tijdstippen dat een installatie er aan toe is. Zie ook bijlage 3, waarin de heartbeat van de tunnel wordt toegelicht.
- Verdelen van werkzaamheden overdag, in de nachten en de weekenden.
- Meer gebruik maken van vooraf in de fabriek of montagehal samengestelde onderdelen (voor-assemblage) zodat een kortere montagetijd in het veld bereikt kan worden. Kijk hierbij bijvoorbeeld naar de rail- en vliegtuigbouw en maak zoveel mogelijk gebruik van stekerbare verbindingen. Dit verlaagt de kosten bij vervanging van defecte componenten.

4.2 Modulair in functies

Een groot deel van de systemen en installaties in tunnels is bedoeld om veilig gebruik van de tunnel mogelijk te maken. Dit betekent dat het verbouwwingsvraagstuk ook direct de vraag opwerpt welke functionaliteiten in de tunnel minimaal gehandhaafd dienen te worden om veilig gebruik van de tunnel te garanderen.

Bij modulair in functies kan ook worden gedacht aan de mogelijkheid om bepaalde (veiligheids)functies gedurende de renovatieperiode op een andere manier in te vullen, bv. met alternatieve voorzieningen of extra toezicht. Uiteraard zijn dit zaken die vooraf grondig met de betrokken stakeholders, zoals het bevoegd gezag, moeten zijn besproken en overeengekomen. Maar ook het kijken naar alternatieven van bestaande systeemfuncties moet tot de mogelijkheden behoren. Voorbeeld hiervan is het plaatsen naar radarsystemen langs de weg i.p.v. SOS/SDS- systemen die in het asfalt moeten worden aangebracht.

4.3 Modulair in logistiek

Afsluiten van een tunnel kan maar voor korte perioden waarin vaak veel werk moet worden uitgevoerd. Tijdsdruk van werk geeft ook spanningen op de werkomstandigheden. Op welke wijze kan het strak en veilig inplannen van werkzaamheden bijdragen aan hinderarm renoveren? Te denken valt aan:

- Benodigde verkeersmaatregelen en werkplekbeveiliging.
- Materiaal aanvoer.
- Werkstromen/parallele ombouw.
- Aantal mensen in de tunnel.

4.4 Modulair in werk

Een renovatie kan worden opgedeeld in werkzaamheden die gebaseerd zijn op, bijvoorbeeld, pragmatisme. Zo kiest de Tunnelorganisatie Vlaanderen ervoor om eerst alle tunnels te renoveren gericht op zelfredzaamheid, en heeft de Oostenrijkse tunnelorganisatie gekozen om eerst alle dienstgebouwen in een apart project te vernieuwen en te vergroten en daarmee geschikt te maken voor parallele ombouw van de tunnel.

4.5 Modulair in aanpak (van project naar programma)

Vanuit een regiovisie of doordat er meerdere renovaties tegelijk spelen, kan gekozen worden voor een programmatische aanpak. Dit geeft mogelijkheden in contractering (bijvoorbeeld alle ventilatiesystemen aanbesteden en laten uitvoeren door een bedrijf) en standaardisering.

4.6 Modulair in opbouw (systeemarchitectuur hard- en software)

Een gedetailleerde uitwerking van de modulaire systeemarchitectuur van de hard- en software met een exacte beschrijving van de koppelvlakken/interfaces in informatie en het gedrag van deze koppelvlakken/interfaces is essentieel om in de toekomst modulair te kunnen (ver)bouwen. Omdat de werkgroep zich specifiek gaat richten op de geplande tunnelrenovaties en deze ontwikkeling momenteel plaatsvindt bij Rijkswaterstaat-CIV, blijft dit aspect verder buiten beschouwing.

4.7 Sectionering van installaties in de tunnel

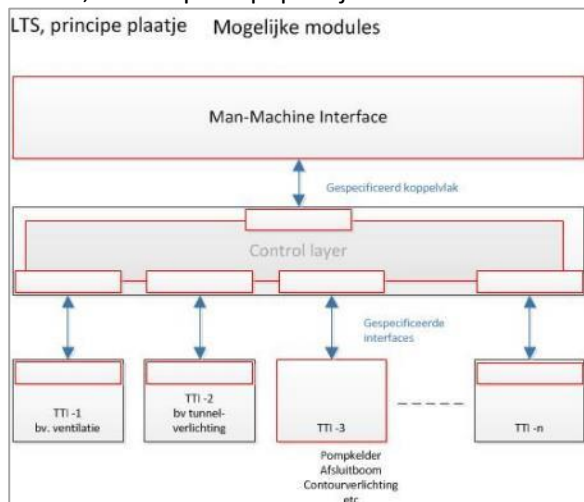
Bepaal eerst de afmetingen van een ‘standaard’ tunnelsectie waarbij de tunnelnooduitgang het middelpunt is en engineer daaromheen de benodigde veiligheidsfuncties. Hierdoor kunnen zowel hardware- als softwarefuncties eenvoudiger worden geëngineerd, gebouwd, getest en inbedrijfgesteld. Bij een volgende migratie kunnen secties om en om tijdelijk worden uitgeschakeld waarbij (een deel van) de functionaliteit gewaarborgd blijft. Daarnaast kan een aanpassing van de functie (hard- en softwarematig) eenvoudig worden ontwikkeld, aangetoond en vervolgens gevalideerd en geverifieerd worden uitgerold in de tunnel(s).

4.8 Overdimensionering van installaties

Voor een aantal installaties kan gelden dat bij het ontwerpen en realiseren keuzes gemaakt worden die een toekomstige renovatie of vervanging makkelijker maken. Te denken valt aan het aanbrengen van extra groepen in de energievoorziening waardoor nieuwe installaties parallel opgebouwd kunnen worden, het aanbrengen van extra kabelvoorzieningen, extra ruimte in technische ruimten of het aanbrengen van kabelgoten om te voorkomen dat er telkens weer graafwerk verricht moet worden.

4.9 Modulaire verbouwen in functies van software

Deze mogelijkheid vraagt om een nadere beschouwing van de software-systeemarchitectuur op basis van de LTS, zie het principeplaatje hieronder:



Om een modulaire uitwisseling van software te kunnen faciliteren, dienen in ieder geval de volgende aspecten in ogenschouw te worden genomen:

- Strikte scheiding van de platformen waarop de man-machine-interface, de control layer en de logische functievullers (LFV's) zijn uitgevoerd.
- Uitwisselbaarheid van een van de softwarelagen zonder dat de andere lagen hier hinder van ondervinden.
- Modulaire opbouw van LFV's waarbij de LFV Besturing, LFV Autonome logica en de LFV Hardware per LFV gescheiden worden opgebouwd.
- Een modulaire testomgeving waarin het mogelijk is om individuele lagen uit te wisselen en door te testen.

Hoofdstuk 5. Projectmanagement bij hinderarm renoveren

5.1 Een project is meer dan de som der delen

Het ervoor zorgen dat alle aspecten van hinderarm renoveren worden gewogen en gemanaged valt onder de verantwoordelijkheid van het algemeen projectmanagementteam. Hoewel het niet tot de verantwoordelijkheid van de COB-projectleden behoort om dit uitvoerig uit te werken, is het wel belangrijk om de effecten (kansen en bedreigingen) en raakvlakken te benoemen vanuit het perspectief van algemeen projectmanagement. Dit zal een van de taken worden van de COB-werkgroepleden in 'Hinderarm renoveren' en in 'Digitaal aantonen':

Als een oplossingsrichting wordt uitgewerkt, moeten de volgende aspecten worden meegenomen:

- Wat zijn de kansen en bedreigingen vanuit het perspectief van algemeen projectmanagement, contractmanagement, omgevingsmanagement, projectbeheersing, technisch management en systeemintegratie?
- Wat zijn de belangen van de stakeholders? Is genoemde oplossing voor hen positief, negatief, of roept het dilemma's op (en zo ja welke dan)
- Specifiek: wat is het belang van en de visie op deze oplossing vanuit het perspectief van bevoegd gezag?
- Specifiek: wat zijn de effecten en benodigde randvoorwaarden vanuit contracteringsperspectief?

5.2 Voorbereiding: vaststellen doelen van aanbesteder

Het vaststellen van de doelen verschilt per aanbesteder. Het vaststellen van een doel is één ding, het vasthouden tot het eind is een ander. Het op te leveren afwegingskader zou het vaststellen van de doelen van de aanbesteder moeten ondersteunen:

- Beoogd gebruik van het systeem, benodigde beschikbaarheid en betrouwbaarheid in de eindsituatie.
- Toegestane hinder tijdens renovatie.
- Benodigde mate van uniformiteit in de bediening. Bediening voor één object, of vanuit één centrale of alle tunnels op dezelfde centrale.
- Onderhoudbaarheid: moet het vervangen van 3B mogelijk zijn zonder hardware-aanpassingen? Moet hardware vervangen kunnen worden zonder 3B-aanpassingen?
- Mate van 'toekomstflexibel': hoe kijken we naar het onderhoud en de renovatie over vijftien jaar? Renoveren met of zonder grote stremming?
- In welke mate is platform (on)afhankelijkheid en leveranciers (on)afhankelijkheid toegestaan?
- Wat doe ik zelf en kan ik zelf als assetmanager en projectorganisatie en wat laat ik aan de markt?

5.3 Voorbereiding: basis op orde

Een renovatieproject heeft als top risico: verrassingen tijdens de uitvoering over de staat van het areaal. Dit wordt opgepakt in andere projecten binnen het COB-tunnelprogramma:

- Het project 'Risico's in kaart' – www.cob.nl/risicosinkkaart
- Het project 'Constructief falen' – www.cob.nl/constructieffalen
- Het project 'Ken je tunnel' – www.cob.nl/kenjetunnel
- Het project 'Van boekenkast naar digitaal' – www.cob.nl/boekenkastdigitaal

Daarnaast richt het project 'Van realisatie naar exploitatie' specifiek op de afstemming tussen de ontwerp/bouwfase en het beheer/onderhoud (zie www.cob.nl/realisatieexploitatie).

5.4 Voorbereiding: implicaties voor organisatie tunneleigenaar

De eigen organisatie moet in staat zijn om de ambities en de doelstellingen waar te maken. Het kiezen voor een bepaalde koers is mogelijk dankzij kennis en kunde in de eigen organisatie, of de keuze leidt tot een aanpassing van de eigen organisatie.

- Welke verantwoordelijkheid voor ontwerp en systeemintegratie kan en wil aanbesteder zelf dragen? Wat is de consequentie van deze keuze voor voorbereiding, uitvoeringsfase en beheerfase?
- Keuze voor doelen heeft impact op de organisatie van project en van assetmanager.
- Waartoe is de eigen organisatie in staat?
- Welke mensen zijn aanvullend nodig?

5.5 Contract en aanbestedingsstrategie

Een contract dat goed past bij de doelstelling werkt als katalysator vanwege de juiste prikkel. Een contract dat niet past, werkt belemmerend en frustrerend. En in alle gevallen is samenwerking tussen partijen van essentieel belang.

Het voorstel is om dit aspect onder te brengen bij een specifieke groep die (volgtijdelijk?) de resultaten van zowel de groep 'Hinderarm renoveren' als 'Digitaal aantonen' reviewt en kijkt naar onderstaande vraagstukken. Te denken valt aan deelnemers zoals Cynthia Sewbalak (juriste gemeente Den Haag) Liesbeth Schippers (landsadvocate), Paul Janssen (directeur Rotterdamsebaan) en iemand van PIANO.

- Contractvorm kiezen die de doelstelling ondersteunt. Als er iets fundamenteel nieuws gedaan moet worden, zoals het toepassen van modules/bouwblokken, past geen DBFM.
- Vormen en duur: dienstencontract, E&C, D&C, DBM, DBFM, DBFMO, alliantie, bouwteam. Welke vorm past bij welke doelstelling?
- Prikkel in een contract, aanbesteder krijgt wat hij vraagt, functie van EMVI, prijs versus kwaliteit (BPKV): prikkels op hinder en technische kwaliteit waar de aanbesteder serieus geld voor over heeft leiden meestal tot een vruchtbare bodem voor nieuwe ontwikkelingen en innovaties. Zeker als er een wisselwerking ontstaat tussen minder hinder en slimme oplossingen in de uitvoering.
- Hoe om te gaan met nevenopdrachtnemers, directieverleveringen, inbedding daarvan in modulaire contracten. Dit hangt zeer sterk samen met de verantwoordelijkheid die de opdrachtnemer heeft voor een werkend systeem. Als opdrachtnemer verantwoordelijk is voor een werkend systeem, is het ook belangrijk dat de opdrachtnemer de gelegenheid heeft om de bouwblokken 'in te bedden', bij voorkeur om als onderaannemer in het team te participeren. Als opdrachtgever deze verantwoordelijkheid zelf houdt, kan iedere partij zijn eigen klus uitvoeren, maar vraagt dit van de opdrachtgever een zeer sterk stuur op een werkend systeem.
- Relatie modulaire renovatie met bestaand onderhoudscontract: dit wordt wel fundamenteel anders. Logisch is om de M-component ook opnieuw aan te besteden of in de renovatie-opgave te integreren.
- Onderhoudscontract passend bij modulaire tunnel: langere contractduur in combinatie met een beschikbaarheidsvergoeding prikkelt optimalisatie van renovatie-inspanning.

5.6 Stakeholders/omgevingsmanagement

Voor ieder project geldt dat er een groot aantal partijen bij betrokken is, allemaal met hun eigen taken, belangen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden; de stakeholders. En hoewel alle partijen 'in the end' hetzelfde einddoel hebben, namelijk een optimaal veilige en beschikbare tunnel, lopen de belangen tijdens het project vaak sterk uiteen. Om een project succesvol te kunnen afronden, is het dus zaak om, naast het goed beheersen van alle technische aspecten, ook deze stakeholderkant van het project goed te

organiseren en te beheersen. En dat is alleen mogelijk door de eerder genoemde taken, belangen, verantwoordelijkheden en bevoegdheden van iedere stakeholder goed te kennen, te respecteren en te organiseren. In het IPM-model is dit een van de belangrijke taken van de omgevingsmanager.

Binnen een project kan een onderscheid worden gemaakt tussen interne en externe stakeholders. Interne stakeholders staan zeer dicht bij het project en/of zijn onderdeel van een van de contractpartners. Externe stakeholders zijn partijen die buiten de direct betrokken partijen staan, maar via andere verantwoordelijkheden of verplichtingen bij het project betrokken zijn. Als bijlage 2 treft u een lijst aan van de verschillende stakeholderrollen in een tunnelrenovatieproject.

Wij vragen de leden van de COB-groepen om bij ieder aspect van modulariteit of digitaal aantonen de 'bril' van ieder van de stakeholders op te zetten en te beschrijven of de 'oplossing' voor deze stakeholder positief, negatief of als dilemma neergezet moet worden.

5.7 Technisch management/projectbeheersing

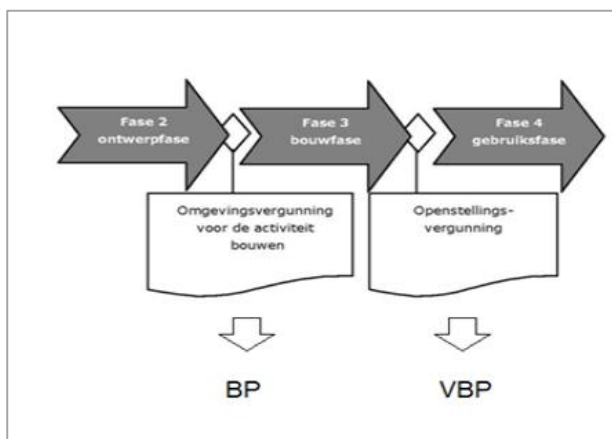
Bij het hinderarm renoveren van tunnels is het van belang om onderscheid te maken tussen de werkzaamheden van de verschillende deelgebieden (civiel, installaties, ICT: besturingssysteem, datanetwerken) die bij de renovatie dienen plaats te vinden omdat deze (mogelijk) per deelgebied een andere aanpak vereisen. Het technisch management moet echter te allen tijde de integraliteit van het te bouwen/renoveren object bewaken. De volgende aspecten dienen hierbij te worden beschouwd:

- Analyse van de aard van de civiele werkzaamheden die in en rond een tunnel dienen plaats te vinden en de mogelijkheden die er zijn om deze hinderarm uit te voeren.
- Analyse van de werkzaamheden aan de installaties en de ICT (zie paragrafen 2.3.1 en 2.3.2).
- Raakvlakken tussen en volgorde van de werkzaamheden van de verschillende deelgebieden.
- Analyse van mogelijke en wellicht noodzakelijke aanpassingen aan een van de deelgebieden die de renovatiewerkzaamheden van een ander deelgebied nu en in de toekomst beter kunnen faciliteren.

5.8 De rol van bevoegd gezag

Bij de renovaties zal vrijwel zeker gebruik worden gemaakt van een combinatie van in dit document genoemde oplossingen. Maar welke oplossingen ook worden gekozen, tijdens de renovatie zal, om te voorkomen dat openstellingsvergunning wordt ingetrokken en pas bij oplevering de nieuwe openstellingsvergunning wordt verstrekt, voldaan moeten worden aan de randvoorwaarden van het bevoegd gezag.

De situatie bij een renovatie-aanpak waarbij de tunnel geheel wordt afgesloten voor het verkeer tot aan de oplevering is vanuit bevoegd gezag gezien redelijk duidelijk, zie de figuur hieronder. Indien de tunnel echter niet geheel dichtgaat tot de eindsituatie (oplevering), betekent dit faseren van de werkzaamheden. Ook het invoeren van digitaal aantonen is een proces waarbij de acceptatie door het bevoegd gezag cruciaal is. Het bevoegd gezag kan dan het standpunt innemen dat bij iedere wezenlijke wijziging een nieuwe aanvraag voor openstelling moet plaatsvinden. Het is daarom noodzakelijk de voorwaarden van het bevoegd gezag voor acceptatie van de gekozen aanpak mee te nemen in het proces.



Figuur: Tunnel afgesloten tijdens renovatie, geeft drie fases en twee besluitmomenten

Zoals in paragraaf 1.4 is uitgelegd, realiseert het COB-netwerk zich het grote belang van draagvlak bij bevoegd gezag. Daarom zal onder auspiciën van het KPT zowel op bestuurlijk als op ambtelijk niveau een verbinding gelegd worden, zodat de (tussenresultaten) van de COB-groepen ‘Hinderarm renoveren’ en ‘Digitaal aantonen’ met de bevoegde gezagen kunnen worden verkend en besproken.

5.9 Integraliteit van ontwerp en technische specificaties

Het belang van integraliteit: opleveren van een werkend geheel, niet het wiel op ieder project opnieuw uitvinden met de zekerheid dat in ieder project een andere afweging gemaakt wordt, verkorten van ontwerptijd, verkorten van risico's op tijd en kostenoverschrijding, daarmee ook aantrekkelijk voor de marktpartijen. Integraliteit van technische specificaties betekent feitelijk dat er bij de opdrachtgever een integraal eisenpakket wordt opgesteld op het niveau van de diepgang van de uitvraag om te verifiëren of er een ontwerp gemaakt kan worden dat aan alle eisen voldoet.

- Uitwerkingsniveau van specificaties moet passend zijn op de doelstelling van aanbesteder. Deze bepaalt mate en diepgang van functionele specificatie en van technische specificatie. Bijvoorbeeld: als alle tunnels uit één centrale bediend moeten kunnen worden en de bediening uniform moet zijn, dan is een volledig functioneel ontwerp en een MMI-ontwerp nodig. Als een LFV of een bouwblok ‘plug-and-play’ gerenoveerd moet kunnen worden, vraagt dit naast functionele ook technische en contractuele randvoorwaarden. Ander voorbeeld: als er een tunnel lokaal bediend kan worden die ook bij renovatie (deels) gestremd kan worden, is er geen voorschrift nodig.
- Differentiatie van uitwerkingsniveau op uitvraag MMI/3B/LFV's/civiel; ook weer afhankelijk van de doelstellingen. Principe is ‘overal waar een bedienaar aan zit’ het uitwerkingsniveau meer in detail specificeren.
- Inbedden van standards in de uitvraag (LTS, ATS, HTS, cybersecurity, basisspecificaties, voorgeschreven bouwstenen). Hoe meer standaardisering gewenst is, hoe meer ook de standards met elkaar in lijn gebracht moeten worden om mogelijke tegenstellingen en projecten niet te dwingen tot keuzes op functionaliteit of technische kaders voor raakvlakken tussen modules.
- Integraliteit in technische specificaties TTI, mede afhankelijk van gekozen uitwerkingsniveau. Verwerken van RAMS, CE, cybersecurity, bouwbaarheid, testbaarheid, onderhoudbaarheid, vervangbaarheid, opleiden, trainen en oefenen; zie redenering bij voorgaand punt.
- Specificeren is ook ontwerpen; verificatie en validatie door opdrachtgever moet passend zijn bij mate van diepgang. Hier is dan ook een relatie met de digitale tunneltweeling. Ook de uitvraag moet aantoonbaar veilig zijn en voldoen aan de wensen van de gebruiker.

Hoofdstuk 6. Digitaal aantonen als cruciale randvoorwaarde

Bij de start van het tunnelprogramma is het project ‘Virtueel testen’ benoemd. Omdat deze titel een begrip is dat volgens de schrijfgroep de lading niet dekt, hebben we gekozen voor een naamsverandering en heet dit project voortaan ‘Digitaal aantonen’.

Dit startdocument is ontwikkeld voor alle leden van beide groepen (‘Hinderarm renoveren’ en ‘Digitaal aantonen’) om vanuit dezelfde basis en context te kunnen werken. Maar na de gezamenlijke startbijeenkomst gaan de groepen apart verder met eigen deliverables. Belangrijk verschil is ook dat digitaal aantonen zeer relevant is voor de (lopende) nieuwbouwprojecten en dat die voor dit project dus nadrukkelijk in de scope worden meegenomen.

6.1 Waarom is digitaal aantonen onderdeel van het tunnelprogramma?

Wij geloven dat een belangrijke randvoorwaarde voor hinderarm renoveren zit in het zo veel en zo vroeg mogelijk digitaal aantonen van de wijzigingen in zowel organisatie, processen en technieken die horen bij hinderarm renoveren. Daarnaast is er bij nieuwbouwprojecten ook veel aandacht voor digitaal aantonen als hulpmiddel om probleemloos open te gaan. Maar het probleem bij digitaal aantonen is de begripsverwarring, het gebrek aan kader en het gebrek aan draagvlak bij belangrijke stakeholders als bevoegde gezagen. Met de COB-groep ‘Digitaal aantonen’ willen we tot heldere definities komen, duidelijk beschrijven wat iedere vorm van digitaal aantonen wel of niet is en wat daarvan de voor- en nadelen zijn ten opzichte van regulier aantonen. Hiermee wordt de afweging om tot digitaal aantonen over te gaan, een gewogen besluit waarmee het draagvlak bij belangrijke stakeholders zoals bevoegde gezagen, maar ook opdrachtgevers en opdrachtnemers ontwikkeld worden.

Met dit project willen we ons richten op:

1. Het formuleren van eenduidige verwachtingen, definities en gezamenlijk ‘kader’ vanuit de experts in het veld (zowel opdrachtgevers als opdrachtnemers): wat bedoelen we precies met digitaal aantonen, hoe ver zijn we, wat doen we en wanneer, en zeker ook: wat kan wel en wat kan niet virtueel worden getest?
2. Het formuleren van de juiste randvoorwaarden vanuit alle stakeholders, in het bijzonder de bevoegde gezagen.
3. Het op gang brengen en faciliteren van een dialoog met, en kweken van vertrouwen bij belangrijke stakeholders zoals bevoegde gezagen.
4. Het ondersteunen van praktijkprojecten bij het nadenken over, visievorming op en etaleren van de mogelijkheden van digitaal aantonen.

De leden van de werkgroep ‘Digitaal aantonen’ willen de volgende deliverables opleveren:

- Aanbeveling digitaal aantonen voor tunnelprojecten, inclusief gedeeld kader.

6.2 Stand van zaken

Digitaal aantonen kent vele vormen en vele gradaties. Testen, als onderdeel van het proces van verificatie en validatie, is momenteel cruciaal bij het aantonen dat het tunnelsysteem aan alle wettelijke eisen voldoet. In de huidige projecten wordt een tunnel grotendeels integraal getest wanneer de bouw en installatie van de tunnel gereed zijn. De testen worden uitgevoerd conform het V-model zoals beschreven in de Werkwijze aanleg tunnels (WWAT) als onderdeel van de LTS. Dit V-model is een

vereenvoudigde variatie op de traditionele watervalmethode van system of software engineering en omvat de volgende verificatie- en validatiemomenten:

- (i)FAT: (integrated) factory acceptance test
- (i)SAT: (integrated) site acceptance
- SIT: site integration test, (techniek)/(tunnelsysteem)/(operationeel)

De doorlooptijd van de verificatie en validatie is een belangrijke reden om verder af te wijken van de watervalmethode en het testen meer naar voren te halen, naar de linkerkant van het V-model. Onder andere bij de Coentunnel, Velsertunnel en de in aanbouw zijnde Gaasperdammertunnel is gebruikgemaakt van een dergelijke aanpak.

In projecten worden al verschillende middelen ingezet om digitaal verifiëren en valideren mogelijk te maken. Ook is het mogelijk om de middelen in te zetten voor oefen- en opleidingsdoeleinden. Virtueel testen kent de onderstaande ingrediënten (bron: kennissessie Virtueel testen van het KPT):

- 3/4D-BIM: informatiemanagement, fysieke omgeving.
- Projectmanagementtool: relationele database voor onder andere het eisenmanagement waarin de koppeling van eisen aan objecten/elementen wordt gedaan.
- Tool voor simulatie:
 - o Dynamisch gedrag van TTI, scenario's doorlopen (Enterprise Architect, E.A., bron: Soltegro)
 - o Camerasimulatie, seinsimulatie (bron: Movares, iNfranea)
 - o Crowdsimulatie
 - o Zonlicht/human-factorsimulatie (bron: Movares, iNfranea)
- Virtuele omgeving/visualisatie van het object:
 - o Van statisch 3D naar virtual reality (bron: Movares, iNfranea)
 - o Visueel maken van een object om inzicht te geven aan stakeholders
- Tools uit de gamingindustrie: VR-bril, hololens.
- Kunstmatige intelligentie.
- In de huidige techniek is het mogelijk om (delen van) de besturingssoftware te koppelen aan een virtueel 3D-model waarin een al dan niet gedetailleerde (op basis van 'level of details') representatie van het tunnelsysteem en de omgeving is opgenomen. De volgende stap is om een gevalideerde VR-omgeving te genereren, waarbij de besturingssoftware gekoppeld is. Als dit lukt, worden eigen interpretaties bij het omzetten van het in de VR-omgeving gemodelleerde gedrag naar de besturingssoftware voorkomen en de kans op fouten verder gereduceerd.
- Door in een zo vroeg mogelijk stadium van het project te starten met het opbouwen van het technisch constructiedossier, wordt al bij engineering de informatie verzameld die uiteindelijk bij oplevering aan de opdrachtgever moet worden overgedragen. Het gaat hier om ontwerpdocumenten, tekeningen en schema's, berekeningen, functionele omschrijvingen, bedienen- en onderhoudsinstructies, productbladen van gebruikte componenten, materiaalstaten, enz. Dit alles is nodig om tijdens de exploitatie, het onderhoud en toekomstige vervanging / renovatie te kunnen uitvoeren. Een gedegen documentbeheersysteem behorend bij het object met bijbehorende uitgifte en inname beleid (en personele invulling) is hierbij essentieel. Op dit moment is de digitalisering van dit proces nog zeer vaak een onderwerp van frustratie, spraakverwarring en gebrekkige aansluiting omdat de systemen die door de opdrachtnemer worden gebruikt onvoldoende aansluiting bij de systemen van de opdrachtgever en/of de wederzijdse wensen en mogelijkheden onvoldoende eenduidig kunnen worden geformuleerd. Ook stuit men op praktische problemen waardoor digitale goedkeuring op digitale documenten, tekeningen enz. niet toegestaan lijken te zijn.

6.3 Technische randvoorwaarden voor digitaal aantonen

Randvoorwaarde voor het inzetten van virtueel testen bij de testprocessen, opleiding en openstelling is de validatie van de simulatie. Aandachtspunten hierbij:

- Validatie BIM-model van de tunnel (komt het model overeen met de werkelijkheid?)
- Validatie en verificatie van de gebruikte (simulatie-/modellerings-)programma's, te denken aan:
 - o Ontwerpfase:
 - Validatie simulatie bediensysteem (bijvoorbeeld door gebruik te maken van het toe te passen bediensysteem)
 - Verificatie modelleringsprogramma's systeemgedrag (E.A. e.d.)
 - Validatie simulatie camerabeelden
 - Verificatie simulatie verkeersstromen
 - Validatie simulatie menselijk gedrag (crowdmanagement/vluchtgedrag)
 - Validatie computational fluid dynamics (CfD)-modellen (rook, temperatuur, e.d.).
 - o Testfase:
 - Verificatie simulatie werking besturingssysteem (PLC's).
 - Simulatie veld (gedrag van de op PLC's aangesloten systemen).
 - o Opleiding:
 - Zie aandachtspunten ontwerp- en testfase
 - o Openstelling (bewijslast):
 - Toetskader (meer een voorwaarde voor het openstellingsproces)
 - Reproduceerbaarheid virtuele testen
 - Vastlegging van testsysteem en virtuele testen.

6.4 Digitaal aantonen in het grotere geheel

Mogelijkheden met virtuele modellen, gekoppeld aan de besturing (nut en noodzaak gezamenlijk te bepalen):

- Digitaal aantonen van de complete besturingsoftware.
- Validatie van de complete besturingsoftware.
- Ontwikkeling van cameraplannen (camerasimulatie).
- Optimaliseren van ontwerp (draagvlak creëren bij toekomstige gebruikers, stakeholders, BG).
- Testen met behulp van calamiteitenscenario's.
- Opleiden en training van bedienaars (OTO).
- Beoordelen functionaliteit softwareupdates.
- Testen softwareupdates.
- Validatie softwareupdates.

6.5 Wat verwachten we van de werkgroepleden?

Dit project zal een handreiking 'Digitaal aantonen voor tunnelprojecten' opleveren, inclusief begrippenkader en voorbeelden. Dit project gaat van start vanuit de renovatie-opgave, maar heeft nadrukkelijk de opdracht om digitaal aantonen voor nieuwbouwprojecten mee te nemen. We hopen dat de leden als eerste bovengenoemde lijst van mogelijkheden en randvoorwaarden voor digitaal aantoonbaar aanvullen, wijzigen en nader specificeren. We verwachten dat zij voor ieder van de beschreven vormen van digitaal aantoonbaar komen tot:

1. Een definitie
2. Wat zijn hiervan de voordelen
3. Wat zijn hiervan de nadelen

4. BTO-keuzes
5. Omgevingsmanagement/verkeersmaatregelen
6. Wat is het effect op de verschillende stakeholders (zoals BG)
7. Zijn er alternatieven (de reguliere manier van verificatie/validatie)
8. Wat kunnen we leren van anderen (good practices/bad practices)

6.6 Ontwikkelen definitie en begrippenkader

De afgelopen jaren is het begrip ‘digitaal aantonen’ tot leven gekomen. Alleen geldt ook hiervoor: onbekend maakt onbemind, verworpen of zelfs verafschuwd. Oorzaak: het ontbreken van eenduidige begripsvorming en anderzijds irreële verwachtingen. Met elkaar gaan we komen tot gedragen begripsvorming en acceptatie van datgene wat in dit kader mogelijk, maar ook nuttig en tevens verantwoord en aantoonbaar veilig is.

6.6.1 Wat is digitaal aantonen?

In het kader van besturingsinstallaties, zoals aanwezig in tunnels (of andere beweegbare Kunstwerken) verstaan we onder digitaal aantonen: (eerste schot op doel) een identieke virtuele presentatie van de tunnel, voorzien van alle dynamische componenten die via een netwerkverbinding softwarematig verbonden is aan de daadwerkelijke besturing (controllaag), onderwerpen aan alle bedieningen, verstoringen, happy- en unhappy flows en scenario's die noodzakelijk zijn om de juiste werking van de besturingssoftware aan te tonen. Deze definitie zal verder uitgewerkt, getoetst en vooral met bevoegd gezag besproken moeten worden.

6.6.2 Wat is digitaal aantoonbaar niet?

Een veel gehoord misverstand is: digitaal aantonen is niet betrouwbaar. In veel gevallen voortkomend vanuit de verwachting (onkunde) dat digitaal aantonen kan dienen als ‘vrijgavetest’ en daarmee voldoende overtuiging moet geven aan bevoegde gezagen voor een handtekening. Niets is minder waar! Digitaal aantonen is (voorlopig) slechts een prachtig middel om ‘voor-te-testen’. We staan samen aan de lat om de juiste begripsvorming te verzamelen, op te schrijven en uit te dragen.

6.6.3 Digitaal aantonen: voordelen en nadelen

Met elkaar zullen we moeten nagaan of het slim inzetten van digitaal aantonen kan bijdragen aan verbouwen met veel minder hinder. Levert het keihard aantoonbare tijdsbesparing op vanwege snellere acceptatie? Zullen vroegere mogelijkheden voor operators om realistisch te oefenen een harde randvoorwaarde worden voor snelle modulaire verbouwingen? Of is het alleen een leuke gadget zonder toegevoegde waarde voor de uitdaging die in het kader van hinderarm renoveren voorligt? We gaan met elkaar het antwoord hierop bepalen.

6.6.4 Effect op stakeholders: acceptatie in de keten en relatie met bevoegd gezag

Binnen dit onderdeel ligt de grootste uitdaging. Want welke testen, nodig voor het bevoegd gezag, kunnen door inzet van digitaal aantonen worden vereenvoudigd, versneld, of volledig virtueel worden uitgevoerd? Hiervoor gaan we met bevoegd gezag in gesprek om de mogelijkheden te bespreken, te onderzoeken en de verbinding te leggen tussen de huidige mogelijkheden en eventuele wensen van nog te ontwikkelen testen. Zie hiervoor ook paragraaf 2.3.1.

6.7 Best practices

Welke voorbeelden van (bijna) digitaal aantonen zijn er? En welke ervaringen zijn er al opgedaan?

Bijlage 1. Conceptformat voor beantwoording van de vragen*

Algemeen beschrijvend

- Definitie, inclusief consistente omschrijving van terminologie
- Omschrijving (inclusief tekeningen, schematisering, etc)
- Wat is het wel/wat kan het wel
- Wat is het niet/wat kan het niet
- Wat zijn hiervan de voordelen
- Wat zijn hiervan de nadelen

BTO-keuzes

- Wat is het effect op projectmanagement / programmamanagement
- Wat is het effect op het behalen van de doelen van de aanbesteder
- Wat is het effect op de voorbereiding
- Wat is het effect op de organisatie van de tunnelbeheerder/eigenaar zowel in voorbereiding als tijdens B&O en de competenties van de mensen in de organisatie
- Wat is het effect op de contract- en aanbestedingsstrategie
- Wat is het effect op het technisch management/projectbeheersing
- Wat is het effect op de aanbesteding, ontwerp, realisatie, inbedrijfstelling, testen, opleiden, beheer en onderhoud, verificatie en validatie
- Hoe kunnen we de duurzaamheid verbeteren (streven naar NOM, circulaire economie)
- Welke risico's zijn er te onderkennen in elke fase van het project en welke leg ik weg bij de ON

Stakeholdermanagement

- Wat is het effect op omgevingsmanagement
- Wat is het effect op te nemen verkeersmaatregelen
- Wat is het effect op de verschillende stakeholders (zoals BG)

Mee te nemen overige afwegingen

- Zijn er alternatieven
- Wat is het effect op duurzaamheidsdoelstellingen
- Is deze oplossing toekomstbestendig

Inspiratie en achtergronden

Wat kunnen we leren van anderen (good practices/bad practices)

**Nadat alle losse werkpakketten voor alle vormen van hinderarm renoveren en digitaal aantonen bovenstaande vragen hebben beantwoord, zal een model gemaakt moeten worden om al die resultaten gezamenlijk te laten samenvloeien in een of twee afwegingskaders. Een aparte groep (waarschijnlijk de leden van de schrijfgroep) zal zich met dit werkpakket bezig houden.*

Bijlage 2. Stakeholders bij renovatietrajecten

Opdrachtgevers

Voornaamste activiteiten van de opdrachtgever in een renovatieproject zijn:

- Zorgdragen voor een goede specificatie en scope-afbakening van de opdracht.
- Opstellen en uitvoeren van een contracterings- en aanbestedingsstrategie met specifieke aandacht voor het zorgen van een integere selectie van gegadigden en toewijzing van de opdracht.
- Zorgdragen voor een correcte projectbegeleiding en daarbij een volwaardig gesprekspartner zijn voor de opdrachtnemer.
- Zorgdragen voor een zo klein mogelijke impact van de uit te voeren werkzaamheden/tunnelafsluitingen op de veiligheid en beschikbaarheid van de omliggende (wegen)infrastructuur.
- ... <ntb>

Opdrachtnemers

Voornaamste kenmerken van de opdrachtnemer zijn:

- Oplevering van het project binnen tijd, geld en met gevraagde kwaliteit.
- ... <ntb>

Tunnelbeheerder

Voornaamste activiteiten van de tunnelbeheerder zijn:

- Aanleveren van (meest actuele) informatie van het te (ver)bouwen object en weer innemen hiervan na uitvoering van de werkzaamheden.
- Verzorgen van de noodzakelijke verkeerskundige maatregelen.
- <ntb>

Verkeerscentrale

Voornaamste activiteiten van de verkeerscentrale zijn:

- <ntb>

Externe stakeholders

- Bevoegd gezag
- Veiligheidsbeambte
- Richtlijngevende instanties
- Omwonenden, weggebruikers
- Waterschappen
- Brandweer
- Hulpdiensten
- Dienstverleners openbaar vervoer
- ProRail, NS
- Energieleveranciers en distributeurs
- Omliggende industrieën
- Eigenaren van CAI en andere datanetwerken

Bijlage 3. Voorbeeldanalyse projecten Rijkswaterstaat tot nu toe

B3.1 Proces en werkwijze

In de praktijk van de afgelopen jaren zijn projecten voor renovaties individueel aanbesteed. Een aantal projecten zijn uitgevoerd om aanpassingen te doen aan een aantal van de installaties om ze aan te passen op de Europese regelgeving of vanwege de noodzaak technisch verouderde systemen te vervangen. Een aantal andere renovaties betroffen de complete tunnel. Telkens is daarbij de focus op het eigen project geweest. De projecten hebben in functionele zin wel de LTS toegepast en daarmee is waar mogelijk ook wel de architectuur aangepast, maar er is te weinig aandacht geweest voor de langere termijn en toekomstig onderhoud en vervangingen. Helaas zien we dit ook te veel bij de recente nieuwbouwtunnels. Bij deze projecten is gebleken dat er per project veel energie is gestoken in het ontwerpen en testen en de bijbehorende documenten, maar ook dat er maar beperkt gebruikgemaakt is van opgedane ervaringen. Testplannen, teststrategie en testresultaten zijn niet structureel uitgewisseld of hergebruikt. Overdracht van kennis en ervaringen bleek veelal afhankelijk van de mensen die overgingen naar volgende projecten en niet vanuit een overkoepelende strategie.

Voor het verkrijgen van een openstellingsvergunning worden stakeholders in de ontwerpfase betrokken als gesprekspartner. Na het bouwen van installaties en het testen door het project wordt een integrale test uitgevoerd met de hulpdiensten. Als deze testen zijn uitgevoerd, wordt op basis van ontwerpdocumentatie en testresultaten een vergunningsaanvraag voor openstelling van de tunnel ingediend bij het bevoegd gezag. Vervolgens is er een doorlooptermijn van enkele weken tot enkele maanden van toepassing voordat de vergunning verleend kan worden. Bij nieuwe tunnels en grote renovaties betekent dit dat de tunnel formeel niet gebruikt mag worden. Bij renovaties geeft dit spanningen, omdat de tunnel snel weer open moet.

B3.2 Techniek en architectuur

B3.2.1 Architectuur

Tunnels die gebouwd zijn vóór de introductie van de LTS zijn nog niet altijd opgebouwd volgens de drielagenstructuur. De deelinstallaties zijn in de bedienings- en besturingssystemen en in de gedistribueerde I/O verweven. Klassiek opgebouwde bedienings- en besturingssystemen (B&B) kenmerken zich door een platte architectuur, waarbij middels gedistribueerde input/output (I/O) over het hele complex alle individuele aansturing- en controlesignalen worden aangesloten, daar waar dat het beste uitkwam, niet vanuit een structuur/architectuur (technische distributie). Het gevolg hiervan is dat er in de diverse PLC's en binnen specifieke I/O-blokken elementen van meerdere installaties tegelijk aanwezig zijn. Het uitwisselen van data over die I/O-blokken en PLC's is daarmee minder overzichtelijk en vergt bij aanpassingen veel van de programmeurs.

Afhankelijk van de omvang van de tunnel is het aantal I/O anders en dat maakt dat er telkens een unieke oplossing per tunnel is. Dit maakt een vervanging van een deelinstallatie erg lastig, omdat je met de nodige aandacht uit moet zoeken hoe e.e.a. in de specifieke tunnel voor de specifiek te vervangen installatie is gebouwd, om te voorkomen dat je andere installaties onbedoeld raakt. Populair gesteld werd een tunnel gebouwd, werden er installaties geplaatst en werd er op die techniek een besturingssysteem gebouwd; ontworpen vanuit de techniek dus.

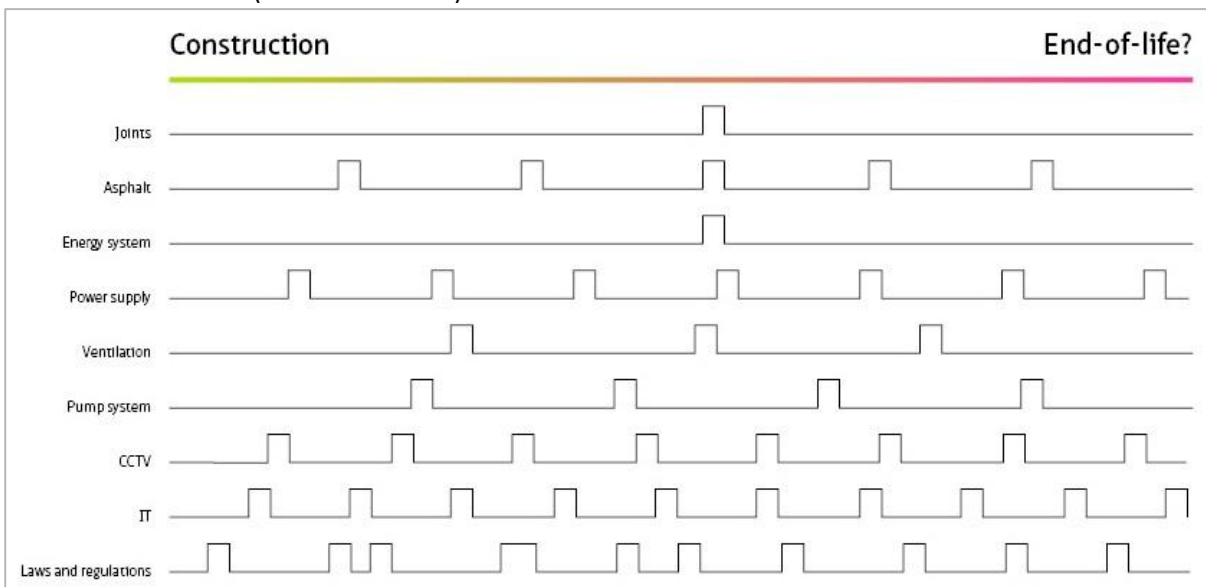
B3.2.2 Technische levensduur

De technische levensduur van de deelinstallaties is niet meer allemaal hetzelfde. Voor tunneltechnische installaties kon in het verleden uitgegaan worden van een technische levensduur van vijftien jaar. Dit was ook jaren aangehouden als basis voor investeringen, ontwerpen en onderhoudsplannen. Ervaringscijfers waren per deelinstallatie vaak niet beschikbaar. Een tunnel werd voorzien van nieuwe apparatuur en vervolgens werd er conform het onderhoudsplan alleen regulier preventief onderhoud uitgevoerd geënt op die vijftien jaar. In de huidige praktijk blijkt dit niet meer realistisch. Oorzaken hiervoor zijn:

- Technologische ontwikkelingen (bv. van analoge camera's naar digitaal)
- De tunnel is onderdeel geworden van een veel groter netwerk en is daarmee afhankelijk geworden van een grote geheel.
- Veranderingen in wet- en regelgeving.
- Veranderingen in gebruik (e.g. toegestaan verkeer of verkeersintensiteit).
- Toename van ICT-componenten met een kortere levensduur in installaties.
- Noodzakelijke software-upgrades en veiligheidsupdates zijn vaak reden om computers en daarmee soms ook installaties te moeten vervangen.

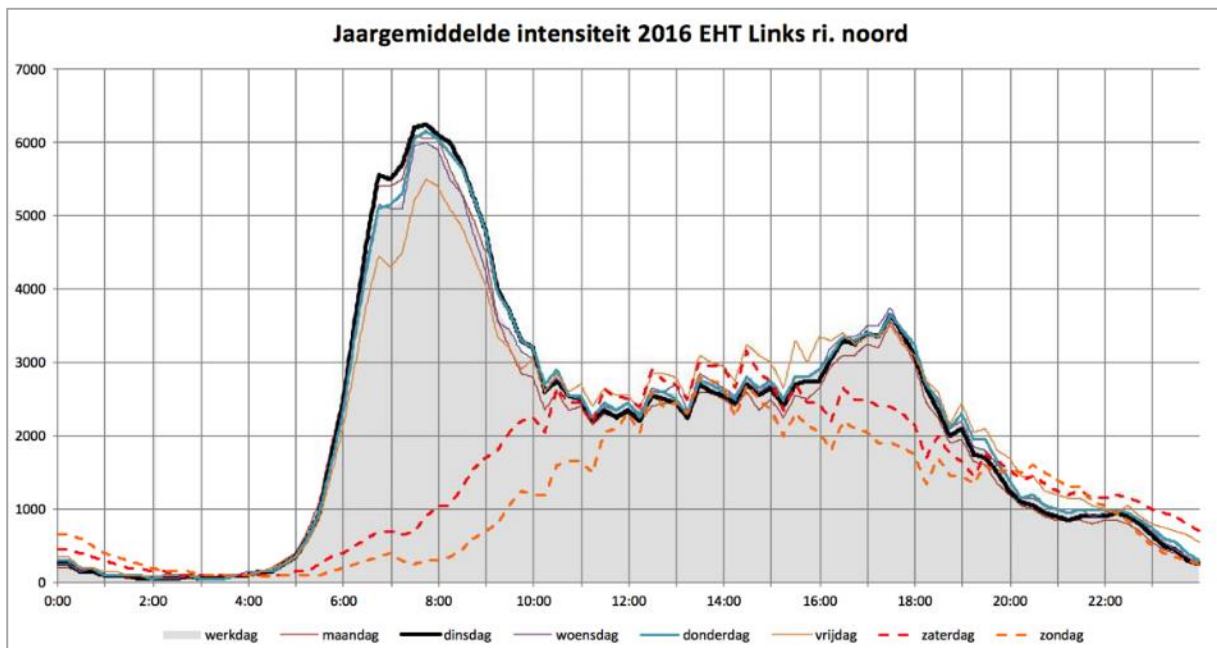
Er zijn dus meer interventiemomenten noodzakelijk en er ontstaat een veel grilliger patroon van vervangingen. In de praktijk worden installaties met de nodige problemen langer in de lucht gehouden of worden installaties juist vervroegd vervangen om ze te kunnen inpassen in een renovatieproject. Gevolg van deze bundeling is een verhoogde kans op uitval en onderhoudskosten of een vervroegde afschrijving.

De heartbeat van de (installaties in de) tunnel:



B3.2.3 Heartbeat van het verkeer

Elke tunnelbuis kent zijn eigen karakteristiek van verkeersintensiteit. Uitgaand van deze karakteristiek zou je de werkzaamheden die uitgevoerd moeten worden in de tunnel willen inpassen. Met de juiste BTO-keuzes zou je op basis van onderstaande plaatje kunnen kiezen niet alleen in de nacht te gaan werken, maar mogelijk ook overdag met rijstrookafzettingen. Ook meer realistische gesprekken over hoeveel hinder nog acceptabel zou kunnen zijn voor de omgeving worden mogelijk. Dat deze gesprekken gevoerd moeten worden, blijkt bijvoorbeeld uit de renovatie-opgave rondom Rotterdam, waarbij eigenlijk niet genoeg weekeinden zitten in de komende jaren om de klus te klaren.



Bij werken in een niet-afgesloten tunnel komt wel de vraag naar boven of de tunnel nog wel veilig (genoeg) gebruikt kan worden. Bij een renovatieproject van Asfinag in Oostenrijk heeft men op basis van een QRA-benadering gekeken wat de invloed was op het niet of deels aanwezig zijn van een installatie op de veiligheid en heeft men daar waar nodig beheersmaatregelen ‘bijgeplust’ om op voldoende veiligheid te komen. De keuzes die daarvoor gemaakt dienden te worden, zijn op voorhand met de autoriteiten overlegd en vastgesteld.

Op basis van de heartbeat van de installaties en van het verkeer zou je willen en kunnen komen tot een werkwijze waarbij je onderhoud en vervangingen kan uitvoeren in het reguliere beheer- en onderhoudsproces (renovaties ‘klein’ houden).

B3.2.4 Interpretatieruimte

Ontwerpvrijheid en interpretatieruimte bij de aannemers binnen de grenzen van de tunnelstandaard zorgt voor variatie in oplossingen en ontwerpkeuzes die niet gunstig zijn op de lange termijn. Binnen de voorschriften van de LTS is een architectuur en een zekere mate van techniek voorgeschreven, maar wordt in projecten een grote mate van ontwerpvrijheid aan de aannemers gelaten. Deze aannemers laten zich in de ontwerpkeuzes en interpretaties leiden door voor hen gunstige factoren, zoals producten uit eigen catalogus, gunstige inkoop bij toeleveranciers. Ontwerpkeuzes leiden hierdoor in de regel niet tot oplossingen ten gunste van de onderhoudbaarheid, vervangbaarheid en uniformiteit van de deelinstallaties.

De vrijheid in ontwerp werkwijze (paragraaf 2.1) en techniek (paragraaf 2.2) heeft dus geleid tot een grote diversiteit aan oplossingen en gebruikte technologieën binnen relatief vergelijkbare tunnels in één regio. Dit heeft niet alleen gevolgen voor beheer- en onderhoud, maar resulteert ook in een complexe situatie bij vervangingen. Voor elke tunnel opnieuw moet per installatie bekeken worden hoe renovaties uitgevoerd kunnen worden met onzekerheden in budgettering en operationele risico's.

B3.2.5 Areaalgegevens

Een deel van de faalkosten bij renovaties en bij beheer en onderhoud komen voort uit het ontbreken of niet compleet zijn van de areaalgegevens. Voor bestaande objecten blijkt het moeilijk om voldoende betrouwbare gegevens aan te leveren om zonder al te grote risico's het werk uit te kunnen voeren. In het

verleden was vaak het bijhouden van de tekeningen voldoende, maar met de toenemende complexiteit dienen ook ontwerpdocumenten, berekeningen, etc. bewaard en actueel gehouden te worden. Voor de huidige renovatie-opgave dient hiervoor een oplossing gezocht te worden. Er zal echter ook gezocht moeten worden naar een methodiek om herhaling in de toekomst te voorkomen.

B3.2.6 Personeel

Urgentie: op basis van huidige inschattingen is het de vraag of er voldoende personeel beschikbaar is, zowel bij de beheer als bij aannemer, om deze renovaties te kunnen uitvoeren. Om de renovaties te plannen, ontwerpen en uit te voeren, is voldoende gekwalificeerd personeel nodig. In het verleden werden projecten los van elkaar uitgevoerd en werd er met verschillende teams, mensen en aannemers gewerkt. Als gevolg van de vergrijzing en andere maatschappelijke ontwikkelingen, ontstaat er een schaarste aan voldoende gekwalificeerd personeel.

Bijlage 4. Leeslijst

In de afgelopen jaren zijn er veel documenten verschenen die behulpzaam kunnen zijn bij het uitwerken van de werkpakketten in zowel het project 'Hinderarm renoveren' als het project 'Digitaal aantonen'.









Voor wie meer wil weten over de achtergrond van **maatschappelijke ontwikkelingen** en de relatie met tunnels: www.cob.nl/langetermijnvisie

Voor wie meer wil weten over **virtueel testen**, lees de verkenning die het COB eerder heeft uitgevoerd: www.cob.nl/virtueeltesten

Of de verslagen van de serie over **verificatie en validatie**: www.cob.nl/vv

Een goed begin als je wilt gaan nadenken over de **effecten op de stakeholders** is dit document over wederzijdse nieuwsgierigheid: www.cob.nl/document/wederzijdse-nieuwsgierigheid

En een **must voor iedereen** omdat onze output in dit digitale document terecht komt: het groeiboek 'Renoveren kun je leren' met hoofdstukken over:

-  [2 Risico's in oudere constructies](#)
-  [3 Selecteren op basis van KIS](#)
-  [4 Planning als instrument bij renovatieprojecten](#)
-  [5 Ingrediënten voor een samenwerkingscultuur](#)
-  [6 Vergunningsproces bij tunnelrenovatieprojecten](#)
-  [7 Omgevingsmanagement en communicatie](#)
-  [8 Renoveren met de winkel open](#)
-  [Bijlagen](#)

Wie meer wil weten over het **maken van afwegingen rondom tunnelafsluitingen in stedelijk gebied** heeft de gemeente Amsterdam een interessante methodiek ontwikkeld:

www.cob.nl/document/maatschappelijke-waarde-beschikbaarheid-wegtunnels-amsterdam

In het kader van **duurzaamheid** is nog altijd de 'Maatregelencatalogus energiereductie in tunnels' aan te bevelen: www.cob.nl/groeiboek/energieeductie

'**Lessons learned VIT2 versus Velsertunnel**': dit document wordt in december 2018/januari 2019 afgerond en zal snel daarna beschikbaar komen. De belangrijkste punten uit deze studie:

- Het is mogelijk om LFV's conform LTS te koppelen aan oude besturingssystemen. Het is ook relatief eenvoudig om installaties die nog niet vervangen hoeven te worden, te voorzien van een LFV-interface. Daarmee is het ook mogelijk om een installatie relatief eenvoudig te vervangen op het moment dat het nodig is en niet 'wanneer het uitkomt'.
- Bij het vervangen van een installatie is het belangrijk om ook de periferie mee te nemen (bv. de voeding); kijk verder dan alleen de LFV.
- Het is belangrijk om een eenduidig technisch koppelvlak te kiezen.
- In de huidige LTS ontbreekt een definitie voor de tunnel-LAN; wil je modulair kunnen bouwen, dient deze er wel te komen.
- Arboveiligheid in de tunnel staat in schril contrast met de druk tot beperken verkeershinder (BTO-keuzes).

Bijlage 5. Relaties met overige projecten tunnelprogramma

B5.1 Relatie met COB-project 'Risico's in kaart'

Het resultaat van inspecties en voorbereidend onderzoek ten behoeve van de uitvraag aan de markt blijkt niet altijd voldoende om verrassingen bij een tunnelrenovatie te voorkomen. Na de gunning voert de aannemer(combinatie) meestal nog eigen onderzoek uit, waarna er (als er civiele zaken blijken tegen te vallen) alsnog een discussie moet plaatsvinden over scope-uitbreiding of planningswijziging. Het COB-netwerk werkt daarom aan een risicochecklist.

Met het project 'Risico's in kaart' (wel onderdeel van het tunnelprogramma, maar niet behorend tot de scope van hinderarm rooveren en digitaal aantonen) wil het COB-netwerk met behulp van minimaal twintig interviews inventariseren welke ervaringen zijn opgedaan (en worden opgedaan) bij (lopende/afgeronde/voorbereide) renovatieprojecten. Ook de lessen vanuit het nieuwe inspectieprogramma van Rijkswaterstaat worden verzameld. Het doel is een risicochecklist voor tunnelrenovatie, -beheer en -onderhoud op te stellen. Deze checklist moet een hulpmiddel worden voor programmering (lange termijn), scopebepaling van renovaties en de planning van regulier groot- en klein onderhoud. In de risicochecklist (binnen Rijkswaterstaat 'Wiki' genoemd) zijn minimaal opgenomen:

- De meest voorkomende risico's op falen.
- De bijbehorende faalmechanismen.
- De bijbehorende inspectietechnieken met daarin een onderscheid tussen effectiviteit, mate van invloed op de beschikbaarheid, mate van voorspelbaarheid, mate van aantasting integriteit tunnel.

Naar verwachting zijn er risico's waarvan we de faalmechanismen niet kennen en waarvoor ook nog geen inspectietechnieken zijn. Deze witte vlekken worden doorgespeeld naar het andere COB-project 'Constructief falen'.

Alle output zal onder andere worden vastgelegd in het digitale groeiboek 'Renoveren kun je leren'. Daarnaast kan de output van dit traject gebruikt worden om de Wiki binnen Rijkswaterstaat te vullen en (deels) geschikt te maken voor openbaar gebruik. Nieuwe renovatieprojecten worden proactief door het COB benaderd om gebruik te maken van het groeiboek en input te leveren door middel van interviews.

B5.2 Relatie met het project 'Van object naar systeemdenken'

Door het verdichten van de samenleving, zeker in een stedelijke omgeving, maken tunnels veel meer onderdeel uit van deze omgeving en kunnen zij steeds minder beschouwd worden als losstaande objecten. Uit gesprekken met het netwerk zijn een aantal projecten naar voren gekomen waarbij het inpassen van de tunnel in zijn omgeving 'schuurt' met de beschikbare instrumenten:

- A. Bij Amsterdam CS blijkt het Bouwbesluit in combinatie met de overige van toepassing zijnde wetgeving niet tot een gevoelsmatig optimale veiligheidssituatie te leiden. Ook in Utrecht (Leidscherijn), Haaglanden en Rotterdam zijn voorbeelden bekend waarbij het gevoel bestaat dat de bestaande wetgeving bij meervoudig ruimtegebruik niet tot gevoelsmatig de beste veiligheidsoplossing leidt.
- B. Een oorzaak van tekortschietende wetgeving is dat deze is gebaseerd op ervaringen uit het verleden. Veelal is de wetgeving gebaseerd op constructieve en operationele eisen. De huidige samenleving verandert echter snel door de introductie van nieuwe technologieën. Denk hierbij aan de introductie van nieuwe energiedragers, cybersecurity, slimme auto's (AI) en veranderend menselijk gedrag. Bij

metrotunnels zijn er geen eisen in de wetgeving opgenomen over een veilig gebruik van het transportsysteem. Al deze zaken zijn dan ook (nog) niet adequaat verwerkt in wetgeving.

- C. Een derde probleem is dat de huidige analyse en ontwerptools veelal dateren uit de tijd vóór de digitalisering. Het blijkt lastig om menselijk gedrag en softwareontwikkeling op een dusdanige manier te simuleren dat ze bruikbare bouwstenen voor een veilig ontwerp opleveren.
- D. Een vierde probleem is de doorlooptijd van projecten. Het duurt vaak lang voordat fysieke infrastructuur wordt opgeleverd, er zijn forse sommen geld mee gemoeid en de houdbaarheid van de voorzieningen wordt gesteld op honderd jaar. Gedurende deze periode verandert er echter veel in de maatschappij. Kunnen we niet zo ontwerpen en bouwen dat projecten 'veerkrachtiger' worden en meer adaptief kunnen reageren op de maatschappij?
- E. Een vijfde complicerende factor is 'hoe ga je met elkaar om in een project'? Uit diverse casestudies blijkt dat er projecten zijn waarbij opdrachtgever en opdrachtnemer tegenover elkaar staan in plaats van ieder vanuit hun eigen rol samenwerken om een goed project op te leveren. Gelukkig zijn er ook projecten waarbij prettige menselijke verhoudingen leiden tot onverwachte doorbraken. Welke factoren cruciaal zijn voor deze 'prettige samenwerking' is echter nog grotendeels onbekend.

Probleemstelling

Op basis van de gevoerde gesprekken zijn er op dit moment al drie samenhangende clusters van probleemvelden te onderscheiden. Op basis van de behaalde resultaten kunnen deze 'sporen' worden uitgebreid dan wel beperkt. Ook kunnen zij ieder in een eigen tempo tot een resultaat leiden.

Cluster 1: Hoe gaan we om met zaken die niet goed in wet- en regelgeving zijn geborgd?

Cluster 2: Hoe ontwerpen we 'beter' en toekomstbestendiger?

Cluster 3: Hoe gaan we met elkaar om tijdens de complete levenscyclus van een systeem?

Deze opgave wordt opgepakt in het COB-project 'Van object- naar systeemveiligheid.' Vragen of dilemma's op dit gebied vanuit de groepen 'Hinderarm renoveren' en 'Digitaal aantonen' kunnen worden neergelegd bij c.q. worden besproken met de voorzitter van deze groep, Ron Beij.