

Aardbevingen in Groningen

statistiek en risico analyse

Stelling: kennisniveau 8+

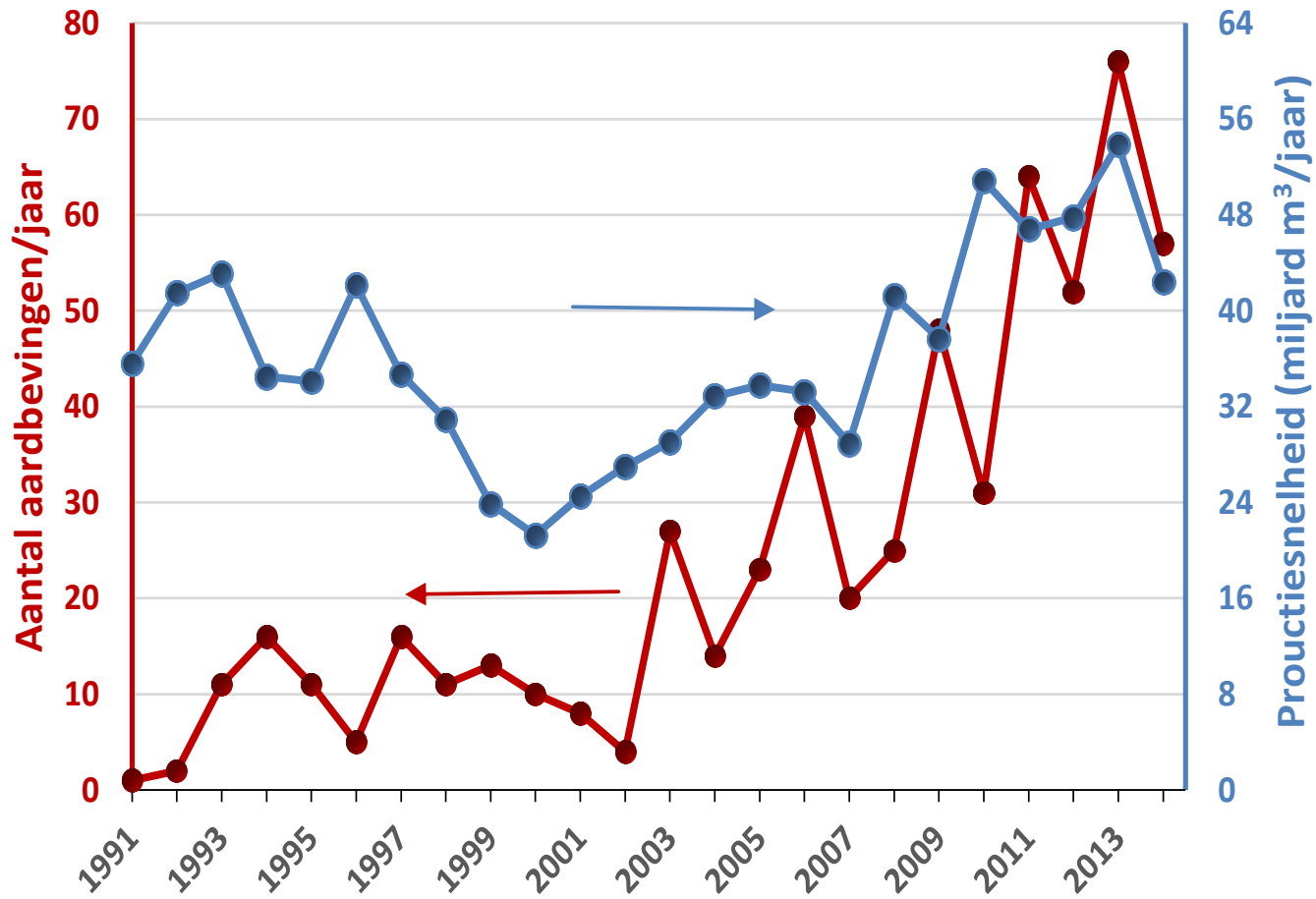
Jacques Hagoort
KIVI Avondseminar Groningen
30 september 2015

Inhoud

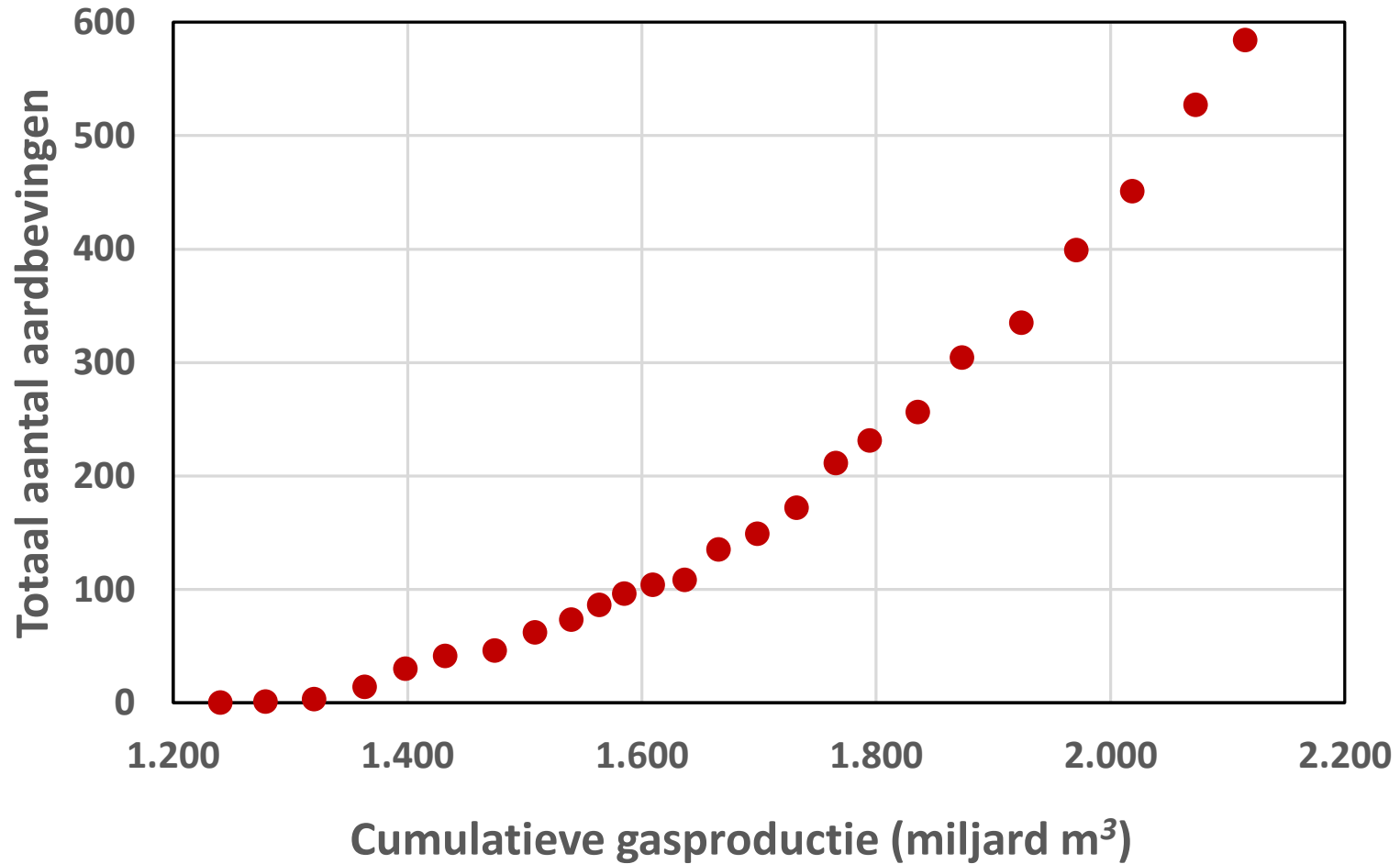
- Aantal aardbevingen
- Sterkte aardbevingen
- Ruimtelijke verdeling
- Statistisch model
- Risicoanalyse
- Risicomitigatie
- Conclusies

Jacques Hagoort: “Aardbevingen in Groningen: Statistiek en Risicoanalyse”,
Ruimtelijke Veiligheid en Risicobeleid (RV&R), Jaargang 6, nr 19 (2015)

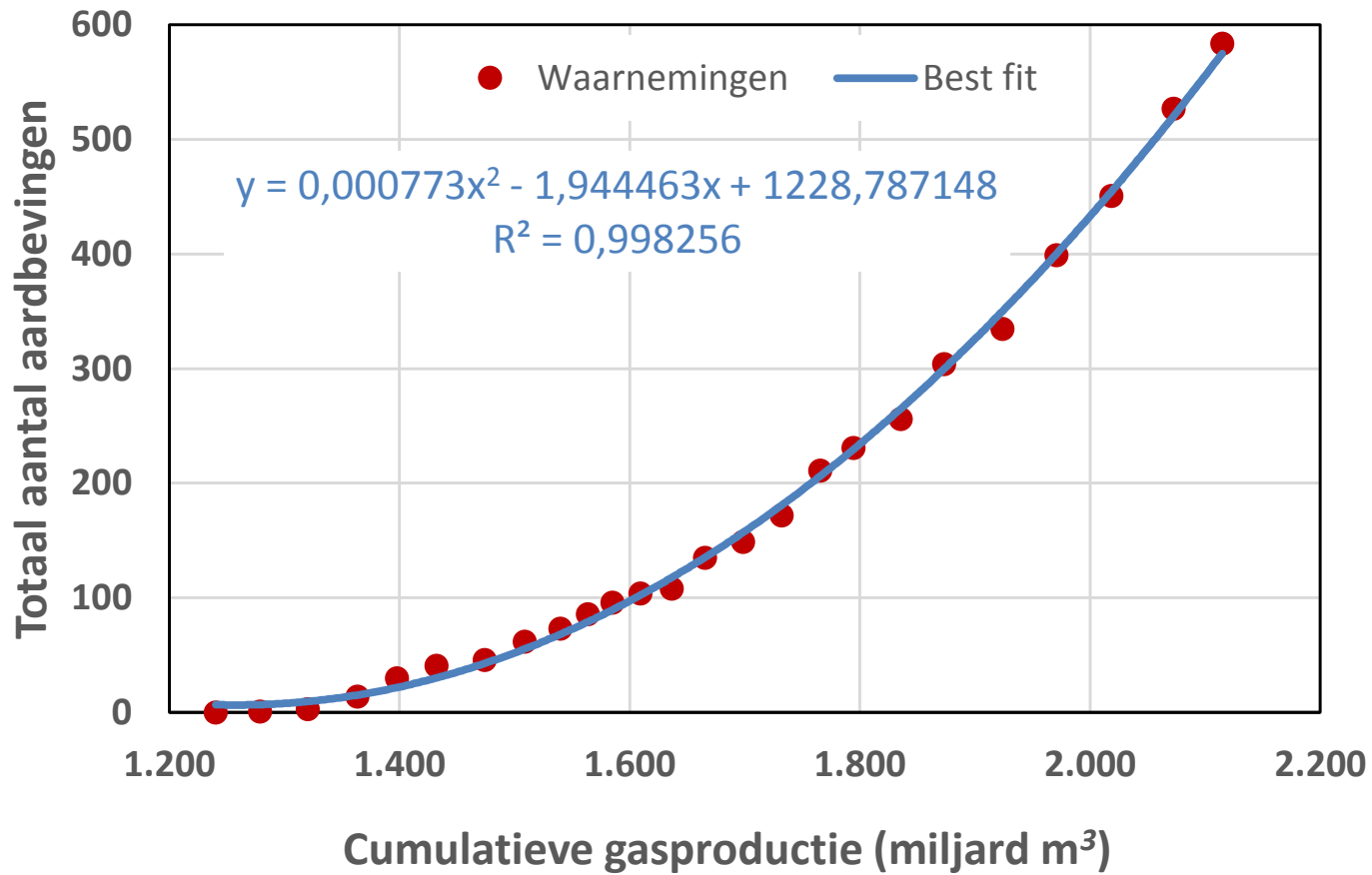
Aantal/Productie



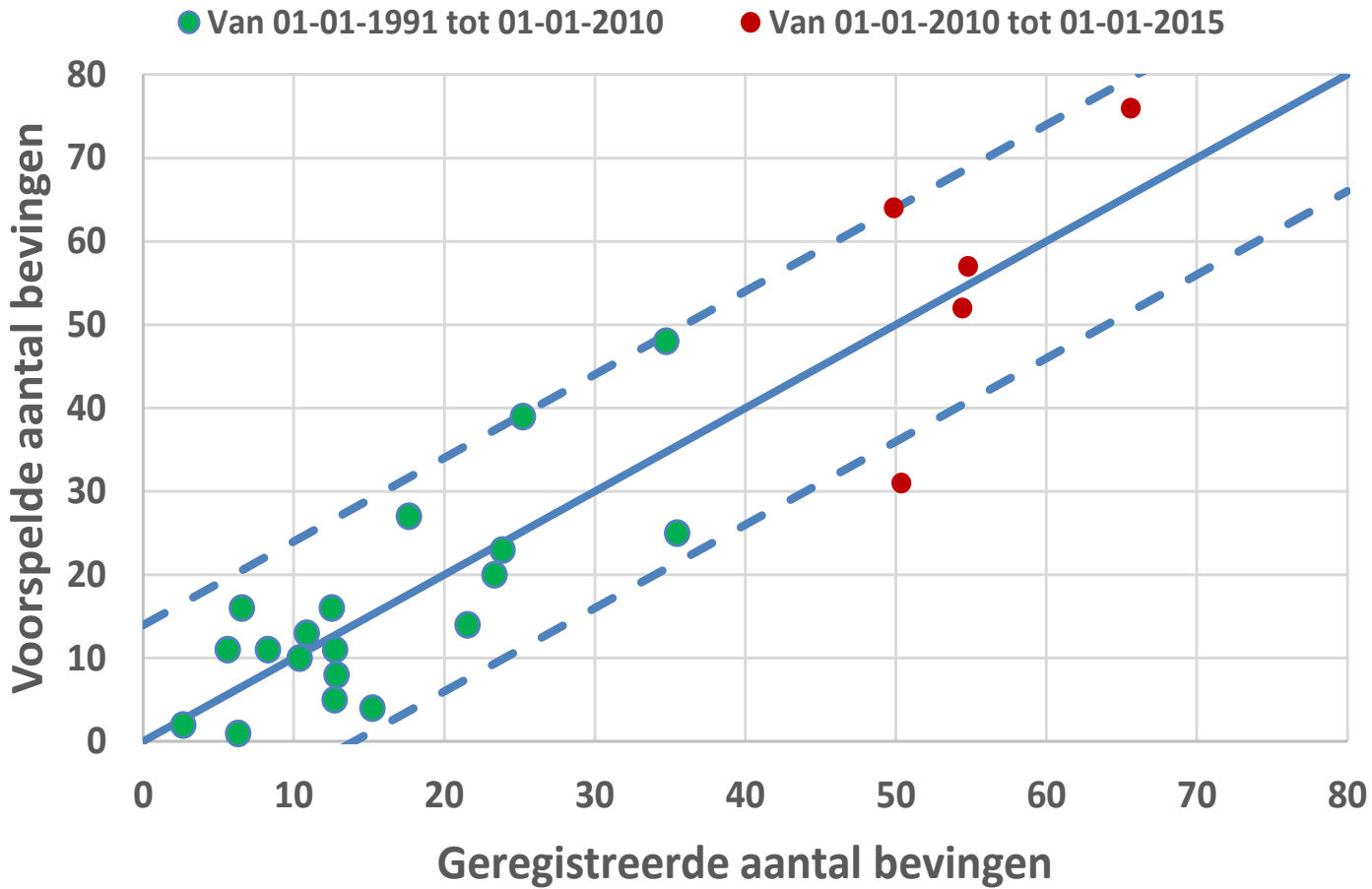
Cumulatieve Plot



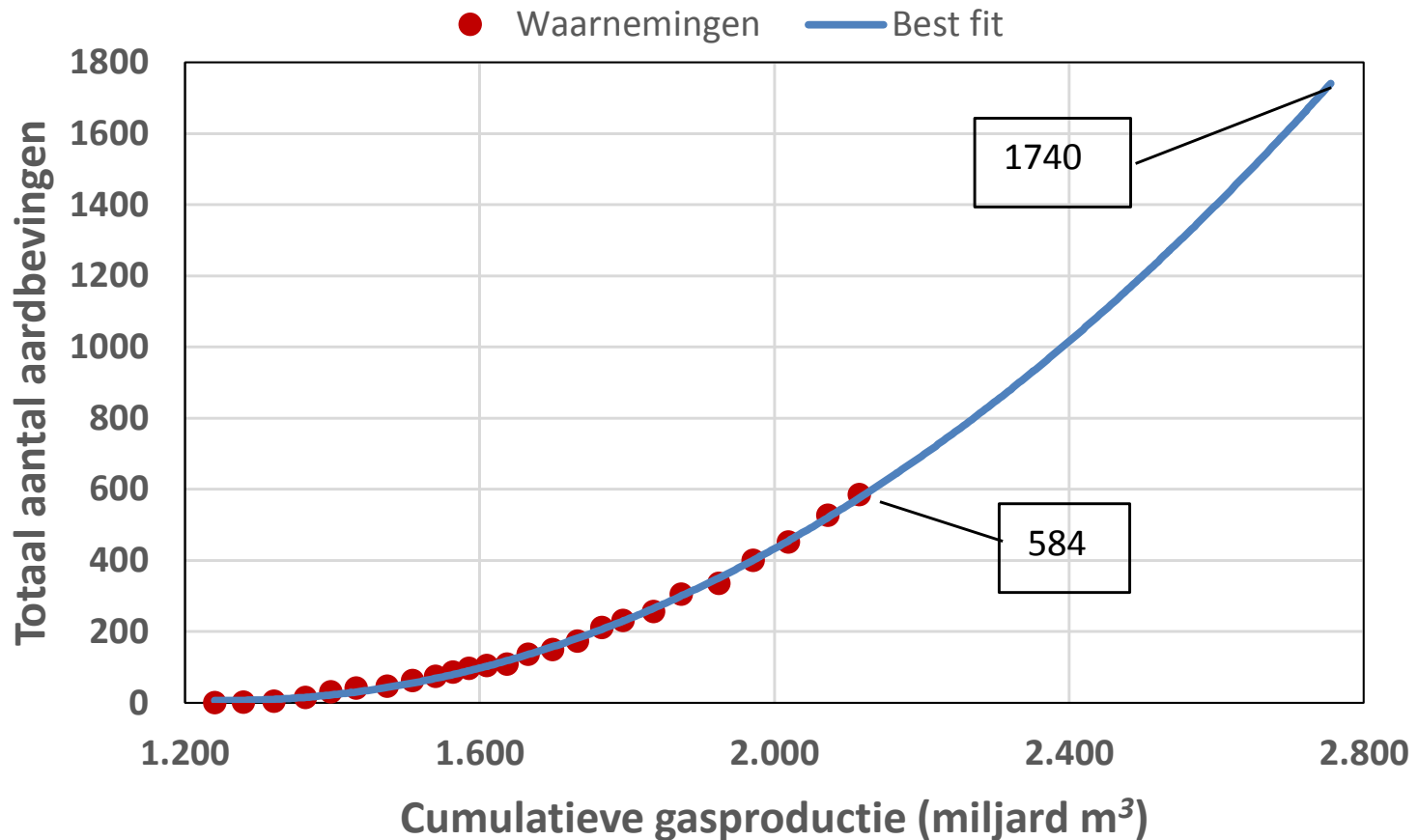
Cumulatieve Plot + Best Fit



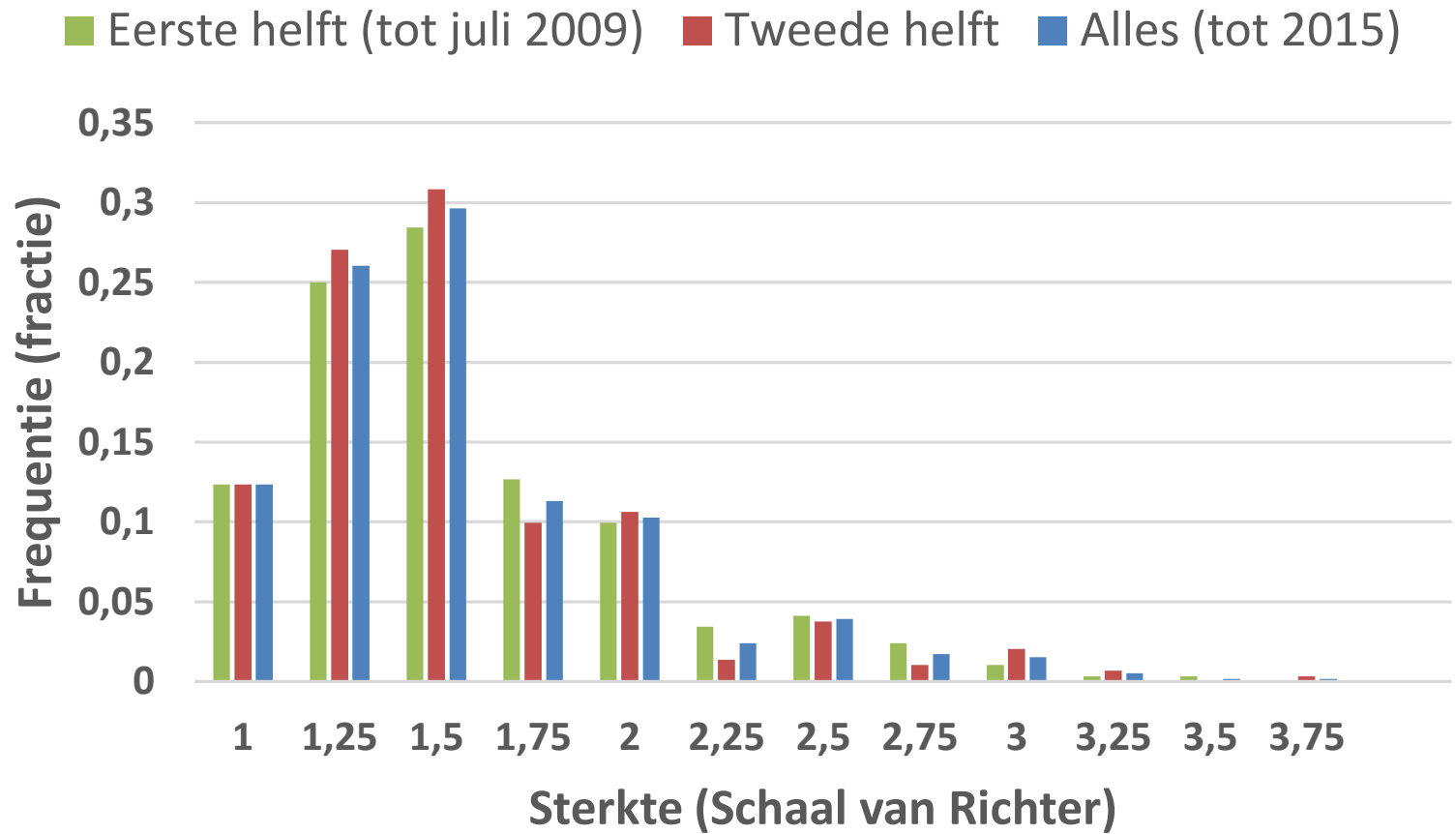
Variabiliteit



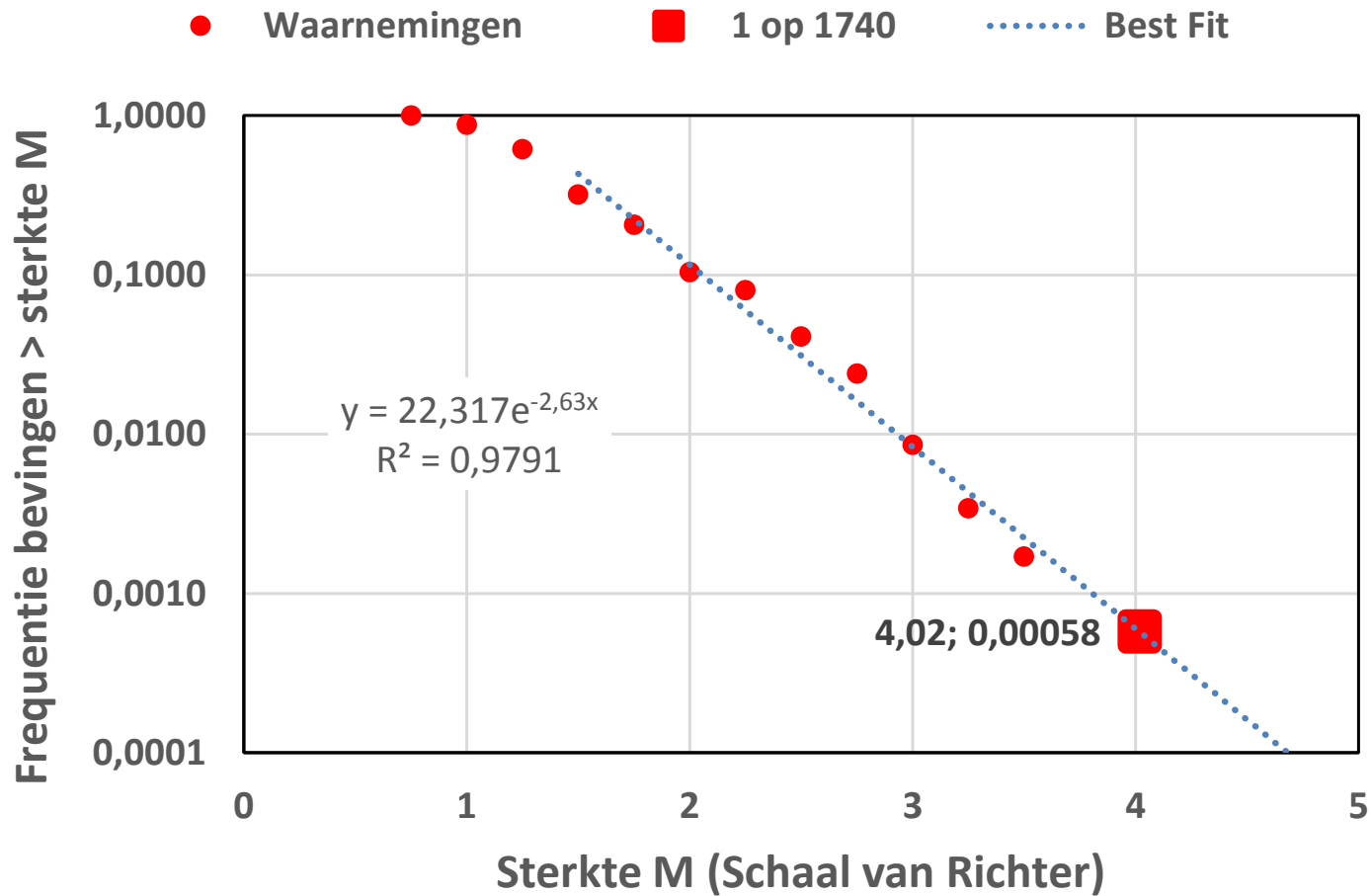
Cumulatieve Plot + Extrapolatie



Sterkteverdeling



Gutenberg – Richter Plot



Ruimtelijke Verdeling

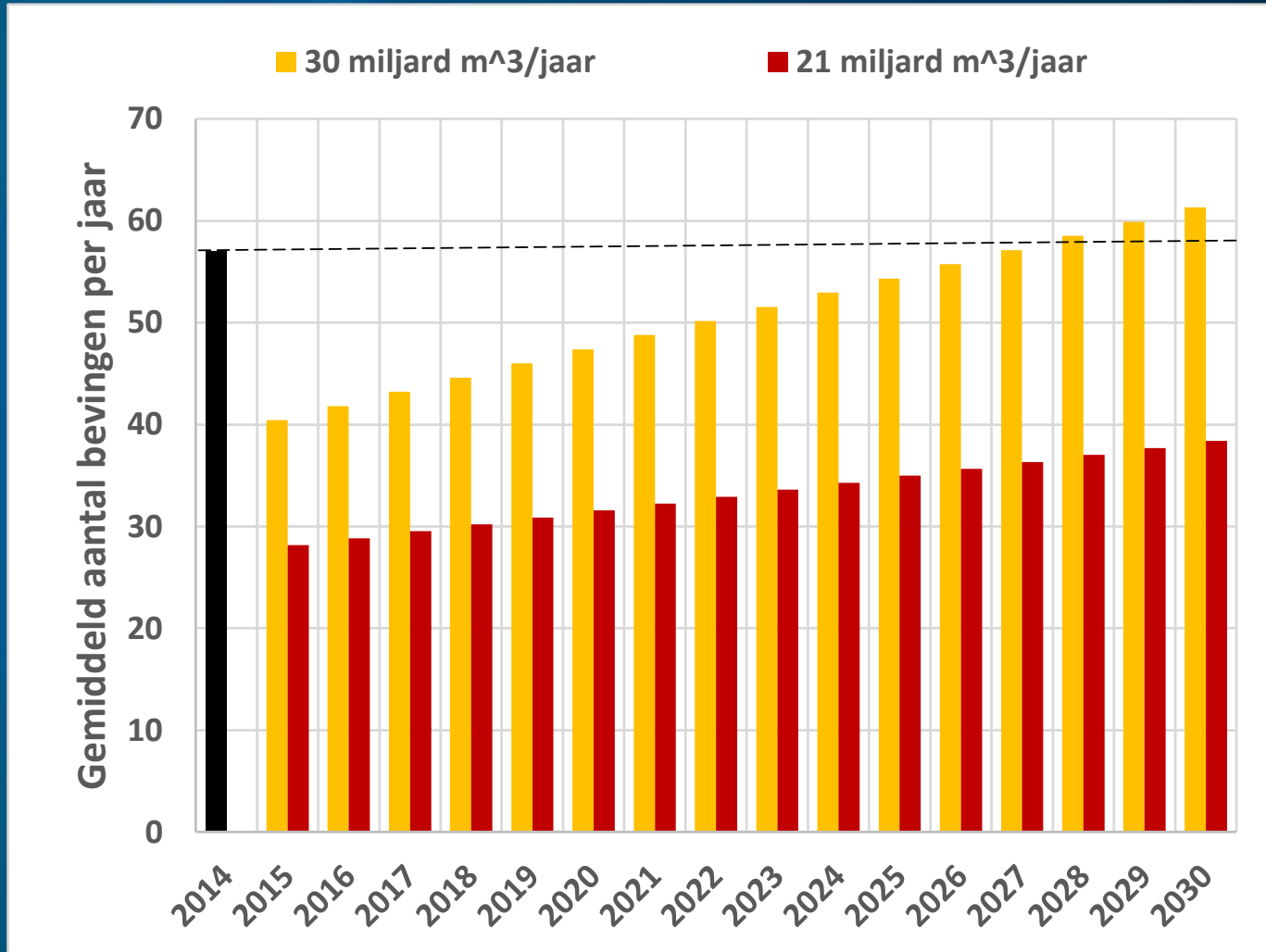
Website Kor Dwarshuis:
www.dwarshuis.com

- Aantal en sterkte volgen compactiecontouren
- Centrum in Loppersum
- Geen invloed van lokale variaties in productiesnelheid

Statistisch model

- Totaal aantal bevingen ligt vast (totaal 1700, 600 gehad, nog 1100 te gaan)
- Aantal bevingen per jaar afhankelijk van productiesnelheid (voorspelbaar)
- Sterkteverdeling bevingen ligt vast
- Maximum sterkte: 4 op Schaal van Richter
- Ruimtelijke verdeling volgt compactie contouren (centrum in Loppersum)

Voorspelling Aantal Bevingen



Risico en Productiesnelheid

Risico = Kans x Gevolg

Kans op $M=4$ per jaar =

(aantal bevingen/jaar) x (kans op $M=4$ /beving)

	30 miljard m ³ /jaar	21 miljard m ³ /jaar
Aantal bevingen per jaar	40	28
Kans op $M=4$ per beving	1/1100	1/1100
Kans op $M=4$ per jaar	40/1100 = 3,6%	28/1100 = 2,5%

Risico vermindering = $(40 - 28)/40 = 30 \%$

Risicoanalyse

1. Seismische dreiging (hazard)
Bepalen van maximale oppervlaktebeweging (piekgrondversnelling PGA)
2. Seismisch risico
Vertalen van PGA naar werkelijke schade (aantal ingestorte huizen en doden)

Risicoanalyse Methode

1. Deterministische methode
plausibel, 'worst-case' scenario
2. Probabilistische methode
alle mogelijke scenario's met input
variabelen in de vorm van
kansverdelingen

Deterministische Methode

- Eenvoudig
- Snel
- Transparant
- Tijdsonafhankelijk
- Gevoeligheidsanalyse
- Benchmark (reality-check)
- Groter draagvlak beleid

Plausibel 'Worst-Case' Scenario

- Van het totaal aantal nog te verwachten aardbevingen zit er 1 bij met een sterkte van 4 op de Schaal van Richter
- Epicentrum van deze beving bevindt zich in Loppersum
- Kan op ieder moment gebeuren

Resultaat 'worst-case' scenario

ARUP Scenario Study (2013):

- Aanzienlijk schaderisico
- Geen veiligheidsrisico

Risicomitigatie

- Versterken van gebouwde omgeving (prioriteit Loppersum)
- Verlagen van productiesnelheid (tijd kopen voor versterking, tijdelijke maatregel)
- Overschakelen op alternatief winningsproces: N₂ injectie

Conclusies

- Analyse van de geregistreeerde aardbevingen levert een empirisch, statistisch model van de door gaswinning geïnduceerde aardbevingen in Groningen.
- Risicoanalyse van aardbevingen in Groningen met behulp van de deterministische methode, gebaseerd op een plausibel 'worst-case' scenario, biedt grote voordelen.
- Plausibel 'worst-case' scenario voor Groningen: op ieder moment één $M=4$ beving in het Loppersum gebied

Conclusies (vervolg)

- ARUP studie van de 'worst-case': geen veiligheidsrisico, wel schaderisico.
- Risicomitigatie door (1) versterking gebouwde omgeving en (2) verlaging productiesnelheid. Productieverlaging is een tijdelijke maatregel.
- Risicomitigatie door grootschalige stikstofinjectie.