



**BLUE**  
**BATTERY** for **GREEN**  
**ENERGY**

Dr. J.M.H. Huynen

KIVI-EL  
Utrecht, 22 januari 2019



# Overzicht



Introductie en historie  
Energiebeleid  
Grootschalige opslag  
Pumped Hydro Storage: O-PAC  
Financiële aspecten  
Socio-economische effecten  
Actualiteit



# Coo – Trois Ponts (B)



## OPAC stuurgroep jaren '80



Koninklijke Volker Stevin / Aveco  
TU Delft  
Royal Haskoning  
Sogecom  
NEOM  
Tweede Kamer, commissie COE

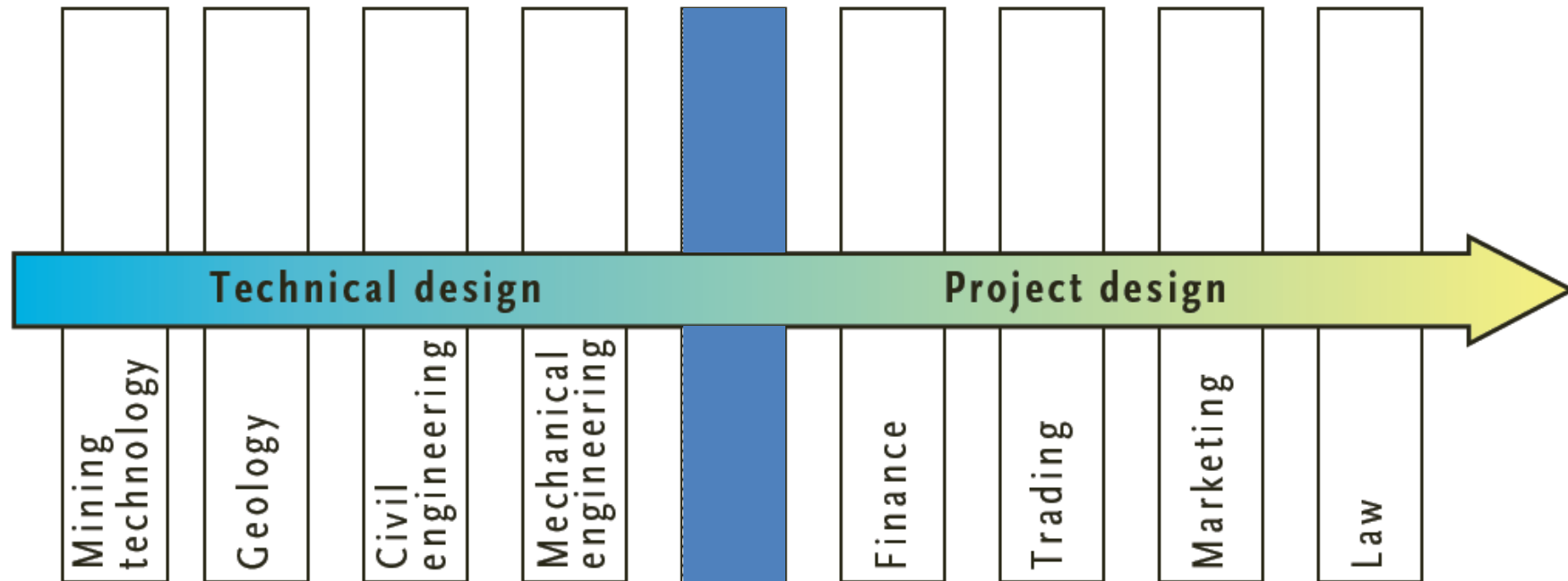
30 jaar geleden gestopt



## Universiteit Utrecht, 20 september 2018



# Interdisciplinaire aanpak



# Maatregelen Energieakkoord



Interconnectie

Demand-side management (DSM)

Decentrale opslag in huishoudens

Decentrale opslag in EV's

Thermische backup: kolen en gas



# Maatregelen Energieakkoord





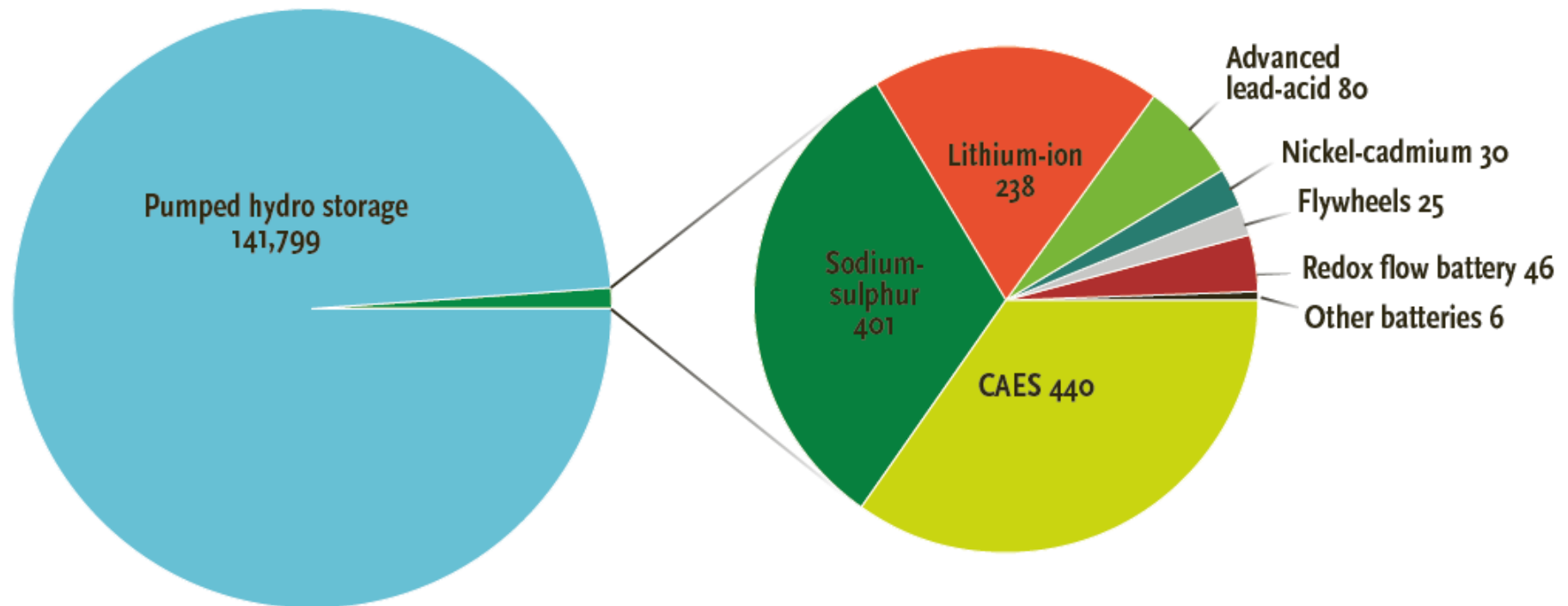
## Verwachte groei VRE 2025 – 2035



(MW)	2025	2030	2035
Wind onshore	6.300	6.700	7.000
Wind offshore	7.300	11.900	12.000
Solar PV	9.000	14.200	18.500
<b>Total</b>	<b>22.600</b>	<b>32.800</b>	<b>37.500</b>

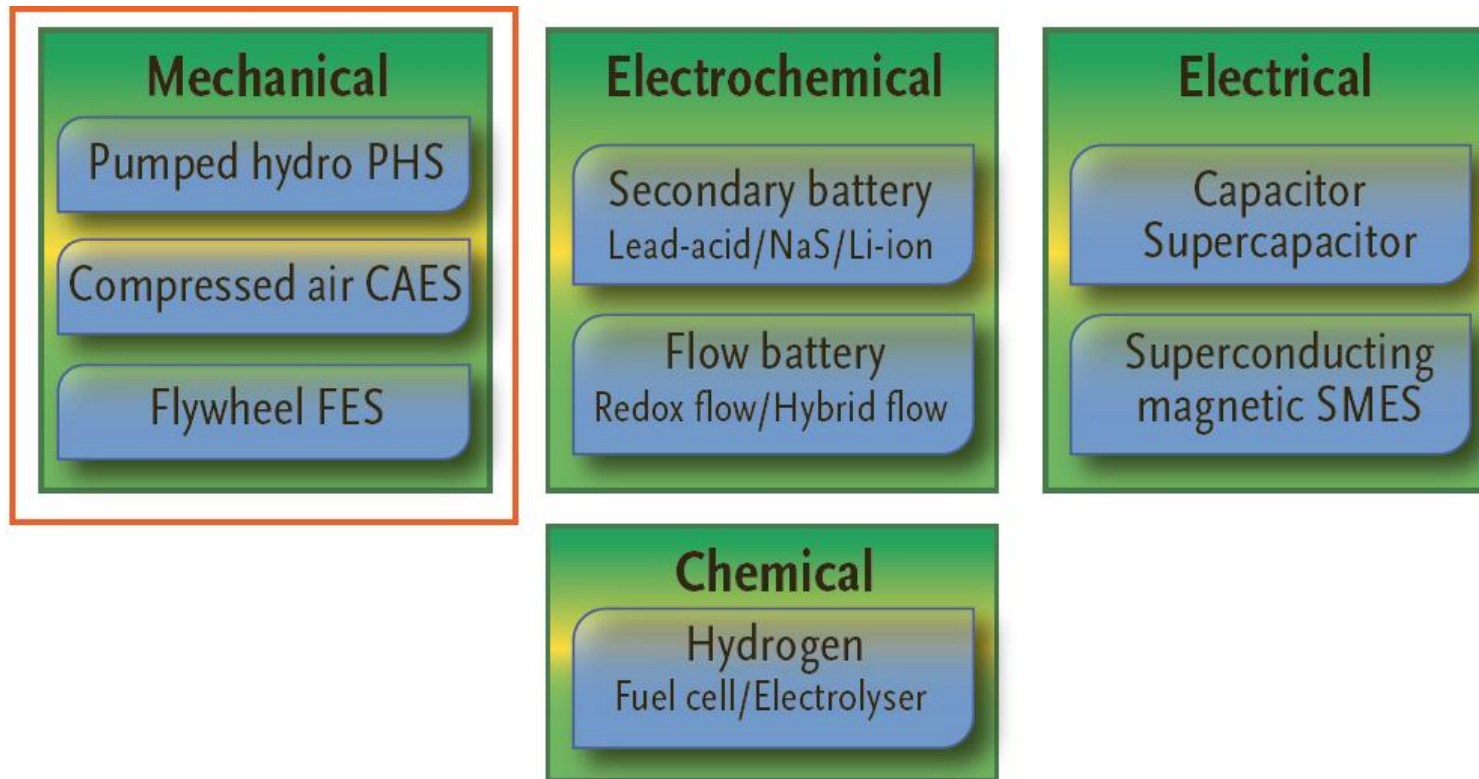
NEV, 2017

# Globally installed power of grid-connected storage (MW)

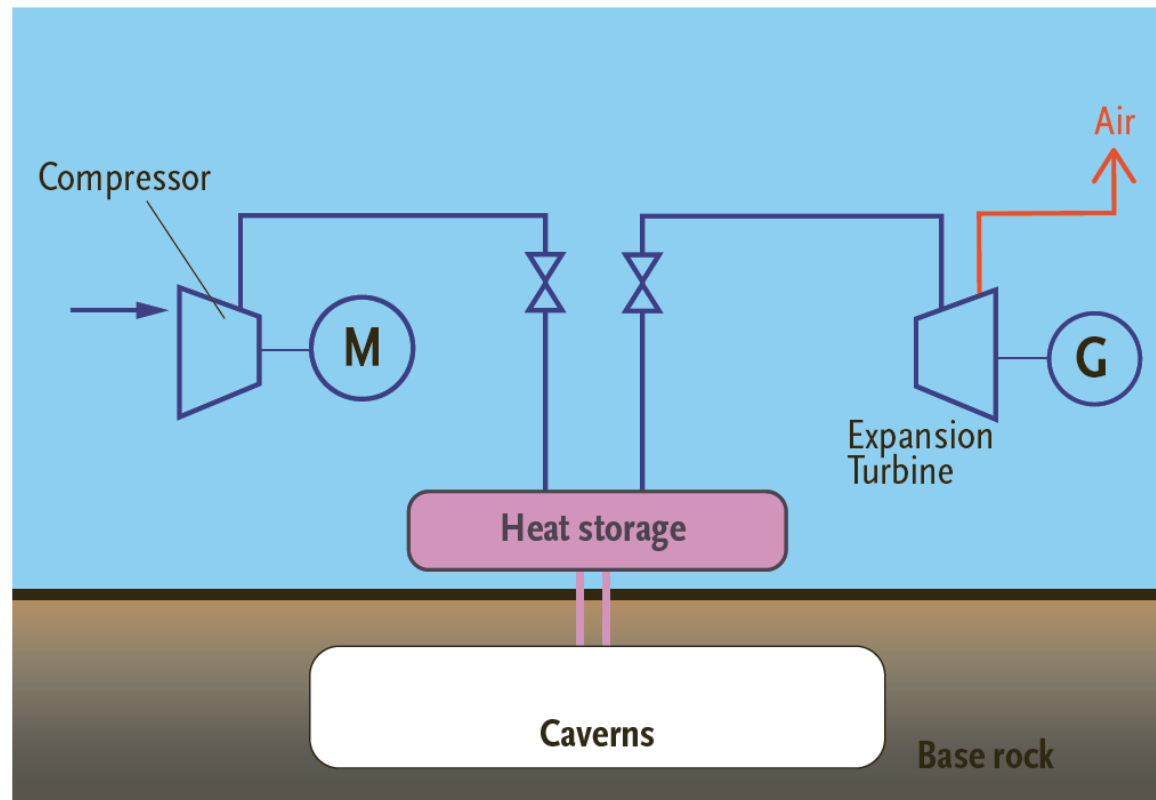


IRENA, 2015

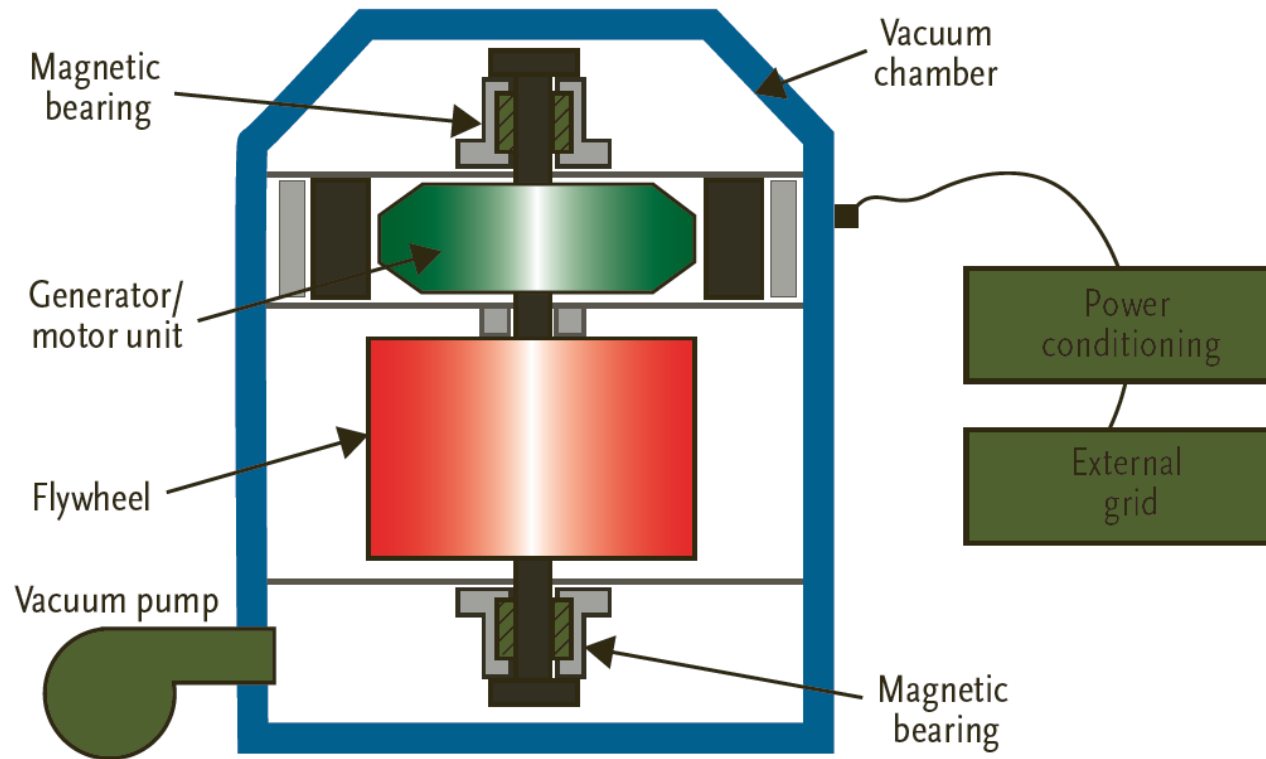
# Classification of electrical energy storage technologies



# AA-CAES



# Vliegwiel



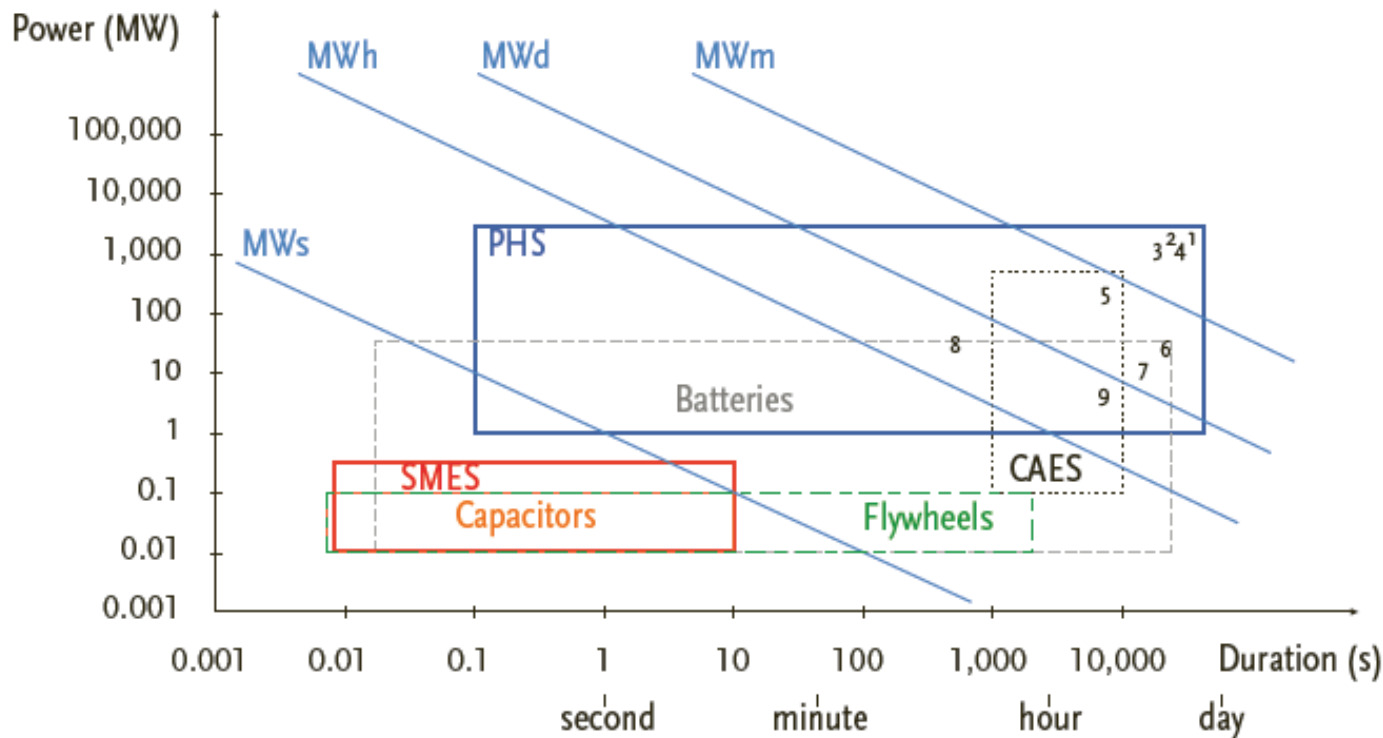
# Oplaadbare batterijen



	Lead-acid (LA)	Sodium-sulphur (NaS)	Lithium-ion (Li-ion)
Efficiency (%)	70 - 90	70 - 90	85 - 95
Self-discharge (% energy/day)	0.033 - 0.3	0.05 - 20	0.1 - 0.3
Cycle lifetime (cycles)	100 - 2,000	2,500 - 4,500	3,000 - 10,000
Expected lifetime (years)	3 – 20	5 - 15	7 – 10
Specific energy (Wh/kg)	30 – 50	150 – 240	120 – 210
Specific power (W/kg)	75 – 300	150 – 230	75 – 300
Energy density (Wh/litre)	30 – 80	150 – 300	177 – 676
<b>Other considerations (environment &amp; safety)</b>	Corrosive (sulfuric acid); toxic (lead). Requires recycling / neutralization. Airco needed.	Need to be maintained at temperature of 300-350 °C, entailing safety issues.	Lithium is highly reactive and flammable. Requires recycling and safety measures.

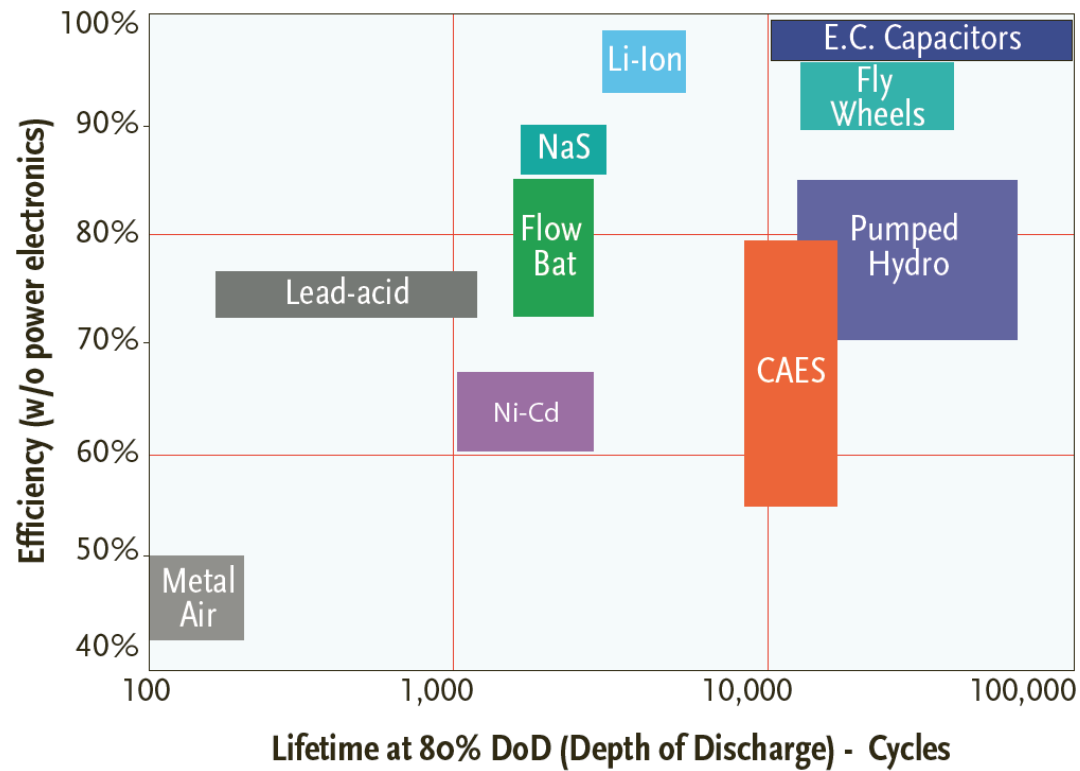
SBC, 2013

# Opslagkarakteristieken



1. PHS Ludington, USA
2. PHS Dinorwig, GB
3. PHS Vianden, Lux
4. PHS Goldisthal, De
5. CAES Huntorf, De
6. NaS Rokkasho, Jp
7. Lead-acid Chino, USA
8. NiCd Fairbanks, USA
9. VRB Tomamea, Jp

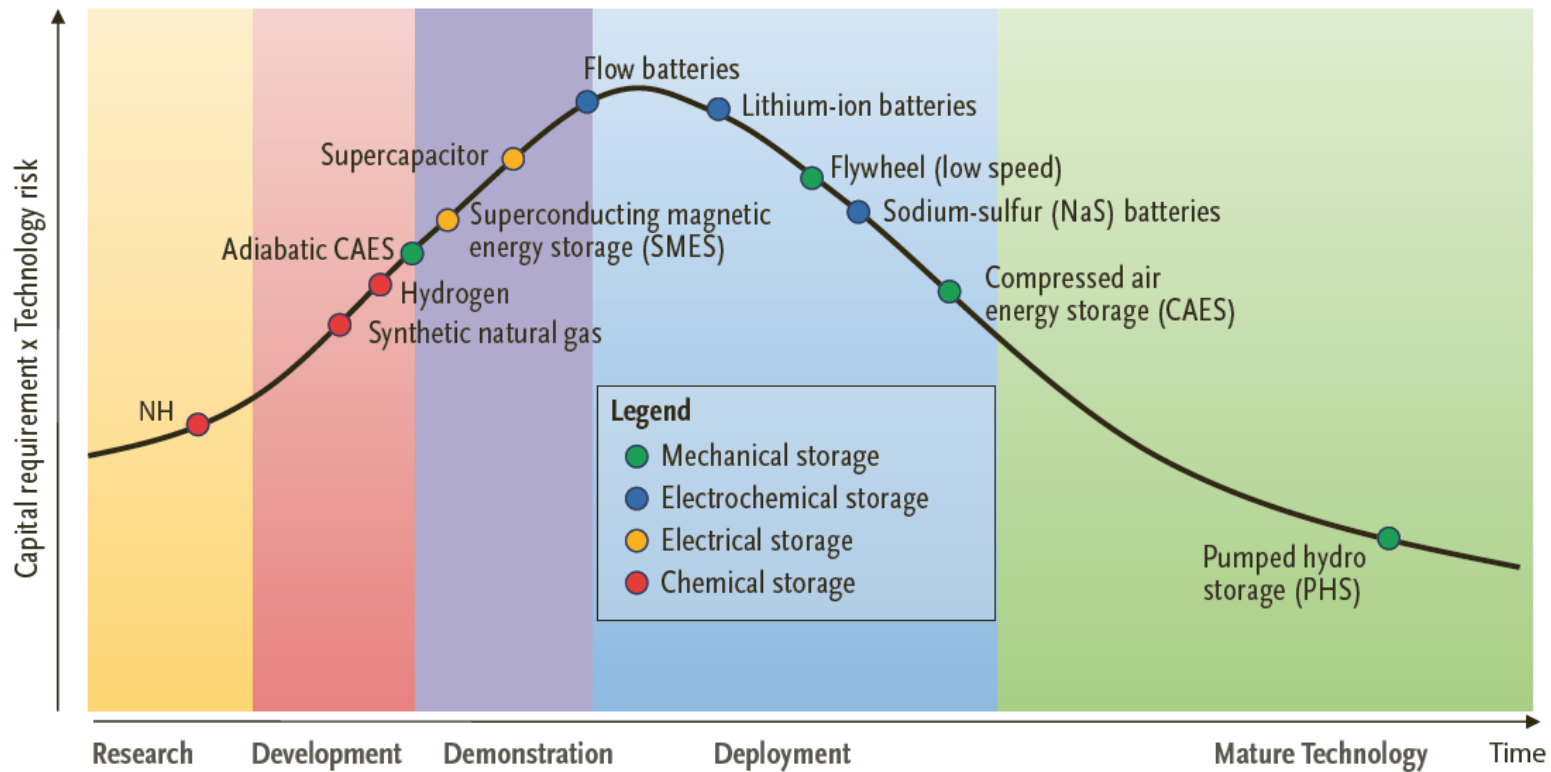
# Levensduur en efficiency



ESA

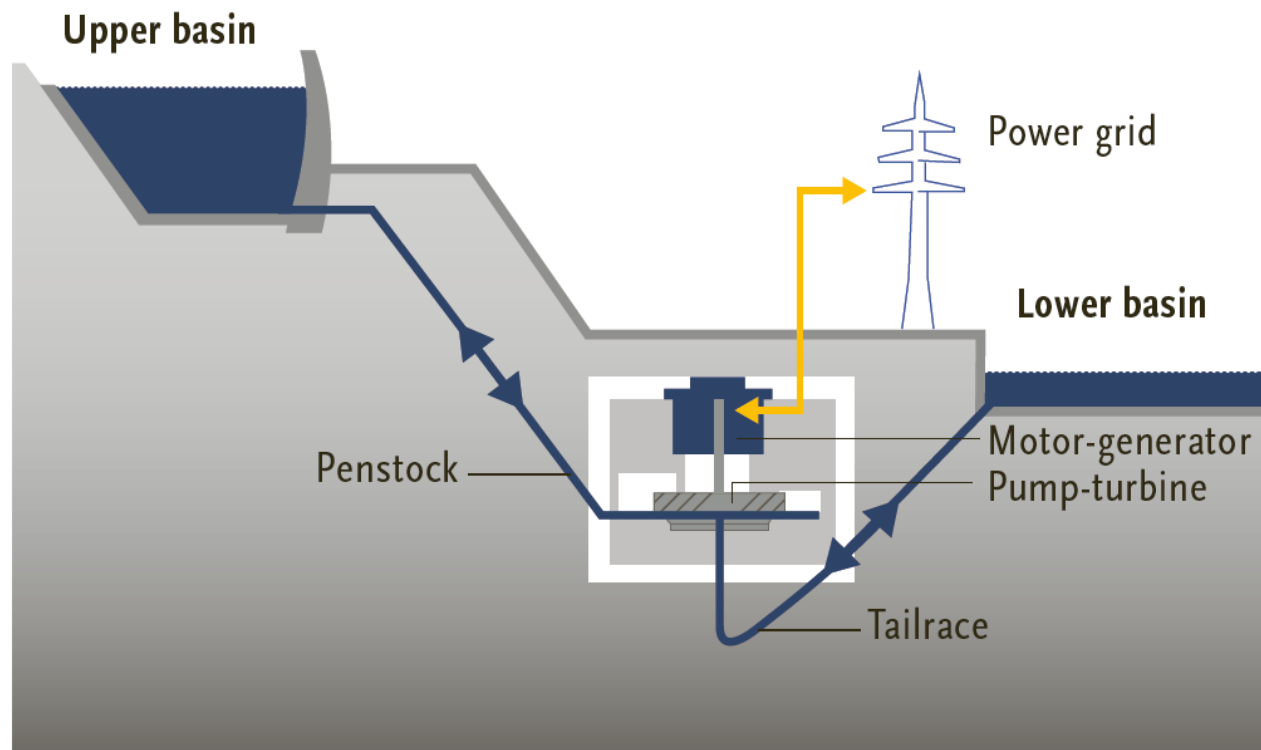


# Maturity curve

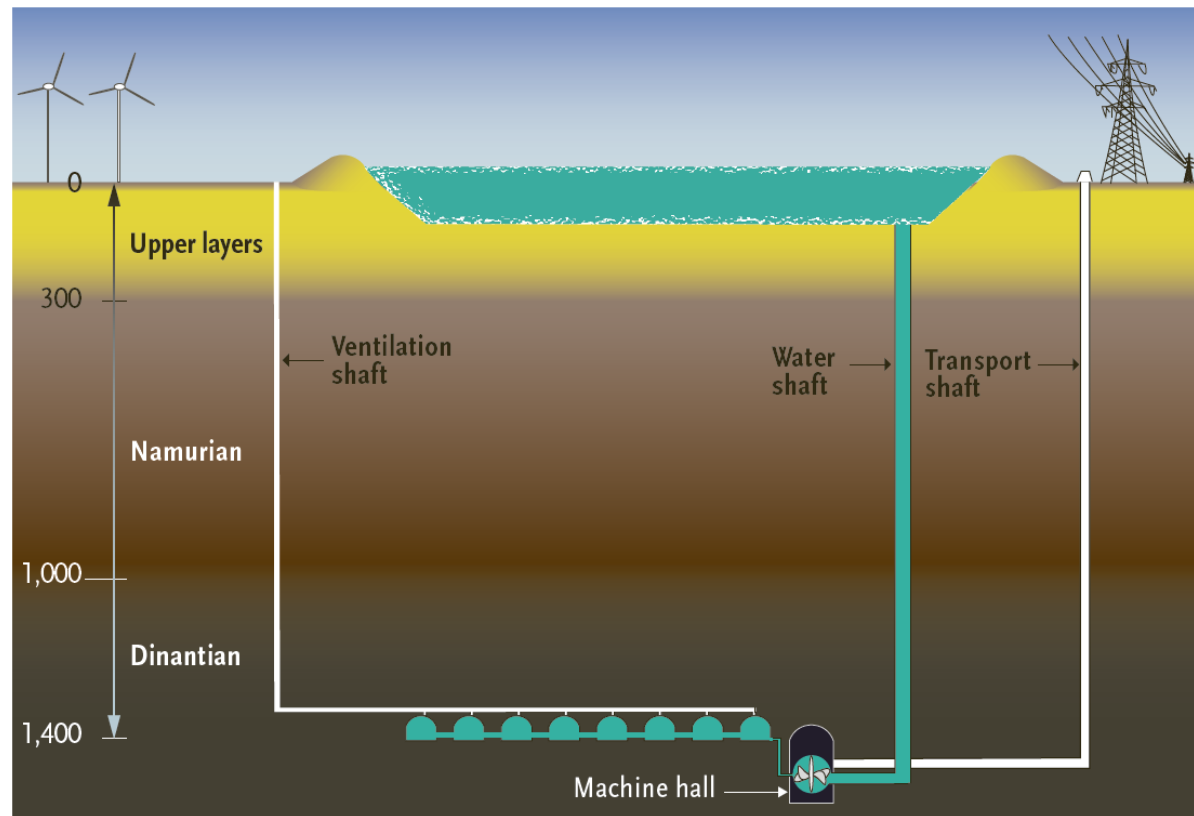


SBC, 2013

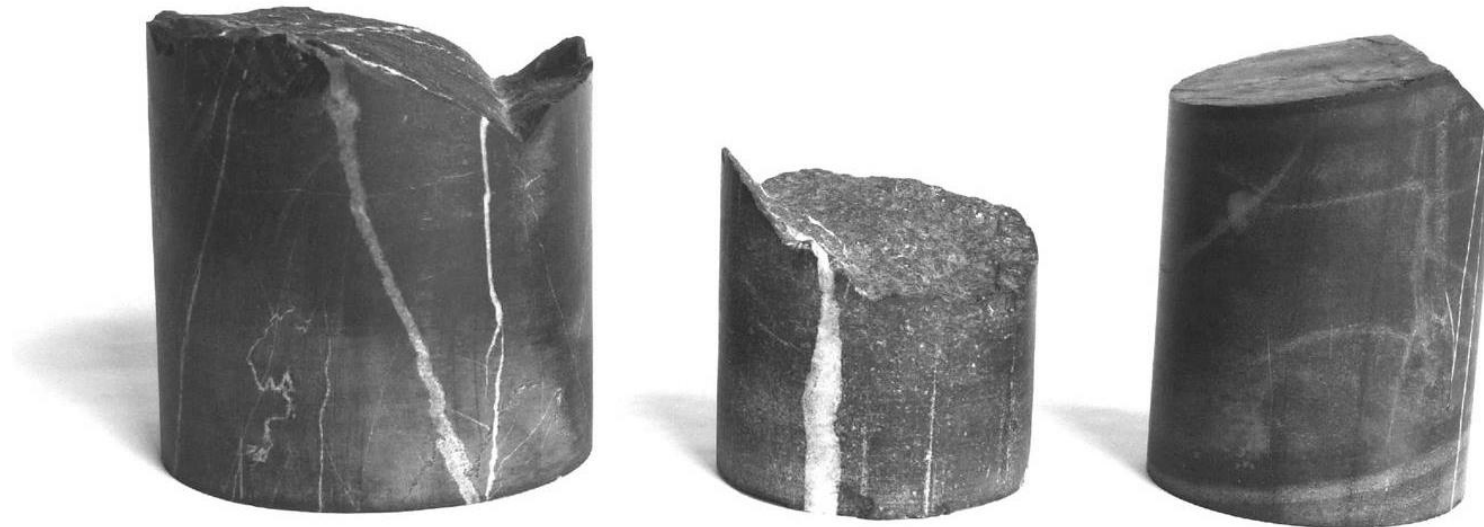
# Pumped Hydro Storage · conventioneel



# Pumped Hydro Storage · ondergronds



## O-PAC samples kernboring Limburg

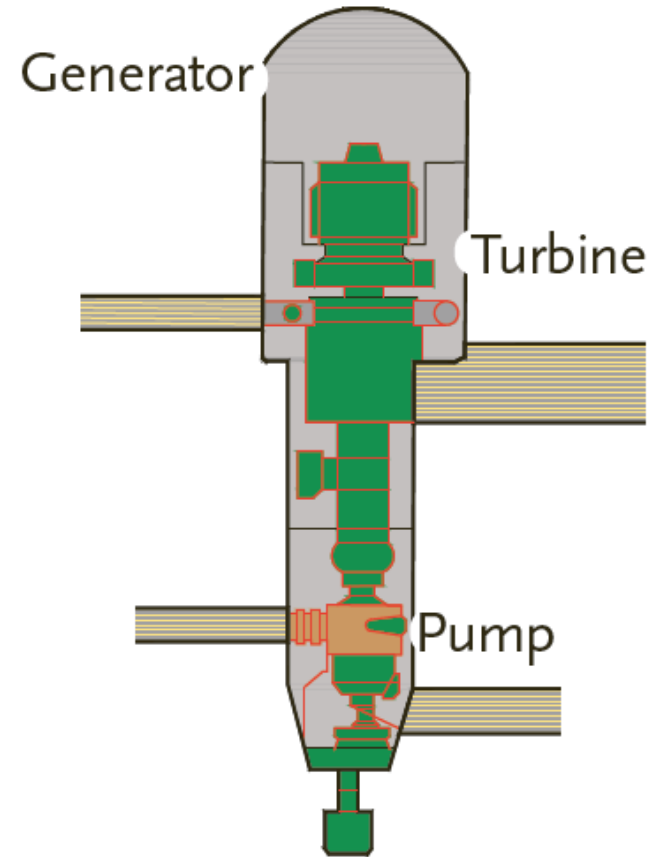


1.315 m

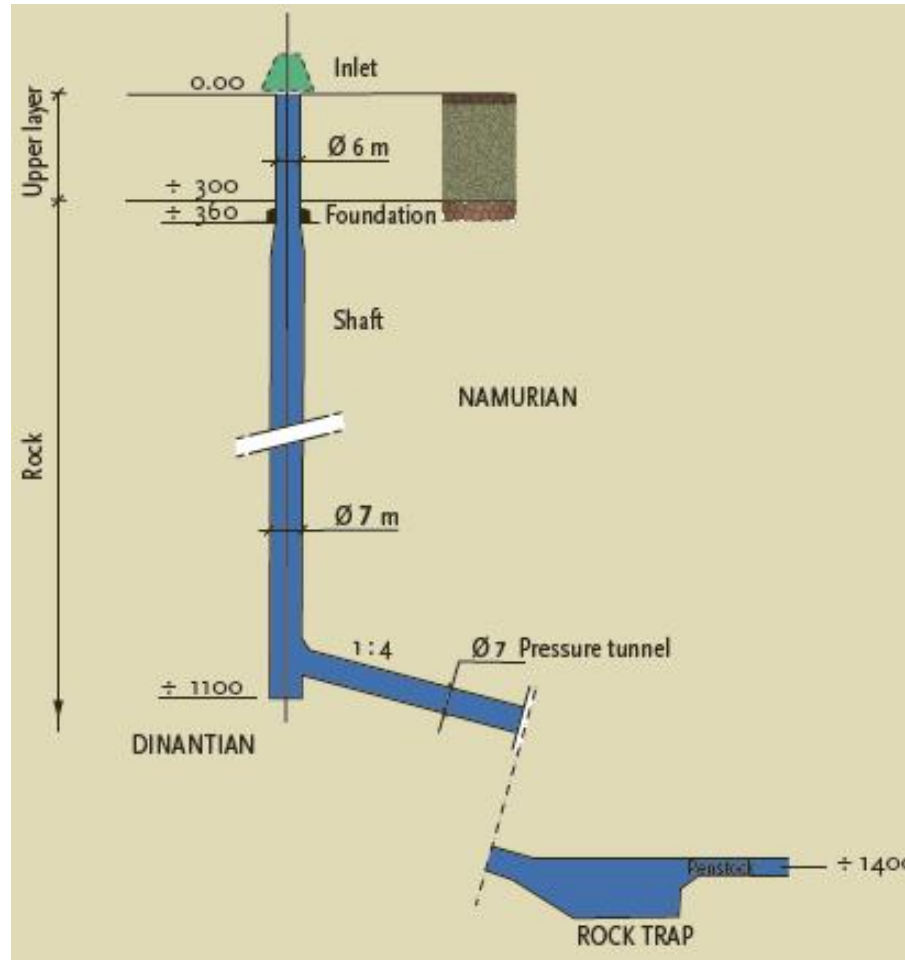
1.450 m

1.680 m

# Machinehal



# Waterschacht

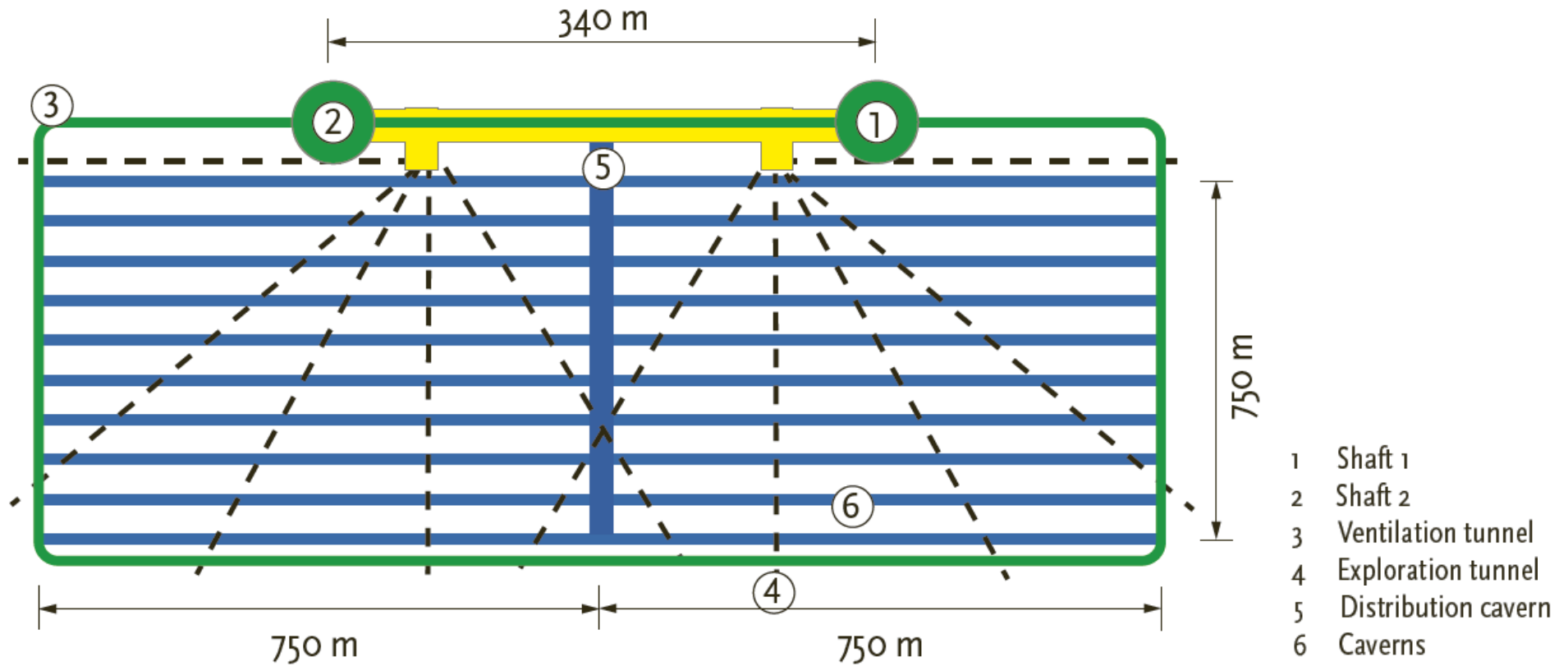


## Droge schachten



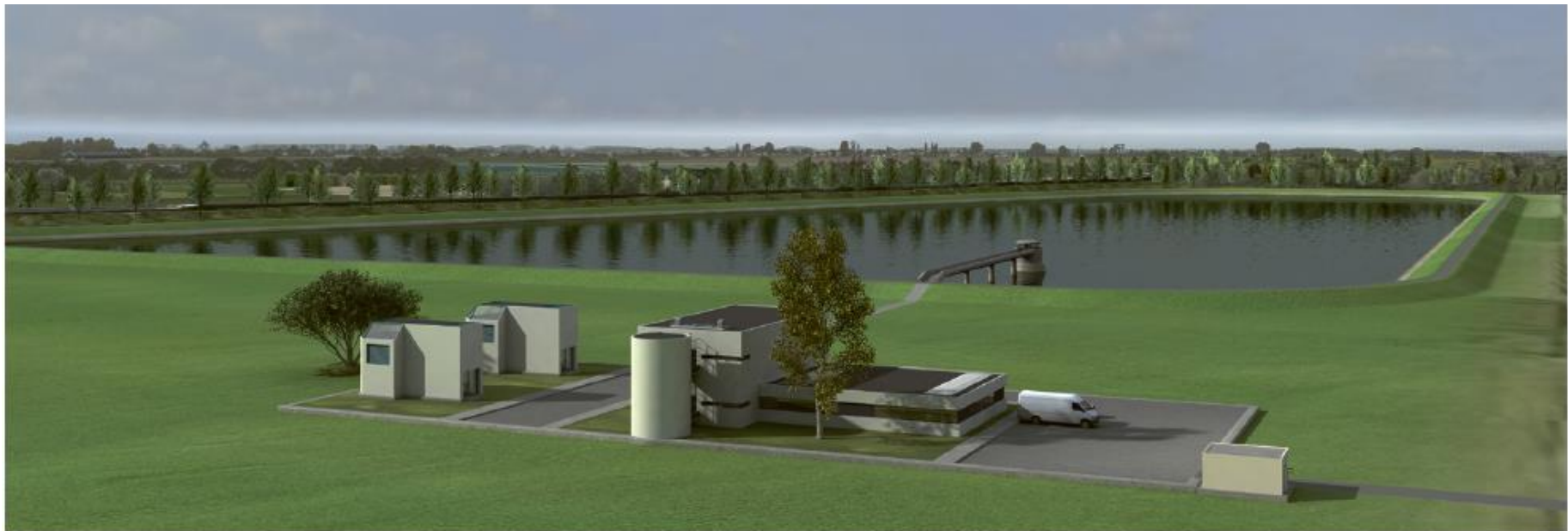
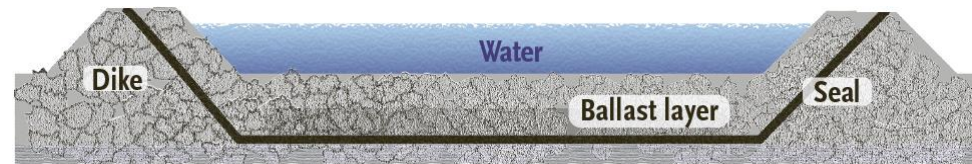
Schacht	Tijdelijke functie	Permanente functie
Schacht 1	<b>TRANSPORTSCHACHT</b> Intrekkende ventilatie Transport van: <ul style="list-style-type: none"><li>- personen</li><li>- zware onderdelen</li><li>- bouwmaterialen (omlaag)</li></ul>	<b>BEDRIJFSSCHACHT</b> Intrekkende ventilatie Transport van: <ul style="list-style-type: none"><li>- personen</li><li>- zware onderdelen</li></ul>
Schacht 2	<b>GESTEENTESCHACHT</b> Uittrekkende ventilatie Vluchtschacht Gesteentetransport (omhoog)	<b>KABELSCHACHT</b> Uittrekkende ventilatie Vluchtschacht Elektrische kabels

# Plattegrond ondergrondse werken





# Bovenreservoir

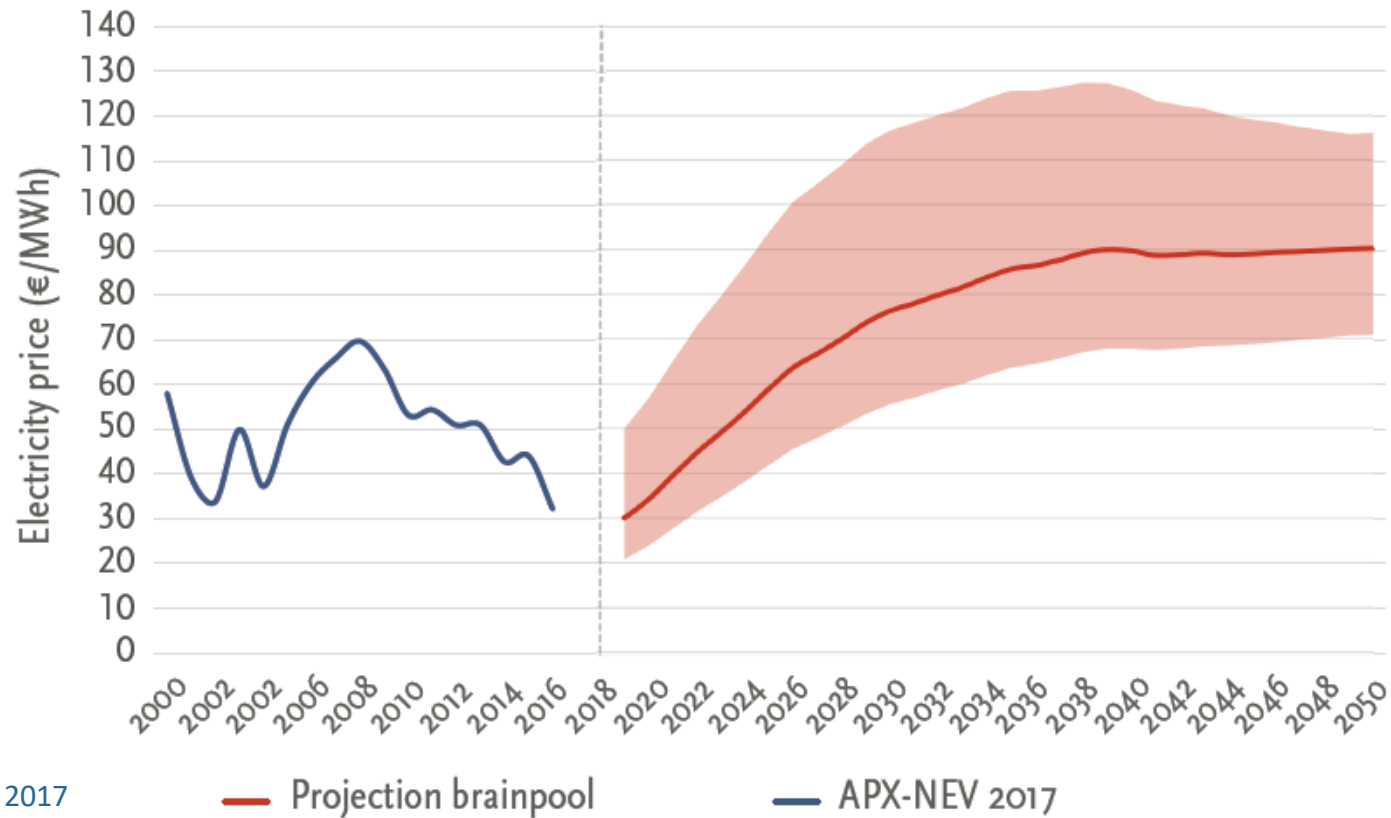


## Bouwkosten



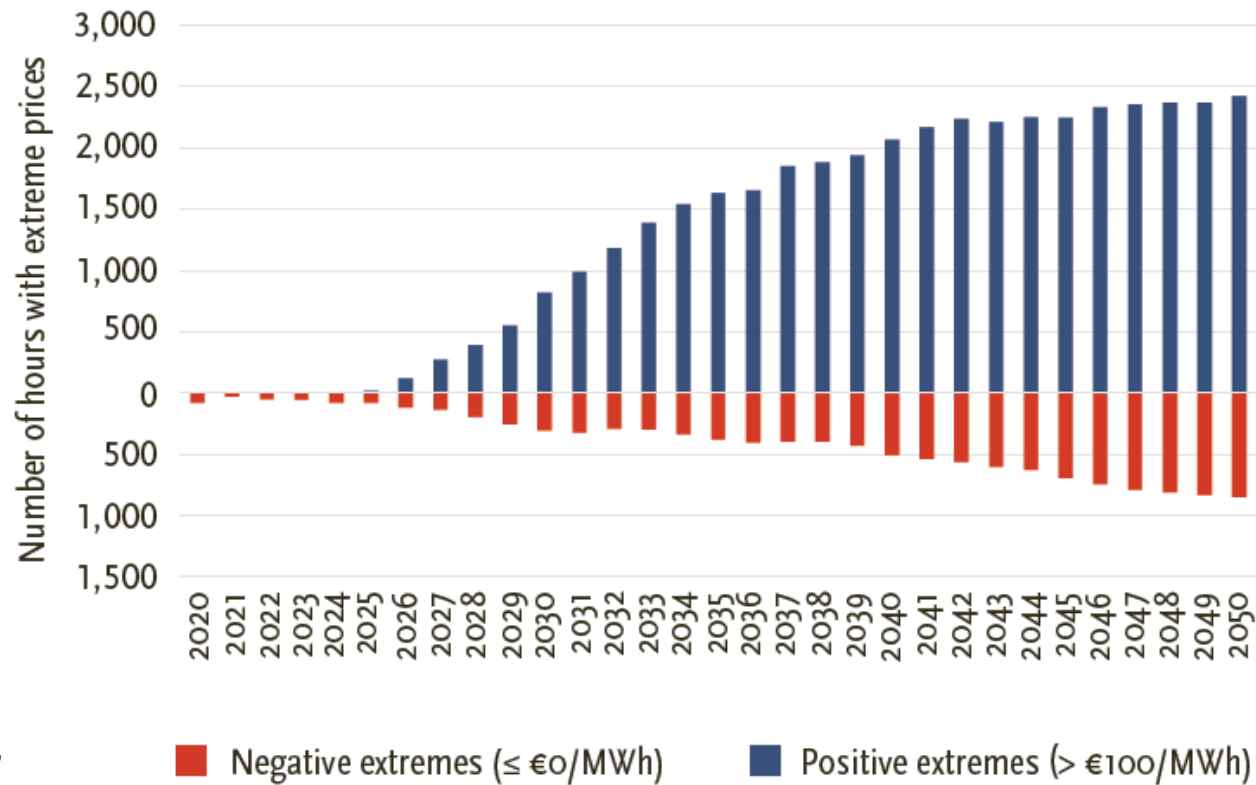
	miljoen €
Schachten	247
Schachtinstallaties	101
Ondergrondse ruimten (incl. koeling en ventilatie)	82
Civiele werken	709
Machines	324
Elektrische installaties	52
Bovengrondse constructies	37
Onvoorzien (15%)	233
<b>Totaal</b>	<b>1.785</b>

# Day-ahead prijzen; historie en verwachting



Energy Brainpool 2017

# Verwachte aantal uren met extreme prijzen



Energy Brainpool 2017

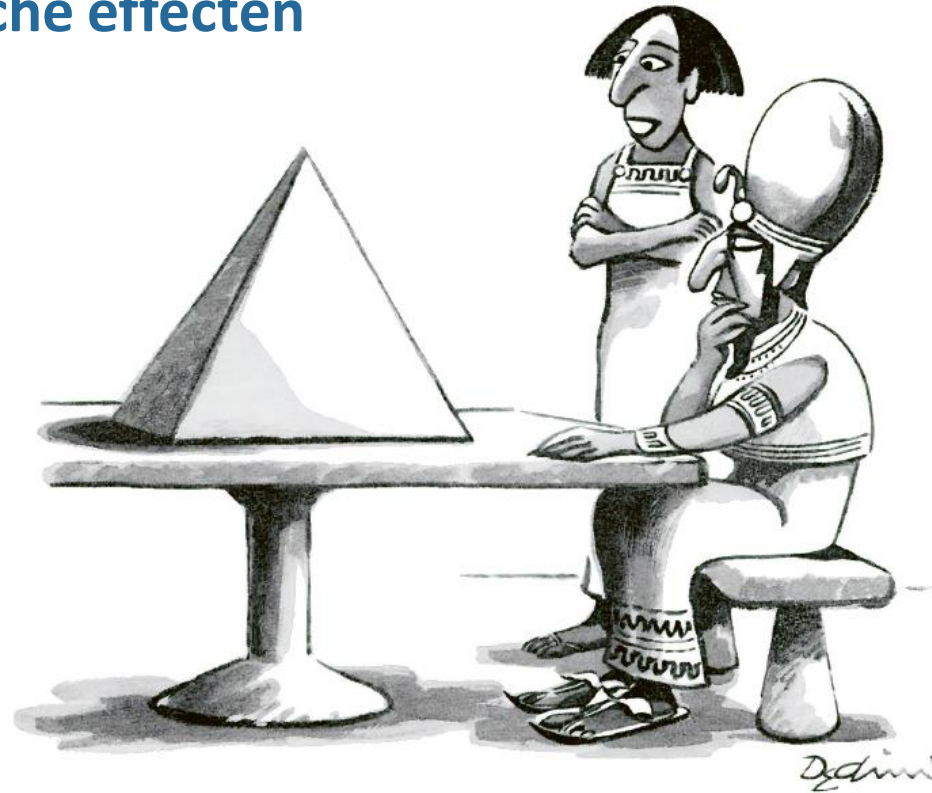
■ Negative extremes (≤ €0/MWh)
 ■ Positive extremes (> €100/MWh)

## Verwachte opbrengsten



Jaar	2025	2030	2035
<b>Totaal opbrengsten</b>	<b>€ 83,2 miljoen</b>	<b>€ 186,1 miljoen</b>	<b>€ 226 miljoen</b>
Inzet O-PAC:			
- reservevermogen	400 MW	0 MW	0 MW
- arbitrage	1.000 MW	1.400 MW	1.400 MW

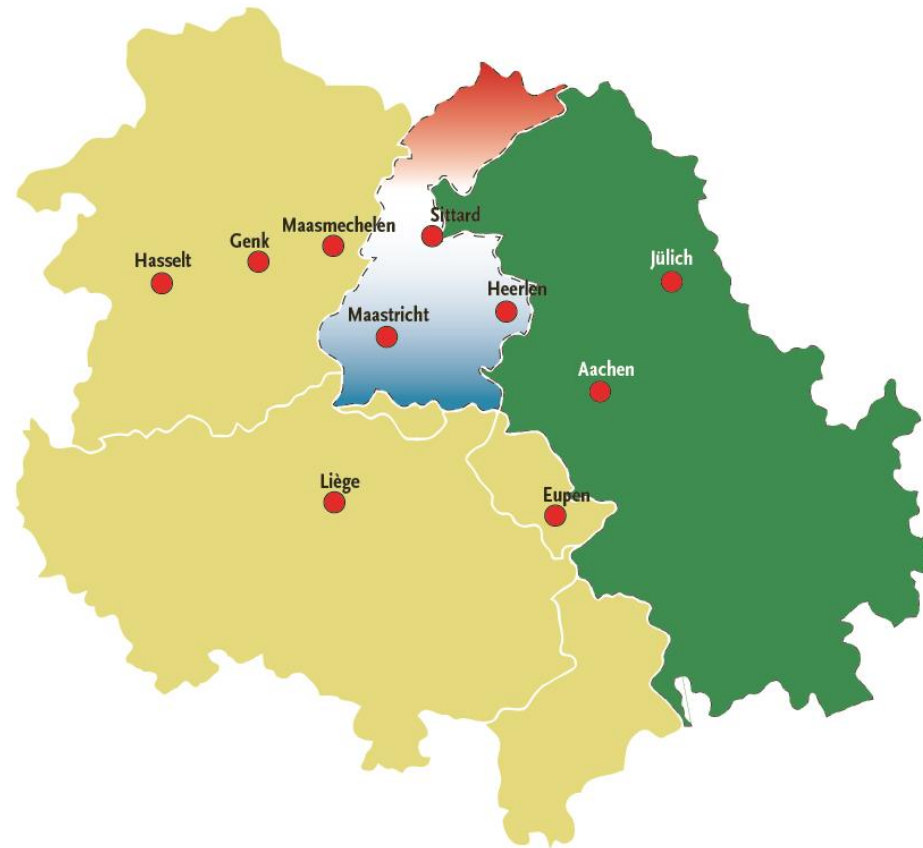
# Socio-economische effecten



*“Think it over very carefully. After all, it’s the biggest single investment you’ll ever make.”*

Eldon Dedini

# Euregio Maas-Rijn



## Potentiële CO<sub>2</sub> emissie reductie



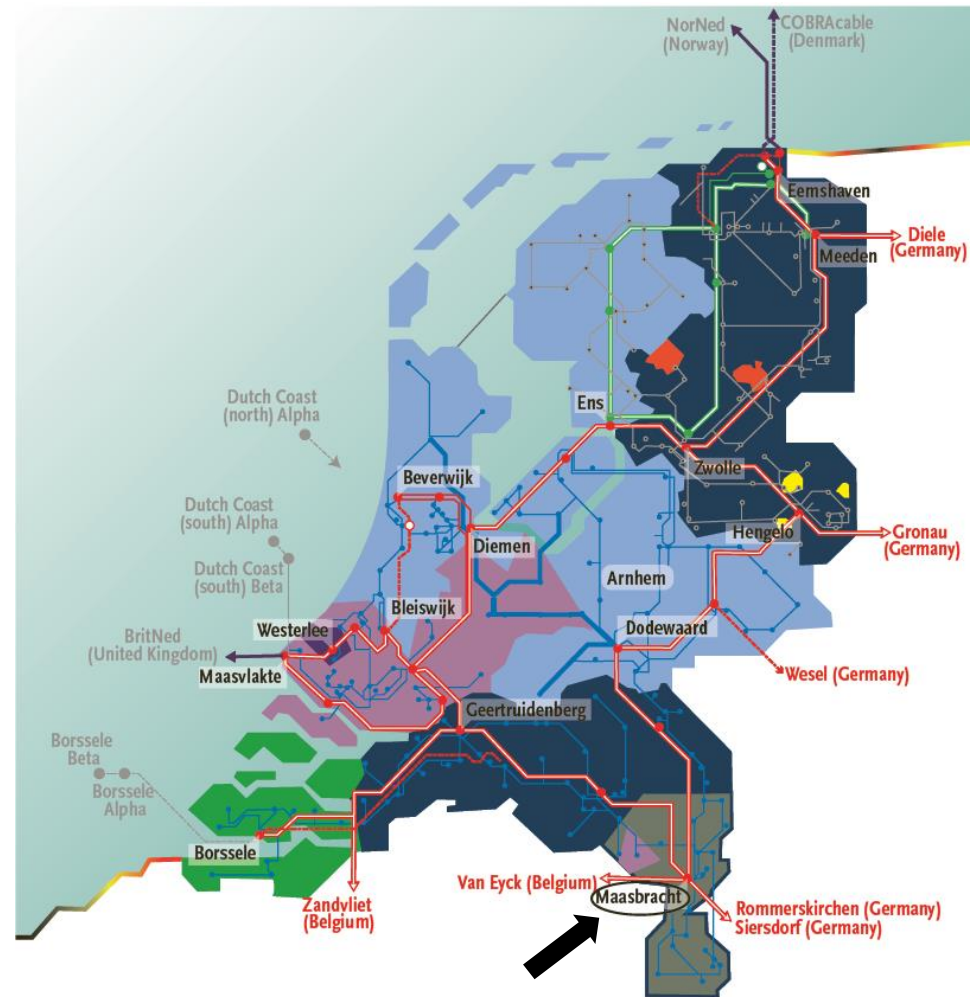
	Vermeden CO <sub>2</sub> /jaar:
Kolen	1,48 Mton
Gas	0,77 Mton
Output O-PAC	2 TWh/jaar
Emissie kolencentrales	0,74 - 1,0 kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>
Emissie gascentrales	0,38 - 0,66 kg CO <sub>2</sub> /kWh <sub>e</sub>



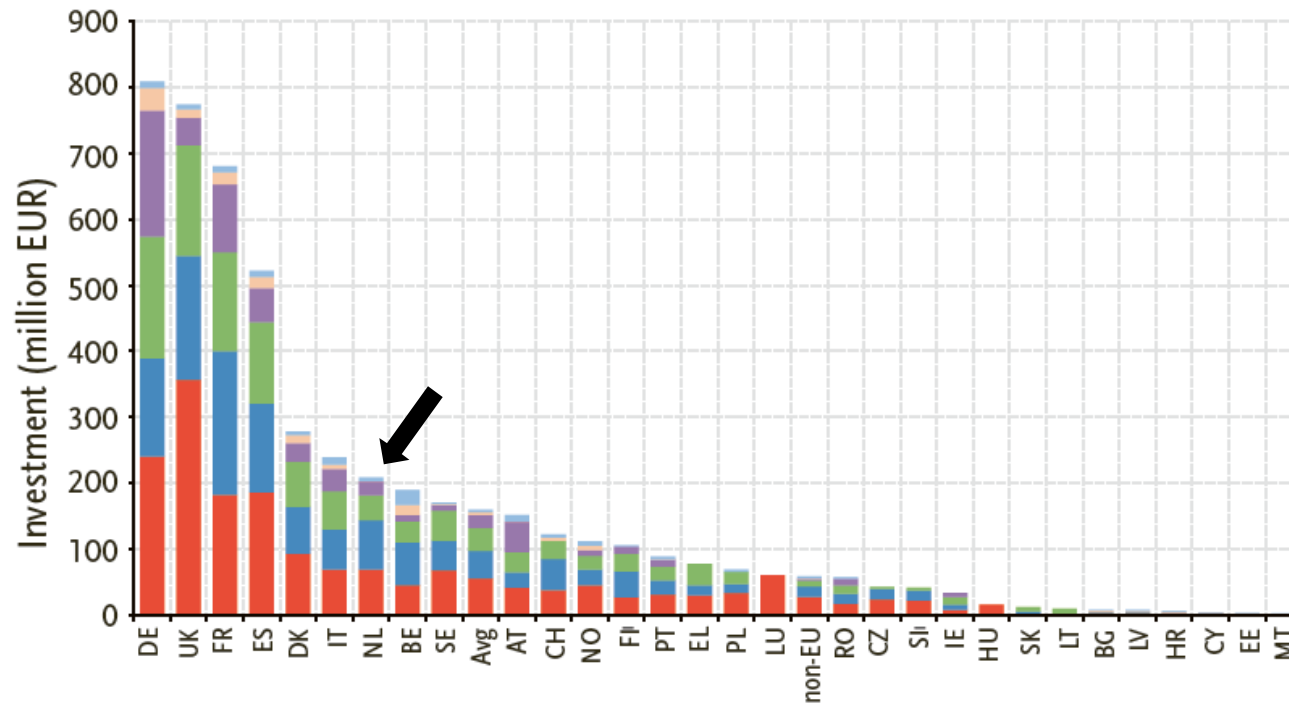
# Integratie in grid



- Rendo
- Coteq
- Liander
- Enexis
- Enexis (Limburg Region)
- Stedin
- Westland
- Enduris
- 380 kV connection/station/transformer
- 380 kV connection/station project
- 380 kV interconnector
- 380 kV interconnector project
- 220 kV connection/station/transformer
- 150 kV connection/station/transformer
- 110 kV connection/station/transformer
- Sea interconnector
- Sea interconnector project
- Offshore connection project
- Offshore converter station/station



# Smart grid integratie



- Smart network management
- Integration of DG and storage
- Integration of large scale RES
- DSM
- E-mobility
- Other

JRC, 2017

## Actiepunten grootschalige opslag Energy Storage NL



Begin voordat het te laat is

Focus innovatiebeleid op grootschalige opslag

Integrale kosten-batenanalyse

Spreek af hoe we omgaan met een 'Dunkelflaute'

Stimuleer investeringsbereidheid

Voorkom curtailment

Ontwikkel hybride businessmodellen

Neem beperkende wet- en regelgeving weg

Ondersteun naast demo's ook de opschalingsfase

Organiseer maatschappelijk draagvlak

## O-PAC Ontwikkelingsmij



Zekerheid verschaffen:  
Geologie/locaties  
Vergunningen  
Kosten en opbrengsten

Partners:  
Topsector Energie  
Provincie Limburg  
Marktpartijen



## Samenvatting



Inzicht 30 jaar studie en ontwikkeling

Energiebeleid in NL:       - Energieakkoord  
  - Klimaatakkoord

Ontoereikend voor behalen CO<sub>2</sub> doelstelling

Decentrale opslag onvoldoende voor leveringszekerheid

Grootschalige opslag noodzaak

Pumped Hydro Storage: - meest mature  
  - wereldwijd toegepast

O-PAC innovatief, elders toepasbaar



**BLUE**  
**BATTERY** for **GREEN**  
**ENERGY**

Hartelijk dank voor uw aandacht

