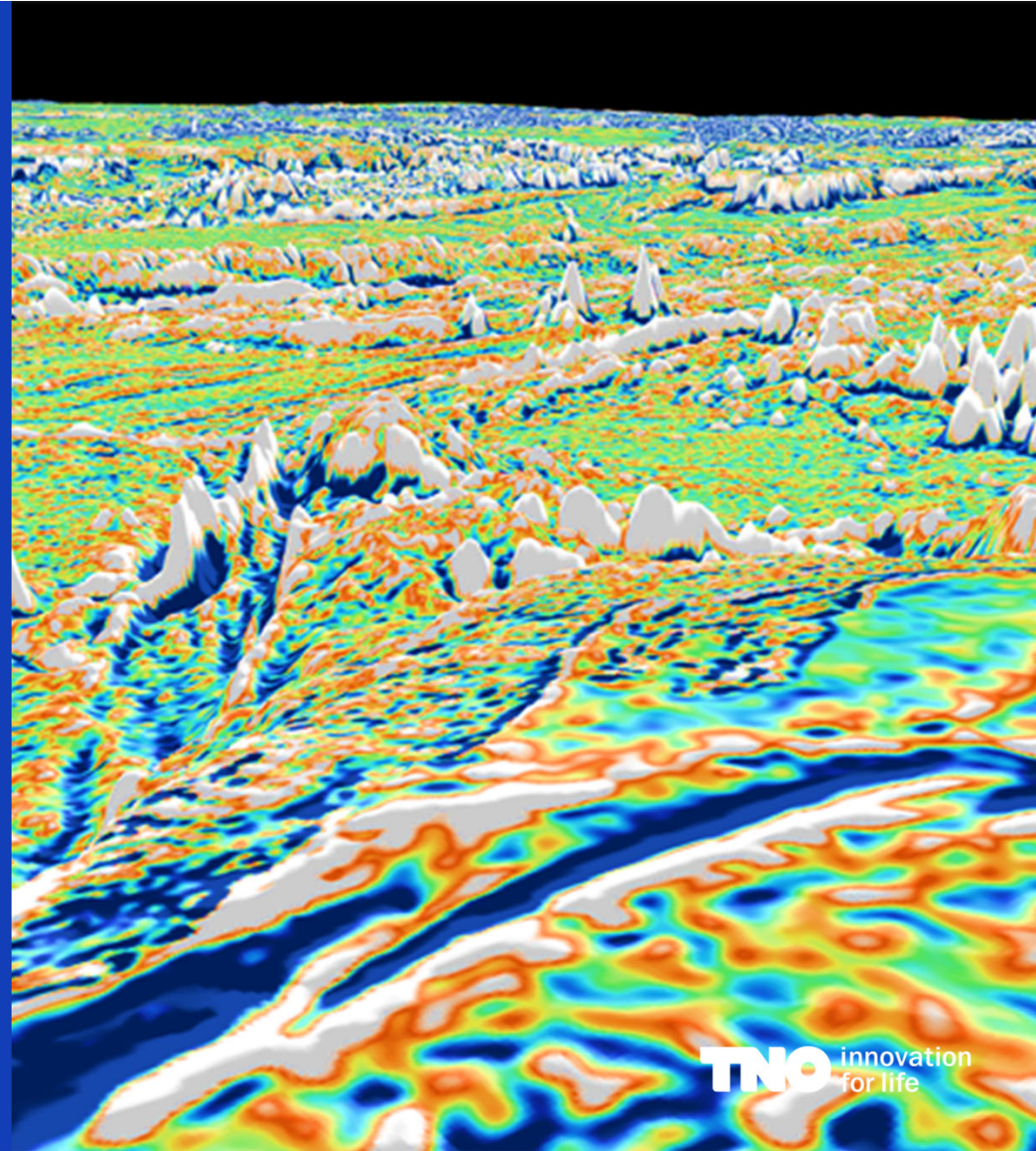


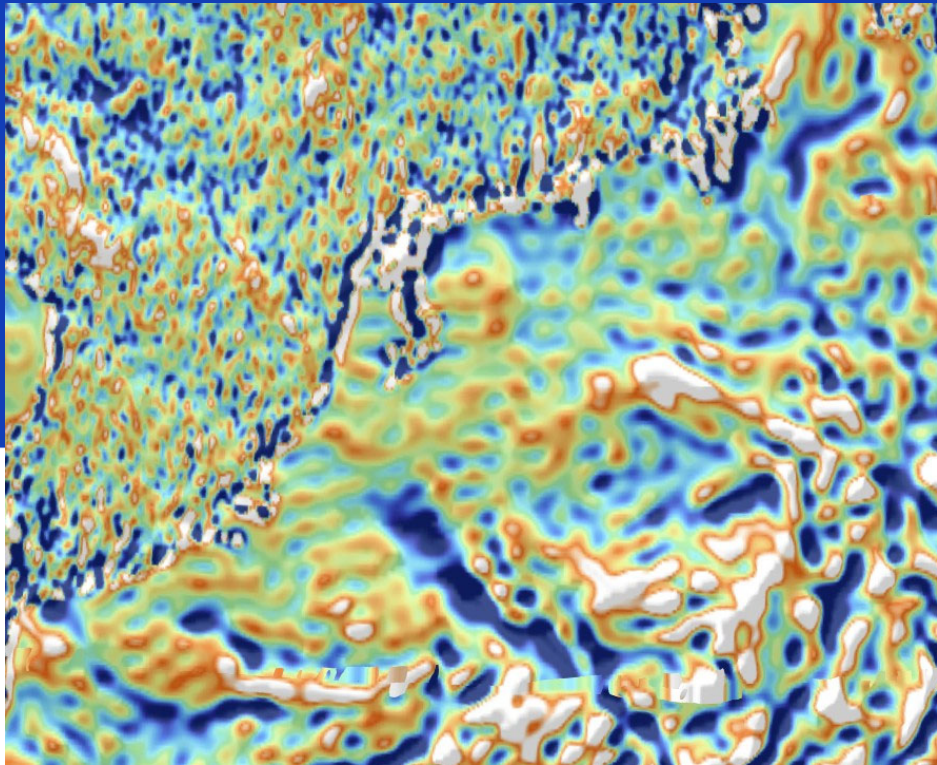
# Quantum- PNT

Navigation beyond GNSS

ir. M. Zijlstra | TNO



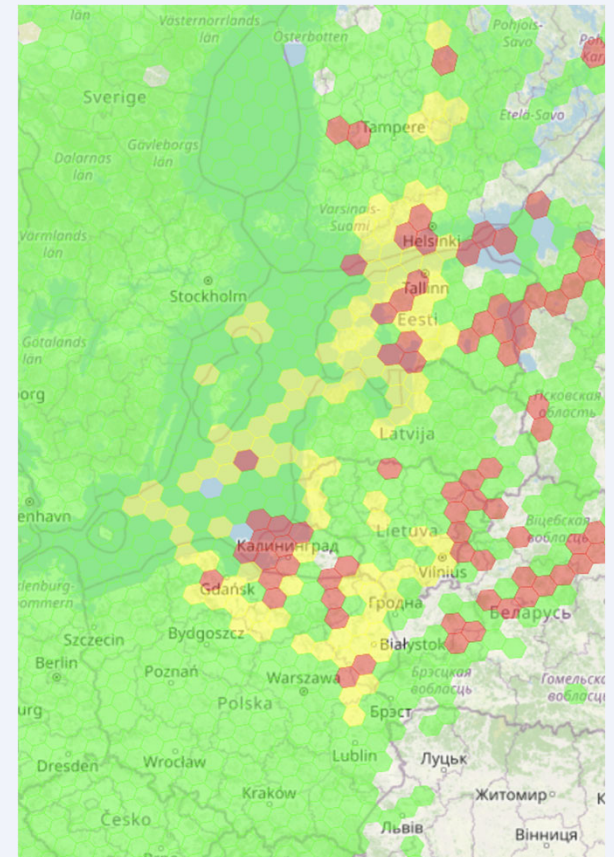
# Agenda



1. De kwetsbaarheden van GNSS
2. Alternatieve Oplossingen & Quantum
3. Magnetic Aiding
4. Gravity Aiding
5. Quantum Inertial

# De kwetsbaarheden van GNSS

- Lage signaalsterkte, dus makkelijk te jammen
- Niet alle signalen zijn cryptografisch beschermd, dus te misleiden
- Alle signalen zijn kopieerbaar, dus meaconing is mogelijk
- GNSS is afhankelijk van kalibratie via het grond-segment
- GNSS is afhankelijk van een IT infrastructuur voor
  - user equipment,
  - Telemetrie & Telecommando,
  - Space Segment
- Constellatie heeft beperkt aantal satellieten, fysiek kwetsbaar



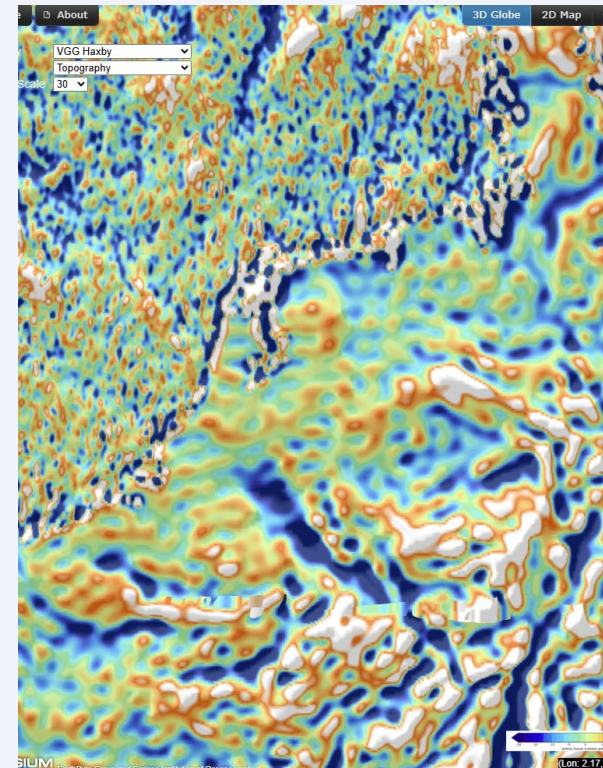
# De kwetsbaarheden van GNSS

- Voor **militaire toepassingen** is GNSS-afhankelijkheid **strategisch riskant**
- Noodzaak tot **Autonome, Robuuste en Passieve** alternatieven

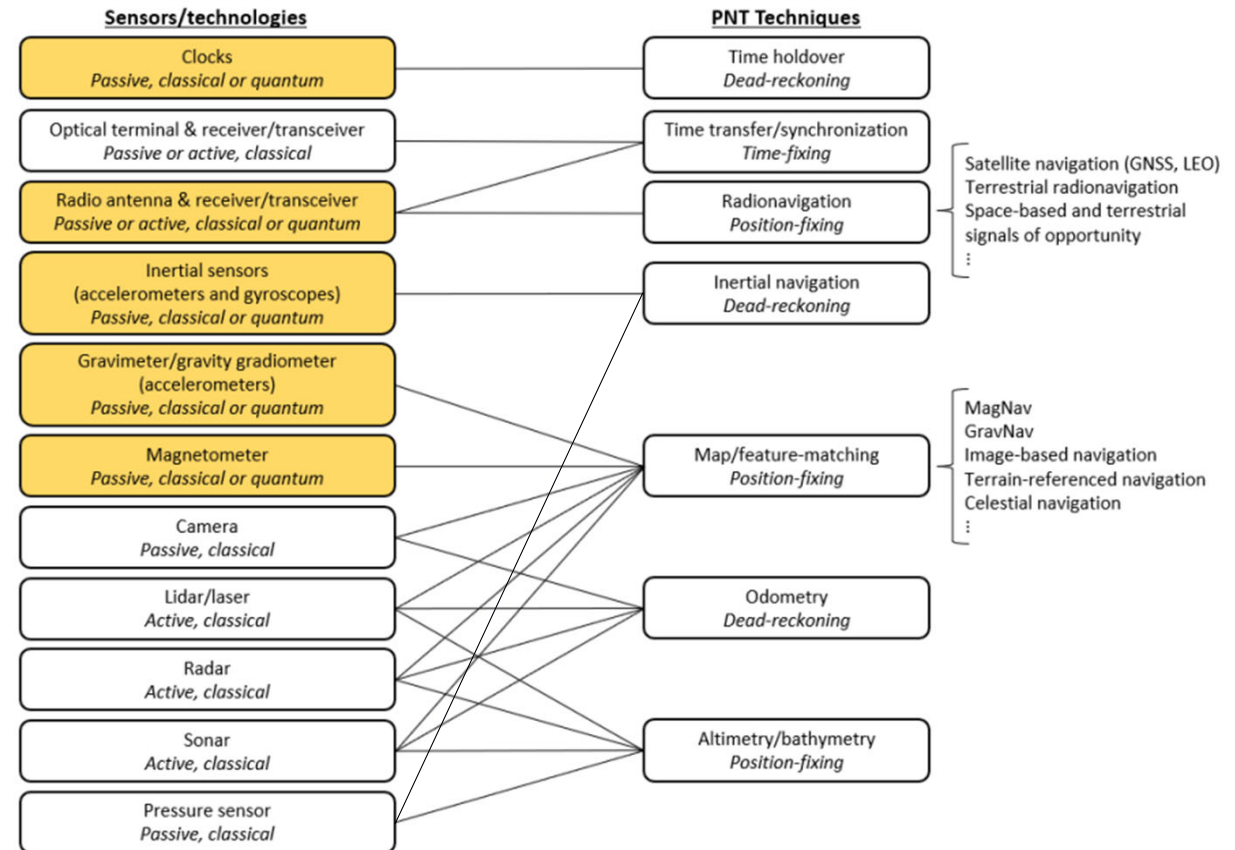


## Het gewenste alternatief

- Hierin vorm **Traagheidsnavigatie** de basis
  - Passief, robuust, maar onderhevig aan drift.
- Aangevuld met 'aardvaste' referentie, zoals
  - Gravitatie-anomalie
  - Magnetische anomalie
- Passende **nauwkeurigheid** voor
  - de taak
  - het moment



# Alternatieve Navigatie oplossingen en Quantum



# Quantum Technologie voor PNT

## Quantum Communicatie & Netwerken

Quantum Key Distributie

Quantum Klok Synchronisatie

## Traagheidsnavigatie

Quantum Clocks

## Terrein Navigatie

Quantum Imaging

Quantum Gravimeters

Quantum Gyroscopes

Quantum Accelerometers

Quantum Gravity Gradiometers

Quantum Magnetometers

# Alternatieve Navigatie Oplossingen & Quantum

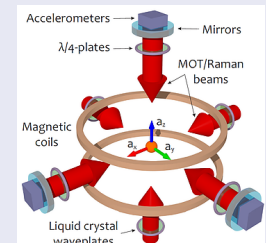
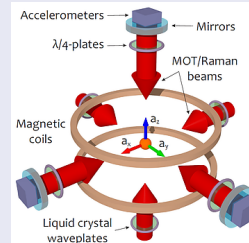
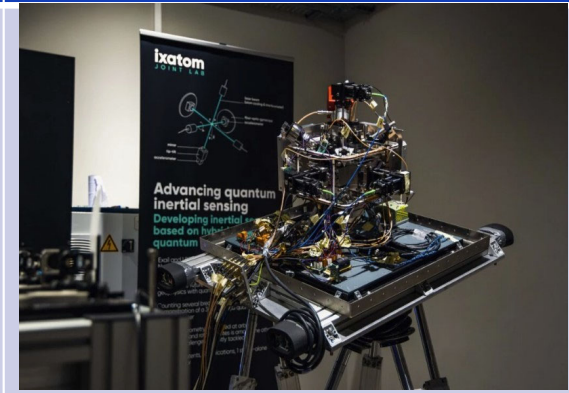
## Magnetic Aiding



## Gravity Aiding



## Quantum Inertial



# Magnetic Aiding

## Werking:

- Gebruikt traagheidsnavigatie als basis
- Vergelijkt lokale magnetische anomalieën met interne kaart om de drift te compenseren

## Uitdagingen

- Het lokale anomalie signaal is klein t.o.v. andere bronnen
- Er zijn kaarten nodig

## Ontwikkel pad

- Binnenkort komen de eerste producten op de markt.





# Gravity Aiding

## Werking:

- Gebruikt traagheidsnavigatie als basis
- Vergelijkt lokale gravitatie gradiënt met interne kaart om de drift te compenseren

## Uitdagingen

- Het lokale anomalie signaal is klein t.o.v. totale signaal
- Er zijn kaarten nodig

## Ontwikkel pad

- Eerste generatie 'strap-down' gravimeters komen komend jaar op de markt.
- Volledige integratie in een Gravity Aiding oplossing (o.b.v. cold atom) zal nog wat extra tijd kosten.



# Quantum Inertial

## Werking:

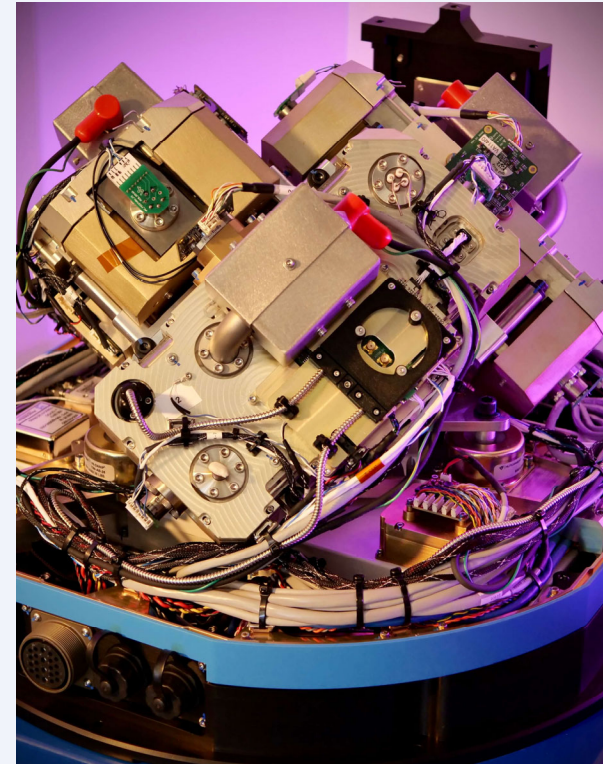
- Quantum accelerometers & gyroscopen zijn zelf-kalibrerend
- Hybridisatie met klassieke sensoren reduceert drift.

## Uitdagingen

- Moeilijke engineering
- Moeilijke miniaturisatie

## Ontwikkelpad

- Eerste demonstrators worden buiten het lab getest (TRL 4/5)
- Nog enkele jaren tot er producten komen



Q-PNT

PNT en onze veiligheid