









## Resilience analyse Een nieuw ontwerpcriterium?

Elja Huibregtse

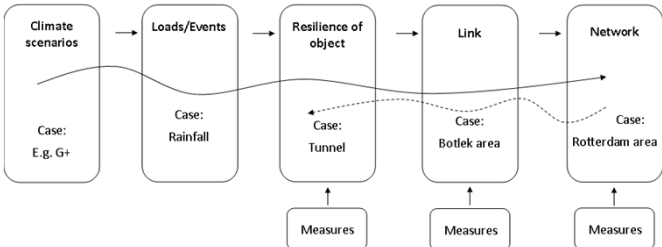






### Aanleiding


- › Onderbouwde besluitvorming klimaat robuuste infrastructuur
- › Inzicht effecten klimaatverandering op prestaties infrastructuur netwerk ontbreekt - kwantificatie
- › Omgaan met onzekerheden
- › INCAH: Relatie prestatie component ↔ prestatie netwerk



```

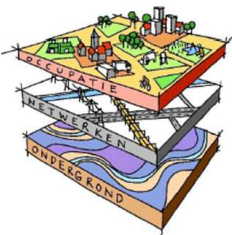
graph LR
    A[Climate scenarios  
Case: E.g. G+] --> B[Loads/Events  
Case: Rainfall]
    B --> C[Resilience of object  
Case: Tunnel]
    C --> D[Link  
Case: Botlek area]
    D --> E[Network  
Case: Rotterdam area]
    M1[Measures] --> C
    M2[Measures] --> D
    M3[Measures] --> E
    
```



## Doel

- › Opzetten methode om effecten klimaatverandering op prestatie van componenten te kwantificeren
- › Effect van onzekerheden
- › Basis is resilience analyse / tipping point analyse
- › Test case: gevolgen intense(re) regenval voor tunnel
  
- › Wat kunnen we straks?
- › Bij klimaat verandering bepalen wat de kans op falen (RAMS) is van een component als functie van de tijd








## Positionering





**RIMAROCC**




**P2R2C2**





**SWAMP**







## Aanpak

# CLIMATE ROBUST ROADS, RAILWAYS AND TUNNELS WP2 - PROJECT 2



**Project objectives**

1. Develop method to quantify the effects of climate change for the performance of roads, railways and tunnels
2. Develop method to identify measures to limit the consequences of climate change
3. Application to number of cases in agreement with stakeholders

**Tipping point analyses**

System description

↓

Resilience of system  
In terms of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)


↓

When is situation no longer acceptable?

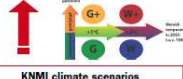
↓

Timeline for measures

**First case**  
Investigation effects of flooding caused by climate change





**Climate change related threats**




**KNMI climate scenarios**

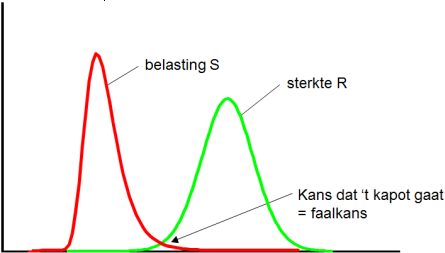
**Suggestions?**

- Current problems in infrastructure related to weather/climate?
- RAMS requirements?
- Interesting cases?

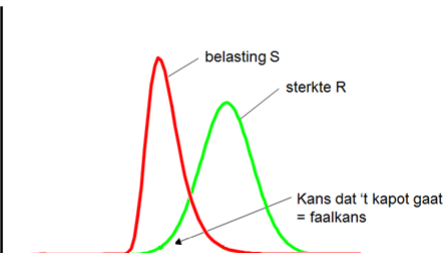





## Risico analyse 1)






Oorspronkelijke situatie



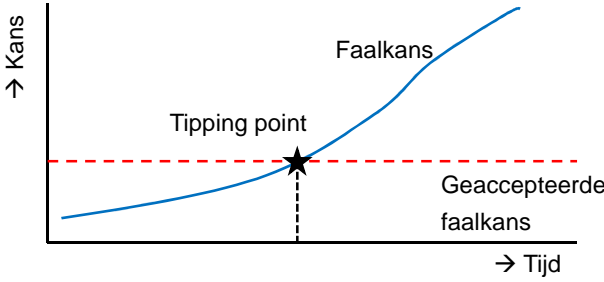
Met klimaatverandering:  
verschuiving belasting  
→ grotere faalkans

3









## Risiko analyse 2)

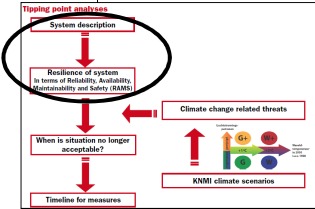


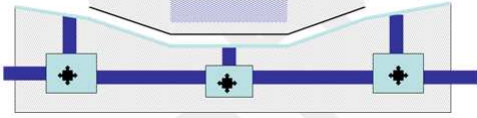
- › Analogie: bouw, waterveiligheid
- › Geaccepteerde faalkans, afhankelijk van:
  - › Consequenties falen
  - › Differentiatie naar belang van de tunnel
  - › Veiligheidsklassen

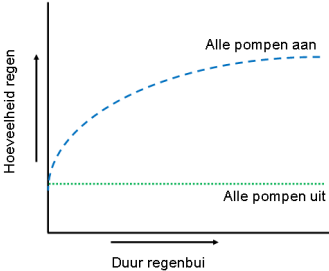




## Sterkte Tunnel systeem






Hoeveel water kan de tunnel verwerken?

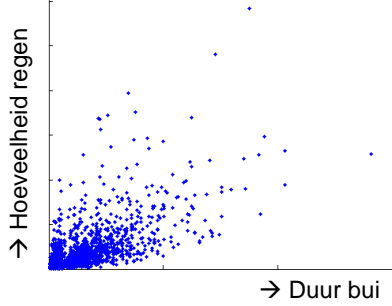


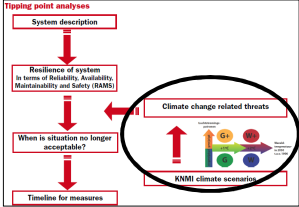




## Belasting Kansverdeling regenval


- › Beschrijving klimaatverandering in typische parameters, bijvoorbeeld:
  - › Regenduur
  - › Regenintensiteit
- › Kansverdeling opstellen:
  - › Als functie van de tijd
  - › In uitwerking
  - › Overleg TNO - KNMI



→ Duur bui

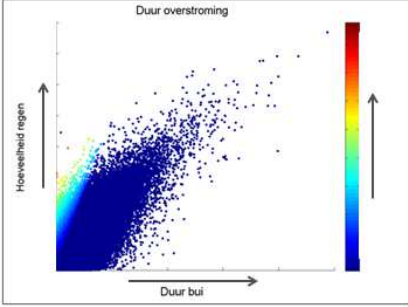


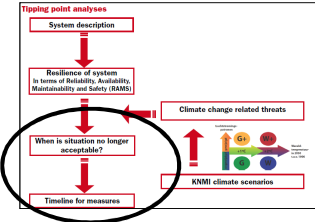




## Analyse

- › Wanneer is situatie niet langer acceptabel?
  - › Reliability, Availability, Maintainability, Safety (RAMS)
  - › Afhankelijk van totale netwerk
  - › Afhankelijk van stakeholders
- › Maatregelen
  - › Afhankelijk van totale netwerk
  - › Ook afhankelijk van verwachte economische groei, verkeersbelasting



Duur overstroming

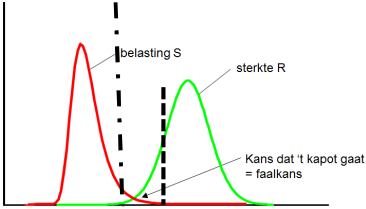







**TNO** innovation  
for life

## Vervolg & discussie

- › **Maatgevende bui:**
  - › 1 karakteristieke waarde
  - › Praktisch bij ontwerp:
    - › Systeem werkt of faalt
  - › Ernst van falen niet meegenomen:
    - › Onderscheid belang tunnel
    - › Over/onder dimensionering
- › **Kansverdeling:**
  - › Faalkans
  - › Beschouwing ernst falen
  - › Nuancering bij bestaande bouw
  - › Trade off tussen verschillende invloeden



**TNO** innovation  
for life

## Vervolg & discussie

- › Resilience analyse kan goed aansluiten bij maatgevende bui:
  - › Onderlegger voor vaststellen maatgevende buien:
    - › Afhankelijk van belang tunnel (analogie: *veiligheidsklassen*)
    - › Bestaande bouw ↔ nieuwbouw
- › Zien jullie deze meerwaarde ook?
  - › Wat spreekt jullie wel / niet aan?
  - › Wat zien jullie als prioriteit om uit te werken?
- › Hoe wordt maatgevende bui nu vastgesteld?