

Testen van de technische installaties in tunnels – Wat is er in 5 jaar veranderd in tunnelland en wat betekent dat voor jou?

E. Hartog, juli 2020

1 Aanleiding

De afgelopen jaren zijn er veel tunnels gebouwd. De focus verschuift de komende jaren van nieuwbouw naar renovatie. In ons vorige artikel uit 2015 [1] hebben we beschreven wat een tunnel is, hoe we audits uitvoeren en hoe wij vinden dat het testproces ingericht moet worden. Nu, 2020, willen we ingaan op de veranderingen die in de afgelopen jaren hebben plaatsgevonden in tunnelland op het vlak van kwaliteit en testen (ook wel validatie & verificatie genoemd).



1.1 Waarom is dat belangrijk voor jou?

Dit artikel gaat in op het verschil van werken in tunnelprojecten tussen 2015 en nu (2020), zoals die uitgevoerd zijn en worden door Rijkswaterstaat (RWS). Net zoals het testen en de techniek in tunnels veranderd is, kan dit ook zo zijn in je eigen projecten. De technieken, methoden en aanbevelingen die in dit artikel besproken worden, kunnen misschien toegepast worden op je eigen projecten. Dit artikel gaat zowel in op de technische hulpmiddelen en tooling als ook de processen. In dit artikel beschouwen we alleen de aspecten die een raakvlak hebben met kwaliteit en testen.

1.2 Wat is er veranderd in de aanpak van het testen van tunnels?

In de eerste jaren ging het er vooral om om te zien hoe men het beste kon werken. Nu is dat ongeveer bekend en de grootste fouten worden niet meer gemaakt. Enerzijds omdat het bewustzijn vergroot is van de opdrachtnemers (consortia), anderzijds omdat de mensen die betrokken waren bij eerdere tunnels vaak ook betrokken zijn bij de nieuwe tunnels. Het grote voordeel hiervan is dat het wiel niet opnieuw uitgevonden wordt. In het Centrum voor Ondergronds Bouwen wordt veel gesproken over de aanpak binnen tunnelprojecten. Daaruit is bijvoorbeeld ook het groeiboek over Digitaal Aantonen [2] gekomen.

Sinds de Landelijke Tunnelstandaard (kortweg LTS) [3] ten grondslag ligt aan de bouw van tunnels is er veel gewijzigd in de wijze waarop installaties in tunnels worden gebouwd. De LTS is in de afgelopen jaren behoorlijk gewijzigd. Er zijn fouten aangepast, verbeteringen doorgevoerd en toevoegingen gedaan. Toch is de opzet van de LTS in essentie gelijk gebleven. Zeker het procesmatige deel van de LTS (Werkwijze Aanleg Tunnels, kortweg WWAT [4]), is vrijwel ongewijzigd gebleven.

Wat wel flink veranderd is, is het bewustzijn bij de consortia dat het installatietechnische deel écht een andere aanpak vereist dan het civiele werk. In tegenstelling tot de eerste tunnels zit nu in alle consortia een partner die gespecialiseerd is in installatietechniek en besturing.

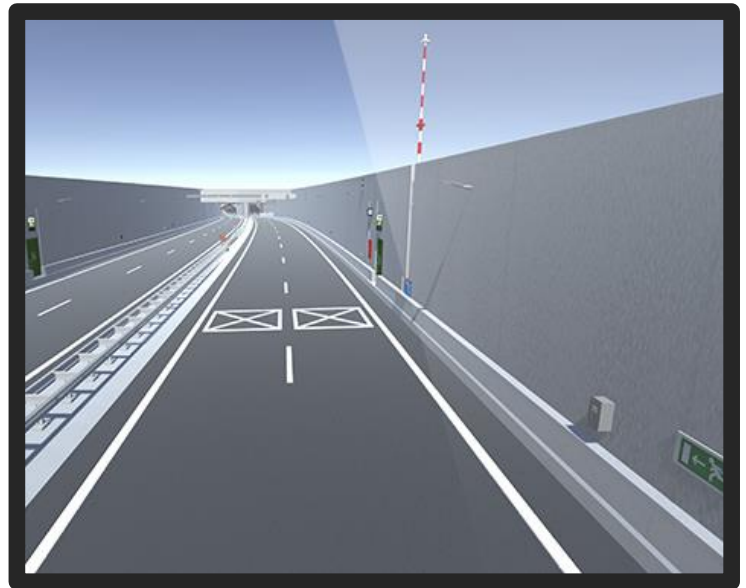
In het vervolg gaan we in op de wijzigingen die de afgelopen jaren zijn doorgevoerd binnen de tunnelprojecten. Daarnaast gaan we ook in op zaken die jaren geleden niet goed gingen en nu – helaas – nog steeds onvoldoende worden uitgevoerd. De onderwerpen zijn onderverdeeld in 2 groepen die in aparte hoofdstukken worden besproken, namelijk Techniek en Proces.

2 Technologie

2.1 Digital Twins

In meerdere projecten wordt momenteel technologie toegepast om fouten eerder in het project op te sporen. Hoe eerder problemen gevonden worden, hoe goedkoper ze opgelost kunnen worden. In eerdere tunneltrajecten zijn testomgevingen gebouwd, waarbij alle installaties minimaal eenmaal voorkwamen. Hierdoor konden interfaces getest worden - net als de besturing van de gehele keten - in een afgesloten omgeving, voordat het in de tunnel zelf getest wordt.

De projecten gaan nu nog een stap verder. De gehele testomgeving wordt virtueel gemaakt door de toepassing van Digital Twins, zeg maar een virtuele kopie. Een voorbeeld wordt hiernaast getoond. Een digital twin heeft enkele voordelen, zoals [2]:



- Niet de volledige installaties zijn nodig, maar alleen de simulatoren van de interfaces (hoewel dat in principe ook niet nodig is in de eerdere testomgevingen);
- De omgeving kan vroeg in het project gebruikt worden om de gebruiksprocessen te laten valideren (door operators en andere gebruikers);
- De omgeving kan gebruikt worden om zekere instellingen al te bepalen zonder dat de fysieke omgeving (tunnel) hiervoor nodig is, bijvoorbeeld de pre-sets van de camera's;
- De omgeving kan gebruikt worden voor opleidingsdoeleinden;
- Stakeholders kunnen vroegtijdig geïnformeerd worden over de werking en voortgang op een meer visuele wijze.

Enkele kanttekeningen zijn er echter ook:

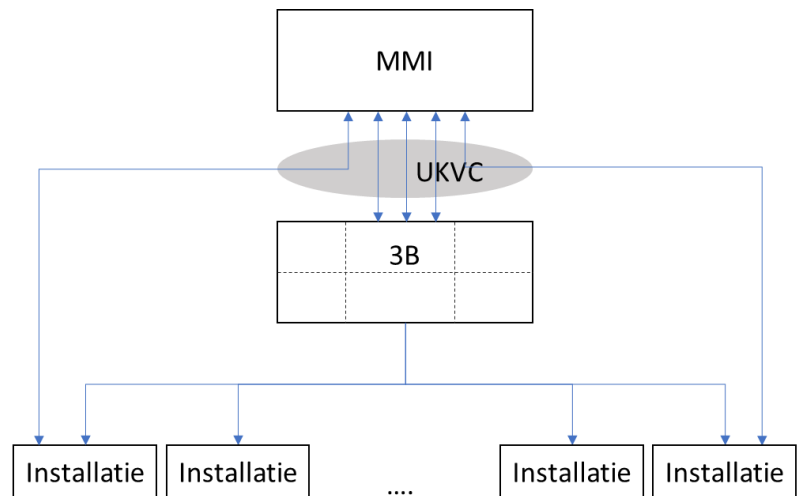
- Zoals al beschreven staat in [2]: "Bepaald dynamisch gedrag en correcte aansluiting van hardware moet nog altijd worden getoetst in de praktijk. Het is geen volledige vervanging van technische SAT en/of integratietesten (SIT) (aansluiting op de hardware)". Dus hardware- en ketentesten moeten nog steeds worden uitgevoerd op de échte fysieke omgeving.
- Voor het gebruik van een Digital Twin als testomgeving, is een 3D-model nodig. In de meeste gevallen dient dit 3D-model gedetailleerder te zijn dan benodigd is voor het civiele ontwerp. Dat is wel iets om rekening mee te houden. Daar moeten dus extra uren in gestopt worden waar kosten aan verbonden zijn.
- Tenslotte hangt de toepassing van de Digital Twin sterk af van de kwaliteit van de data die in het 3D-model gebruikt wordt. Er moet dus niet alleen meer detail bepaald worden, maar die de data moet kwalitatief ook goed zijn.

2.2 Standaardisatie: UKVC en bouwblokken

Ondanks dat iedere tunnel weer anders is, worden in een tunnel veel installaties gebruikt die erg vergelijkbaar zijn met installaties uit eerdere tunnelprojecten. Door de interfaces te standaardiseren, worden installaties met elkaar uitwisselbaar. Bovendien vereenvoudigt het de aansluiting tussen 2 componenten. Gedurende de laatste paar jaar is er hard gewerkt om de interfaces naar de verkeerscentrale toe te beschrijven, zodat er standaard koppelvlakken zijn vanuit het controleprogramma van de tunnel. Vandaar de term Universeel Koppelvlak VerkeersCentrale (UKVC). Zie de figuur hiernaast.

Momenteel wordt er ook gewerkt om standaardinterfaces te definiëren naar de installaties toe. Dat is het interface tussen de 3B¹ controle-module en de technische installaties.

Niet alleen de interfaces worden gestandaardiseerd; ook de functionaliteit wordt gestandaardiseerd door middel van zogenoemde Bouwblokken. Dit zorgt ervoor dat niet voor iedere tunnel opnieuw dezelfde functionaliteit gebouwd hoeft te worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de 3B-aansturing van de ventilatoren of verlichting. In de figuur is de 3B-module opgedeeld in 6 delen. Door het gebruik van bouwblokken, wordt het ontwikkelen van een tweede instantie van een vergelijkbaar product veel eenvoudiger en minder foutgevoelig. Bovendien kunnen er veel kosten bespaard worden wanneer meerdere projecten uitgevoerd worden.



3 Processen

Op technologisch vlak gebeurt dus best veel: digital twins, UKVC en bouwblokken. Laten we eens kijken hoe het aan de proceskant gaat.

In de WWAT [4] staat behoorlijk uitgebreid beschreven wie wat moet doen gedurende de verschillende fasen in het project. In dit hoofdstuk richten we ons specifiek op de processen die betrekking hebben kwaliteit en testen. Daarbij houden we algemene testaanpakken, zoals TMap en ISTQB (resp. [5] en [6]), in het achterhoofd.

3.1 Locatiespecifiek

Elke tunnel is anders en elke tunnel heeft daarom specifieke aspecten die opgevangen moeten worden. Het gaat dan zowel om technische zaken, zoals een wisselbaan, maar ook bijvoorbeeld om een andere verkeersafhandeling, vanwege de verkeerssituatie rondom de tunnel die elke keer anders is.

Veel van de gebruikelijke zaken worden in de LTS beschreven. In de loop der jaren zijn in de LTS zaken toegevoegd, zodat die daarmee vaker toepasbaar wordt. Dit voorkomt discussies over het gebruik en de bouw. Bovendien zorgt dit ervoor dat vergelijkbare tunnels op een vergelijkbare wijze werken.

Voor de bediening van een tunnel bestaan Uniforme Primaire Processen (UPP). Dat zijn generieke processen. Aangezien elke tunnel uniek is, dienen die UPP specifiek gemaakt te worden. Daarbij worden de processen afgestemd met alle stakeholders, zoals de tunnelbeheerder, hulpdiensten (brandweer, politie, ambulance) en wegverkeersleiders.

Specifieke processen gebaseerd op de UPP voor het gebruik van de tunnel door de wegverkeersleiders, zijn in het verleden altijd opgesteld. Hiermee is het duidelijk hoe er opgetreden moet worden in het geval dat er een incident optreedt, bijvoorbeeld een stilstaande auto in de tunnel.

Helaas werden in het verleden processen vergeten, die niet bij de wegverkeersleider lagen en niet voorgeschreven waren door de LTS. Voorbeelden van zulke processen zijn: *het omschakelen naar onderhoud of het afhandelen van een incident tijdens onderhoud*. Gelukkig worden deze processen tegenwoordig wel beschreven. Dit is een positieve ontwikkeling.

¹ 3B staat voor bediening, besturing en bewaking

Sowieso is het positief te zien dat de Verkeercentrales tegenwoordig eerder en prominenter betrokken worden bij projecten.

3.2 Entry- en exitcriteria

Een probleem wat nog wel terugkomt is het navolgen van entry- en exitcriteria. Als niet voldaan wordt aan de entrycriteria (TRR-Test Readiness Review), wordt er voor gekozen om toch door te gaan. In de projecten komt dit uiteindelijk terug als een boemerang bij vervolgtesten die falen of uitgesteld moeten worden. Een voorbeeld hiervan is een test starten, hoewel er fatale of kritieke openstaande bevindingen zijn. Ook wordt met testen begonnen terwijl er nog veel storingen openstaan voor installaties. In deze gevallen wordt er dan gezegd dat die aspecten de test niet raken. Zelfs bij de integratietest is dit excuses gebruikt, terwijl dat de test is waar alle installaties beschikbaar zouden moeten zijn en getest worden. Ook hier was het resultaat dat testen later overgedaan moesten worden met extra doorlooptijd en kosten als consequentie.

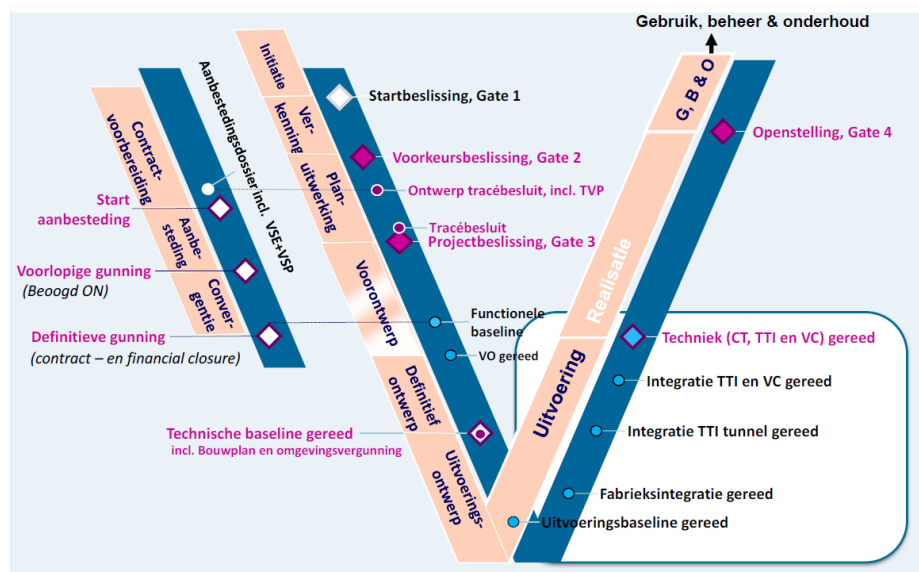
Ook is vaak geconstateerd dat bevindingen die niet direct uit het testscript komen, niet adequaat geadmistreerd worden. Zo kan het gebeuren dat er tijdens het testen van de ventilatie er iets raars gebeurt met een vluchtdeur. Een dergelijke bevinding wordt dan afgedaan door te zeggen dat dat niet bij de test hoort. Zelfs als de vluchtdeur een dag tevoren nog succesvol getest was.

3.3 Testlevels

Hoewel in de WWAT de testlevels behoorlijk uitgebreid beschreven staan, is er nog veel verwarring. Dit blijkt uit de toepassing en uitwerking van de testlevels binnen projecten. Zie de figuur hieronder voor de stappen in het V-model volgens de [WWAT]. De verschillende testlevels hebben de volgende doelen:

- De ISAT is bedoeld als testen tijdens de integratie van de installaties
- De SIT-T is bedoeld om de tunnel als geïntegreerd geheel te testen
- De SIT-TS is bedoeld om de specifieke processen (gebaseerd op UPP) te testen tegen een geheel geïntegreerd tunnelsysteem

Doordat elk testlevel zijn eigen doel heeft, worden er op elk testlevel ook andere testen uitgevoerd. Zo richten de testen in de ISAT zich specifiek op de samenwerking tussen de onderdelen, terwijl de testen in de SIT-TS zich richten op de correcte en soepele toepassing van de UPP processen.



3.4 Productrisico's en traceerbaarheid

Het gebruik van een productrisicoanalyse (PRA) varieert per project. Een PRA wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de risico's wanneer de tunnel (het product) in gebruik wordt genomen. Dit inzicht gebruik je om betere afweging te maken van de zwaarte van de testen van de verschillende onderdelen en testlevels. Met de PRA worden normaal gesproken 2 aspecten benoemd, te weten de mogelijke schade bij optreden van het risico (ernst) en de kans van optreden van het risico (kans). De kans kan bepaald worden door te kijken naar zaken als complexiteit van het onderdeel, maar ook de volwassenheid van de ontwikkelaars en issues die in eerdere projecten zijn opgetreden.

Op basis van de bepaalde testzwaarte kan men één of meerdere testtechnieken gebruiken om die testzwaarte te behalen. De testtechnieken worden gebruikt om testgevallen op te stellen.

Helaas gebeurt het in de projecten heel weinig dat op een gedocumenteerde wijze de PRA is opgesteld. Het gedocumenteerd gebruik van testtechnieken gebeurt vrijwel nergens. Het is dan erg lastig te bepalen wat de dekking is van de opgestelde testgevallen. Bovendien is niet helder waar de productrisico's op gebaseerd zijn.

Om dit te illustreren, hierbij enkele voorbeelden uit projecten:

- **Requirements worden direct omgezet in testgevallen**
Het is niet duidelijk hoe de requirements gedekt wordt en hoe volledig de dekking is;
- **PRA met testzwaarte direct naar testgevallen**
Ook hier is het niet duidelijk hoe de productrisico's gedekt worden aangezien de stap van de testtechnieken overgeslagen is of niet gedocumenteerd;
- **Requirement naar PRA zonder motivatie**
Onduidelijk hoe men tot de inschatting van de productrisico's is gekomen;
- **PRA is opgesteld voor de installaties, maar niet toegepast op de test levels**
Toepassing van de geschatte testzwaarte is niet mogelijk op testlevel. Dit heeft tot gevolg dat niet voldoende bekend is waarom op een bepaalde manier getest is en wat de waarde van de testen nu eigenlijk is.

3.5 Regressietest

Doordat de projecten lang duren en er tijdens het projecten veel wijzigingen komen, is het belangrijk dat reeds geteste onderdelen, opnieuw getest worden om te controleren of ze het nog steeds doen. Dit wordt regressietest genoemd.

In het geval van een bugfix in een installatie wordt vaak slechts de bugfix getest, zonder te kijken welke invloed de bugfix nog meer kan hebben op de installatie of verbonden installaties. In dit geval wordt aangeraden een test uit te voeren die breder is dan alleen het hertesten van de bugfix. Dat kan door te kijken hoe de wijziging in de software ten behoeve van de bugfix andere onderdelen raakt. Andere mogelijk geraakte onderdelen dienen dan getest te worden op regressie.

3.6 Conclusie

Uit het voorgaande blijkt dat er nog veel winst is te behalen op het vlak van kwaliteit en testen. Binnen de projecten worden meestal goede testprocessen opgesteld, die tijdens de projectuitvoering niet nagekomen worden. Rode draad in het geheel zijn 2 aspecten:

- Bepaal op een inzichtelijke wijze de teststrategie, zodat duidelijk is hoe zwaar een onderdeel getest wordt. Dit begint met het opstellen van de globale productrisicoanalyse en wordt (traceerbaar) doorgetrokken naar de testgevallen en bevindingen.
- Bepaal welk doel een testlevel heeft en bepaal per test de entry- en exitcriteria. Het is belangrijk de (zelf opgestelde) criteria op te volgen en niet bochten af te snijden.

4 Hoe kan ik het geleerde toepassen op mijn eigen projecten?

Er wordt voor het verbeteren van de projectuitvoering veel gezocht in de technologie. Zeker het standaardiseren van de interfaces en bouwblokken heeft veel potentie om het bouwen van de software voor de installaties te versnellen en te vereenvoudigen.

Waar echte winst is te halen, is het op orde brengen van de processen. In dit artikel hebben we alleen gekeken naar de processen die een koppeling hebben met kwaliteit en testen.

Wanneer de volgende onderdelen beter uitgevoerd zouden worden, zou dat het project echt vooruit helpen:

- **Standaardisatie**
Door het standaardiseren van interfaces en het identificeren van bouwblokken, wordt het ontwikkelen van een tweede instantie van een vergelijkbaar product veel eenvoudiger, minder foutgevoelig en bespaart kosten.

- **Productrisico's**
Stel de PRA op een controleerbare wijze op en gebruik de PRA d.m.v. testtechnieken om de productrisico's op voldoende wijze af te dekken;
- **Testlevels**
Elk testlevel heeft zijn eigen focus c.q. doel. Bepaal dit doel van tevoren voordat de testgevallen zijn bepaald. Stem je teststrategie daar op af;
- **Nakomen van de entry- en exitcriteria**
Wanneer niet voldaan wordt aan de entrycriteria, wees dan zeer voorzichtig met het door laten gaan van de test. Als men toch doorgaat met de test als niet aan de entrycriteria voldaan wordt, komt dit vrijwel in alle gevallen een boemerang terug.

5 Bronnen

[1] Testen in tunnels, P. Duisters, J. Hofmans, E. Hartog, 2015, Zie:

https://www.improveqs.nl/media/1103/hoe_test_je_een_tunnel.pdf

[2] Groeiboek Digitaal Aantonen, Centrum voor Ondergronds Bouwen, Zie: <https://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/groeiboek/digitaal-aantonen/>

[3] Landelijke Tunnel Standaard (LTS), versie 1.2, 2012, Zie:

<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/aanleg-tunnels/landelijke-tunnelstandaard/index.aspx>

[4] Werkwijze Aanleg Tunnels (WWAT), onderdeel van [LTS], document 3.1

[5] TMap Next, Tim Koomen et al, Uitgeverij Tutein Nolthenius, 2006

[6] ISTQB - Foundations of Software Testing, Dorothy Graham et al, Cengage, 2019

6 Over de auteur

Eduard Hartog: Na 16 jaar als ontwikkelaar en projectleider gewerkt te hebben, heeft Eduard uiteindelijk gekozen voor het kwaliteitsvak. Inmiddels heeft Eduard meer dan 15 jaar ervaring met zowel testen als kwaliteitsmanagement in het technische domein. Hij werkt veel in civiele projecten met een installatie-technische component, zoals tunnels, bruggen en spoor.

Contactgegevens: eduard.hartog@improveqs.nl

