


**OPMERKINGEN**

- › Deze hand-out is ter informatie, er kunnen geen rechten aan worden ontleend.
- › Niets uit deze presentatie mag worden gebruikt zonder schriftelijke toestemming van TNO

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving



1



**TNO** innovation for life

**OP WEG NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS VAN DE GEBOUWDE OMGEVING**

ROB ROEF

2

**NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS**

**INHOUD**

- › Aanleiding
- › Introductie op netwerken van Predictive Twins
- › Predictive Twins bij vervanging en renovatie infrastructuur
- › Data op orde
- › Predictive Twins bij de energietransitie bestaande bouw



3



4

### MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

#### RENOVATIE INFRASTRUCTUUR

- › RWS: 4.100 bruggen/viaducten (NL: ongeveer 53.000)
- › Bouwpiek periode 1960 - 1980
- › Ontwerplevensduur ongeveer 80 jaar
- › Flinke toename zwaar verkeer sinds 1960



A27 Merwedebrug die >3500kg Utrecht volgt  
Rotterdam A58/A16

#### ENERGIETRANSITIE BESTAANDE BOUW

- › NL: 7 miljoen woningen en bedrijfsgebouwen
- › In 2050 ambitie: alle woningen CO2 neutraal
- › Renovatieopgave: 1.000 gebouwen per dag



TNO innovation for life

5

### OPTIMALISATIES OP BOUWERK- EN NETWERKNIVEAU WAAR DOEN WE HET VOOR?

INFRA	VEILIGHEID	DUURZAAMHEID	HINDER	KOSTEN
GEBOUW	ENERGIE	COMFORT	GEZONDHEID	KOSTEN




TNO innovation for life

6

### DIGITALE ONTWIKKELINGEN SPEERPUNTEN TNO BOUW, INFRA & MARITIEM

SLIMME MEETSISTEMEN



ASSET LIFECYCLE INFORMATIE MODELLING



ARTIFICIAL INTELLIGENCE & MACHINE LEARNING



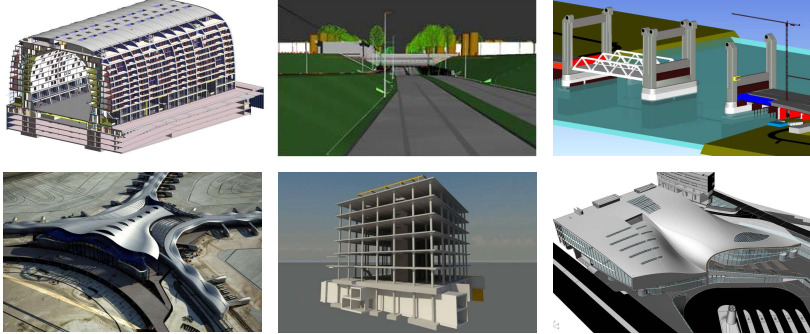
PREDICTIVE TWINS



TNO innovation for life

7

### EEN BELANGRIJKE STAP IN DE DIGITALE TRANSFORMATIE: WERKEN MET BOUW INFORMATIE MODELLEN (BIM)

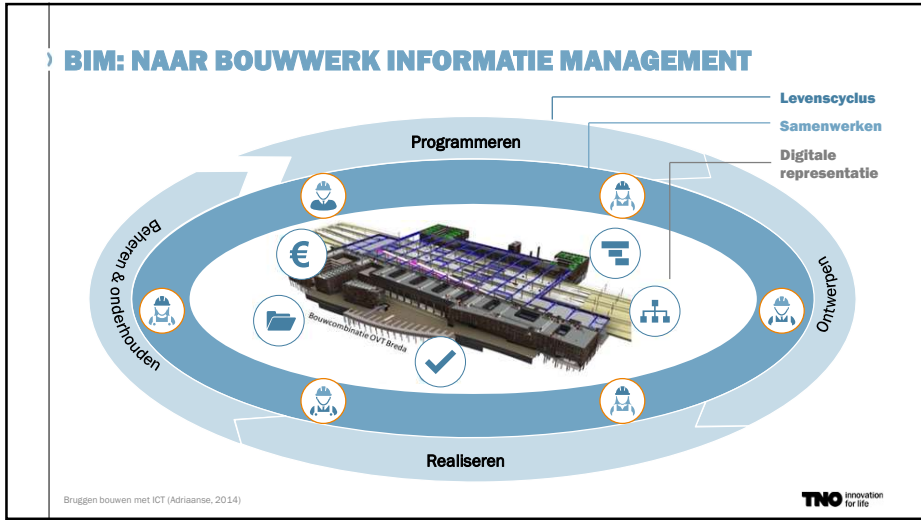


Bruggen bouwen met ICT (Adriaanse, 2014)

TNO innovation for life

8

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving



9

### NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS

#### INHOUD

- › Aanleiding
- › Introductie op netwerken van Predictive Twins
- › Predictive Twins bij vervanging en renovatie infrastructuur
- › Data op orde
- › Predictive Twins bij de energietransitie bestaande bouw

TNO Innovation for life

10

### ER IS STEEDS MEER (ACTUELE) MEETDATA

**~20 data punten per uur**

**KNMI weerdata**

- › Temperatuur
- › Zonneshijin
- › Bewolking
- › Neerslag
- › ...

**>4M data punten per uur**

**TNO meetdata brug**

- › Rekken
- › Temperaturen

**300 data punten per uur per rijbaan**

**NDW verkeersdata**

- › Aantal voertuigen per uur
- › 5 lengte categorieën

TNO Innovation for life

11

### VISIE: PREDICTIVE TWINS VAN DE GEBOUWDE OMGEVING

BEHEER & ONDERHOUD

PLAN

ONTWERP

REALISATIE

Een predictive twin:

- › Is een **digitale replica** van de fysieke twin
- › Beoordeelt de **actuele situatie**
- › Doet **voorspellingen**
- › **Leert** van nieuwe informatie
- › Stelt **beslissingen** voor (of beslist)

TNO BI&M: civiele constructies, wegen, gebouwen, offshore wind, glastuinbouw

TNO Innovation for life

12

**1. INFORMATIE & MEETDATA**

- › Informatie (o.a. BIM)
- › Meetdata

**2. MODELLEN & LEREN**

- › Fysische modellen
- › Machine Learning

**3. SIMULEREN & BESLISSEN**

- › Voorspellingen
- › Scenario's

Network (verkeersnetwerk, wijk)  
 Bouwwerk (brug, gebouw)  
 Onderdeel (brugdek, ruimte)

TNO innovation for life

13

**1. INFORMATIE & MEETDATA**

- › Informatie (o.a. BIM)
- › Meetdata

**2. MODELLEN & LEREN**

- › Fysische modellen
- › Machine Learning

**3. SIMULEREN & BESLISSEN**

- › Voorspellingen
- › Scenario's

Network (verkeersnetwerk, wijk)  
 Bouwwerk (brug, gebouw)  
 Onderdeel (brugdek, ruimte)

TNO innovation for life

14

**1. INFORMATIE & MEETDATA**

- › Informatie (o.a. BIM)
- › Meetdata

**2. MODELLEN & LEREN**

- › Fysische modellen
- › Machine Learning

**3. SIMULEREN & BESLISSEN**

- › Voorspellingen
- › Scenario's

Network (verkeersnetwerk, wijk)  
 Bouwwerk (brug, gebouw)  
 Onderdeel (brugdek, ruimte)

TNO innovation for life

15

**1. INFORMATIE & MEETDATA**

- › Informatie (o.a. BIM)
- › Meetdata

**2. MODELLEN & LEREN**

- › Fysische modellen
- › Machine Learning

**3. SIMULEREN & BESLISSEN**

- › Voorspellingen
- › Scenario's

Network (verkeersnetwerk, wijk)  
 Bouwwerk (brug, gebouw)  
 Onderdeel (brugdek, ruimte)

TNO innovation for life

16

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

### ENKELE UITDAGINGEN BIJ ONTWIKKELING EN GEBRUIK

- › **Efficiënt (her)bruikbaar, lerend**  
Haalbaarheid van (netwerken van) predictive twins
- › **'Fit for purpose'**  
Niet elke situatie vraagt om de meest uitgebreide predictive twin
- › **Verbinden van kennisdomeinen**  
Samenwerking civiele techniek, AI, informatie modellering, etc.
- › **Structureren en verbinden van informatiebronnen**  
Bijeenbrengen van informatie over de asset levenscyclus(sen)
- › **Gefragmenteerde belangen en business modellen**  
Aanjager nieuwe werkwijzen & business modellen in de bouw?



TNO Innovation for life

17

### NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS

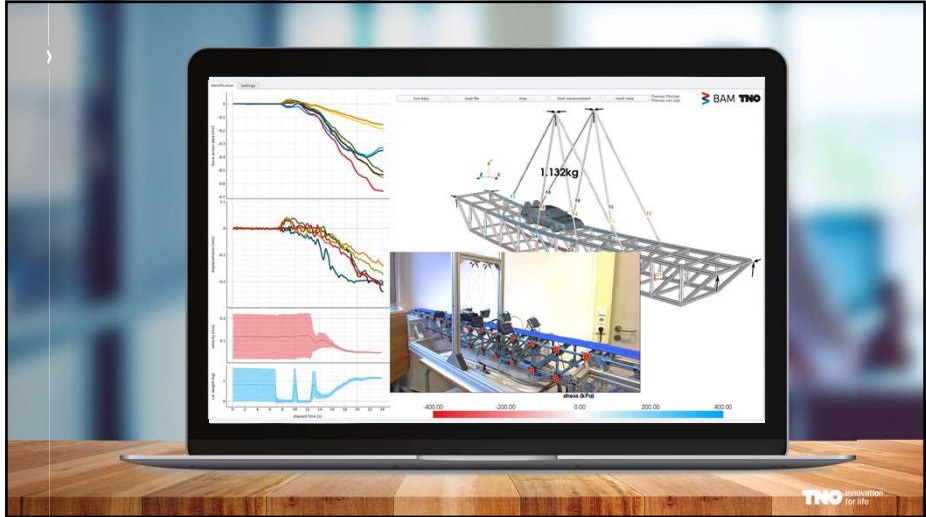
#### INHOUD

- › Aanleiding
- › Introductie op netwerken van Predictive Twins
- › Predictive Twins bij vervanging en renovatie infrastructuur
- › Data op orde
- › Predictive Twins bij de energietransitie bestaande bouw

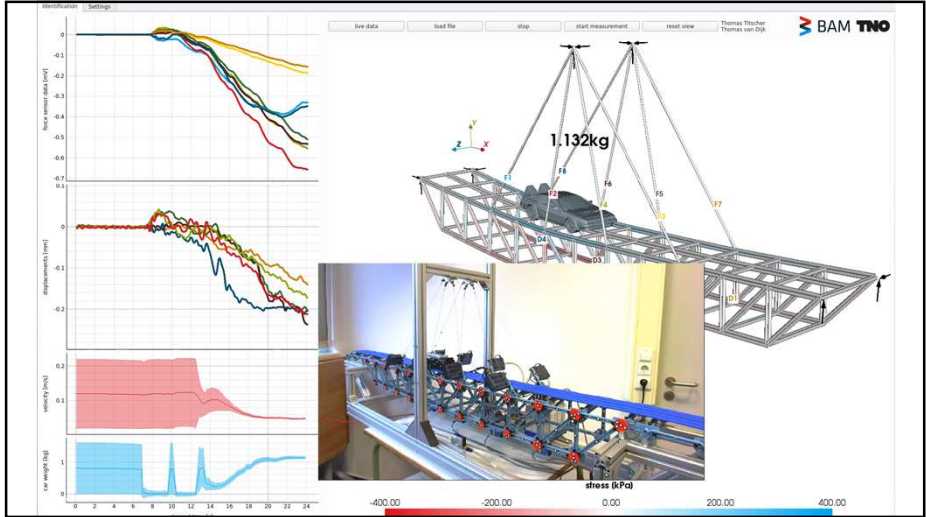


TNO Innovation for life

18



19



20



21

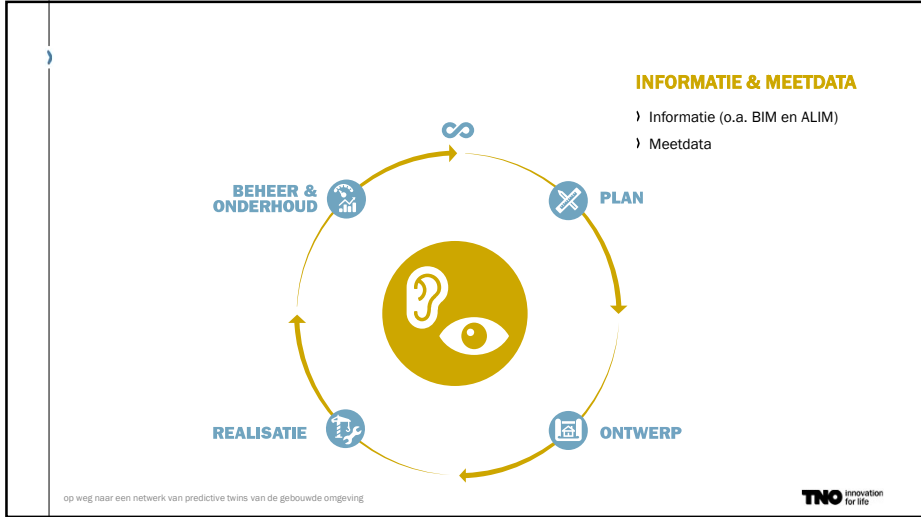
### NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS

**INHOUD**

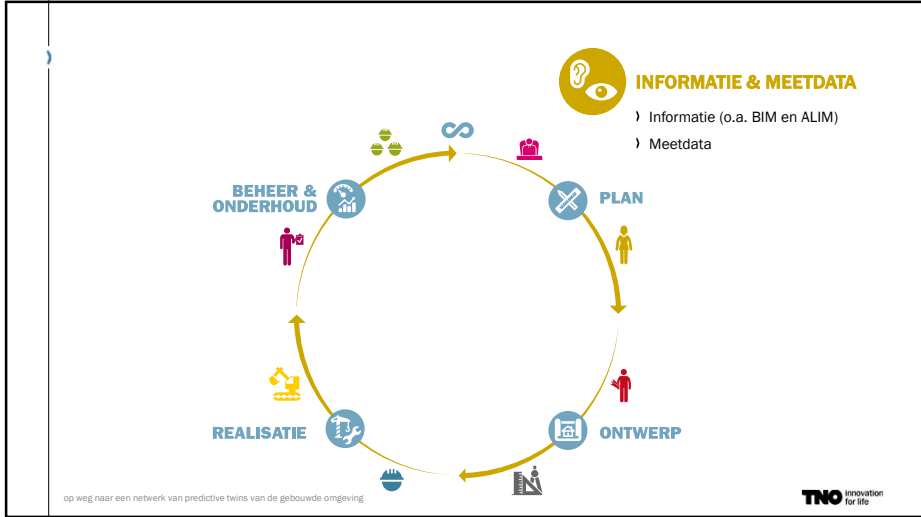
- › Aanleiding
- › Introductie op netwerken van Predictive Twins
- › Predictive Twins bij vervanging en renovatie infrastructuur
- › Data op orde
- › Predictive Twins bij de energietransitie bestaande bouw

TNO Innovation for life

22

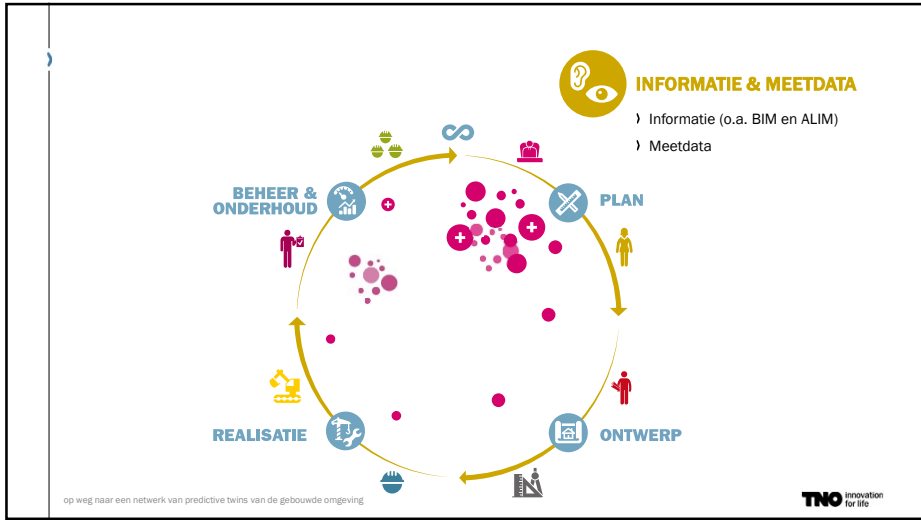


23

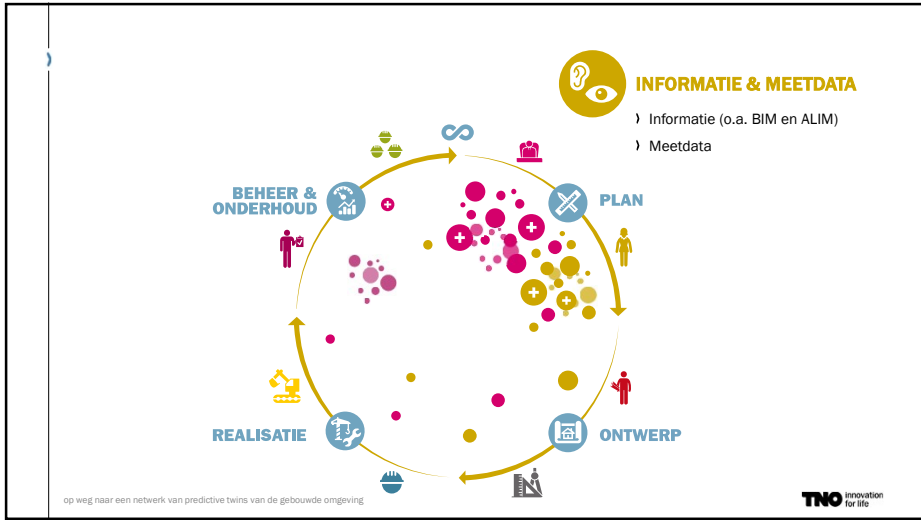


24

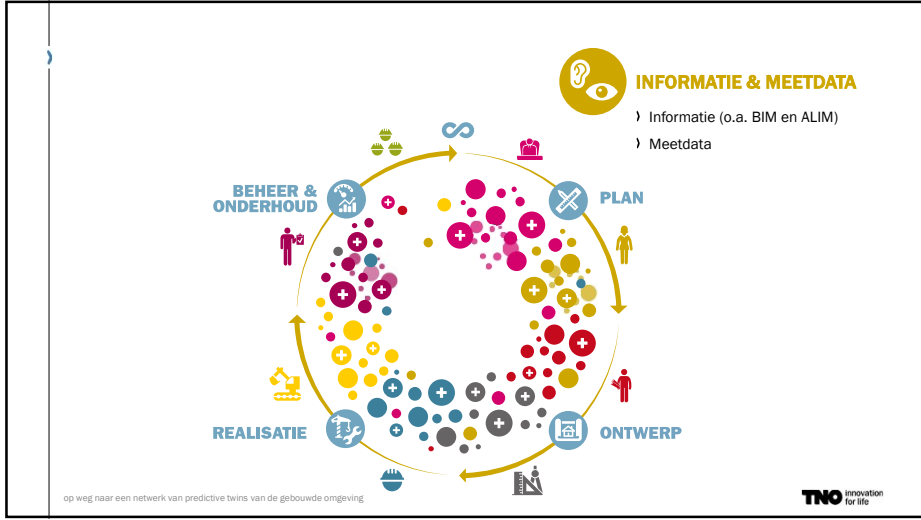
op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving



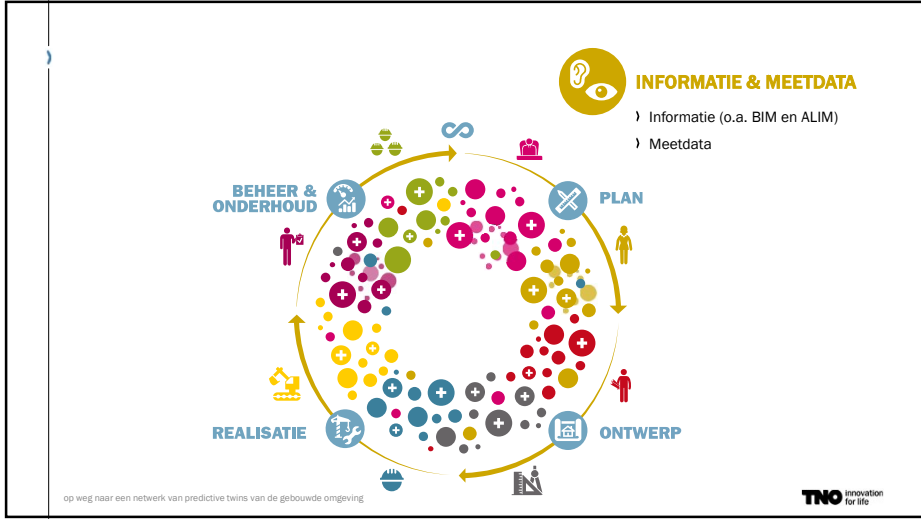
25



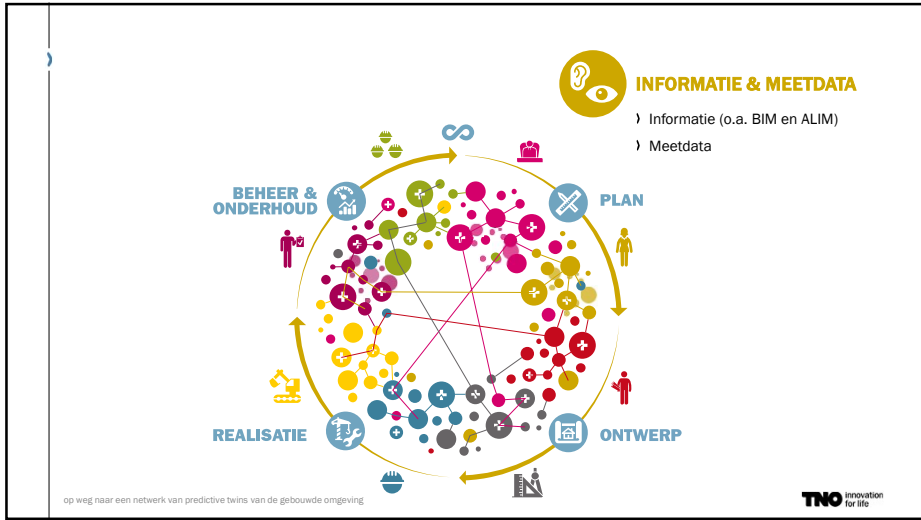
26



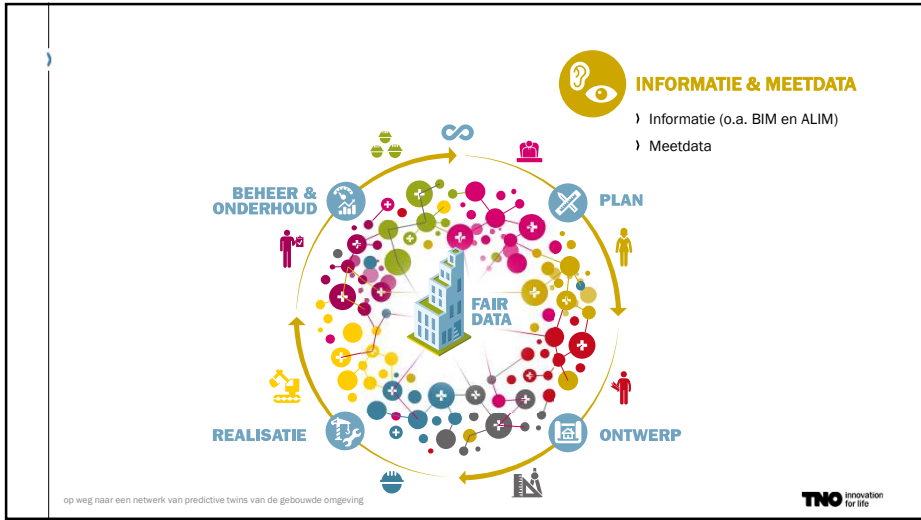
27



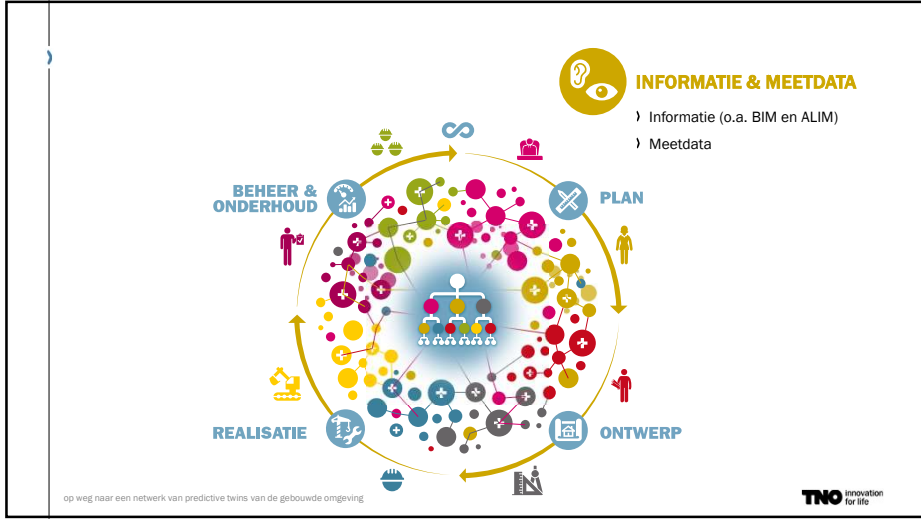
28



29



30



31

**TYPISCHE PROBLEMEN MET DATA**

NEGATIEF BEELD

**“UN-FAIR”**

- **UNFINDABLE**
- **UNACCESSIBLE**
- **NOT INTEROPERABLE**
- **NOT REUSABLE**

ONVOLLEDIG  
 VEROUDERD  
 VERKEERD  
 INCONSISTENT  
 GEÏSOLEERD  
 SOFTWARE AFHANKELIJK

- **GEEN INCREMENTELE KENNIS OPGEBOUWD**
- **SLECHTE COMMUNICATIE TUSSEN PARTNERS**
- **BEPERKTE INTEGRALE BESLISSINGSONDERSTEUNING**

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

TNO Innovation for life

32




op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

### DE MOGELIJKHEDEN VAN DATA-GEBRUIK

POSITIEVE KIJK, BIJ GEBRUIK VAN DE JUISTE (ÉÉN) "TAAL"

- **FINDABLE**
- **ACCESSIBLE**
- **INTEROPERABLE**
- **REUSABLE**

**"FAIR"**



- **VOLLEDIG**
- **WERKELIJK**
- **JUIST**
- **CONSISTENT**
- **SOFTWARE ONAFHANKELIJK**
- **GEKOPPELD**

- **VOORTDURENDE OPBOUW VAN KENNIS**
- **OPTIMALE COMMUNICATIE TUSSEN PARTNERS**
- **MOGELIJK MAKEN VAN INTEGRALE BESLISSINGSONDERSTEUNING**

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

**TNO** Innovation for life

33

### NAAR EEN NETWERK VAN PREDICTIVE TWINS

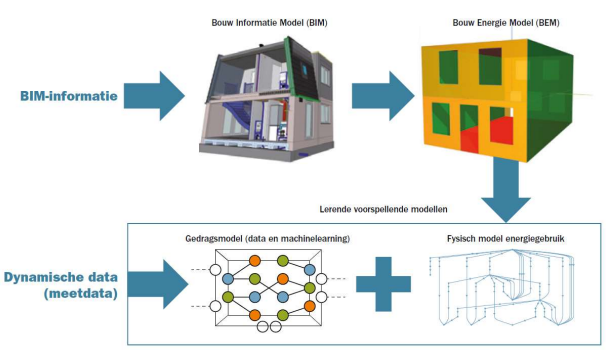
#### INHOUD

- › Aanleiding
- › Introductie op netwerken van Predictive Twins
- › Predictive Twins bij vervanging en renovatie infrastructuur
- › Data op orde
- › Predictive Twins bij de energietransitie bestaande bouw

**TNO** Innovation for life

34

### VAN BIM NAAR LERENDE VOORSPELLENDE MODELLEN



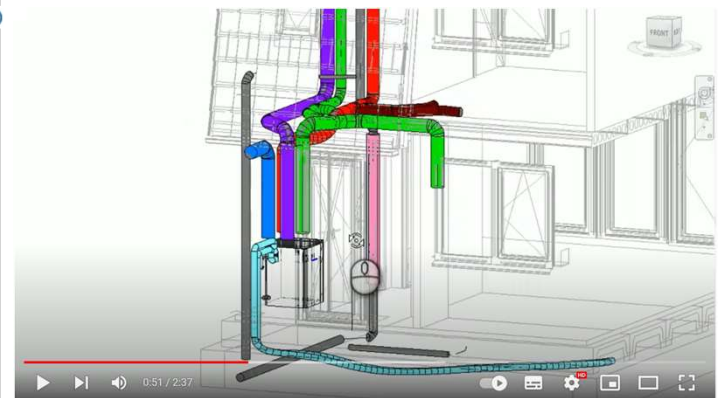
**BIM-informatie** → **Bouw Informatie Model (BIM)** → **Bouw Energie Model (BEM)**

**Dynamische data (meetdata)** → **Lerende voorspellende modellen**

Lerende voorspellende modellen = Gedragsmodel (data en machinelearning) + Fysisch model energiegebruik

**TNO** Innovation for life

35



op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

**TNO** Innovation for life

36

op weg naar een netwerk van predictive twins van de gebouwde omgeving

**TNO POSITION PAPER**

**NAAR NETWERKEN VAN PREDICTIVE TWINS VAN DE GEBOUWDE OMGEVING**

**TNO** innovation for life

**INHOUD**

Samenvatting	1
Wat zijn netwerken van predictive twins	4
Waarom moet men dit doen	6
De praktische valkuilen van DTN	10
4 Implementatiegebieden	11
1. Ontwerp- en realisatiegebied: architectuur en constructie	11
2. Ontwerp- en realisatiegebied: energie en water	12
3. Ontwerp- en realisatiegebied: vervoer	13
4. Ontwerp- en realisatiegebied: landbouw	14
Conclusie	16
Doelstelling	17

**TNO** innovation for life

37

**MEER WETEN? NEEM CONTACT OP**

**WEBSITE & SOCIAL MEDIA:**  
[www.tno.nl/BIM-digitalisering](http://www.tno.nl/BIM-digitalisering)

**ROB ROEF**  
[rob.roef@tno.nl](mailto:rob.roef@tno.nl)  
088 - 866 24 23

**TNO** innovation for life

38

**BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

**TNO** innovation for life  
Rob Roef, [rob.roef@tno.nl](mailto:rob.roef@tno.nl)

39