

# Getijenergie Grevelingen

Van oplossing naar obstructie

rene.boeters@rws.nl

## Getij Grevelingen



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat



Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Ministerie van Economische Zaken  
en Klimaat

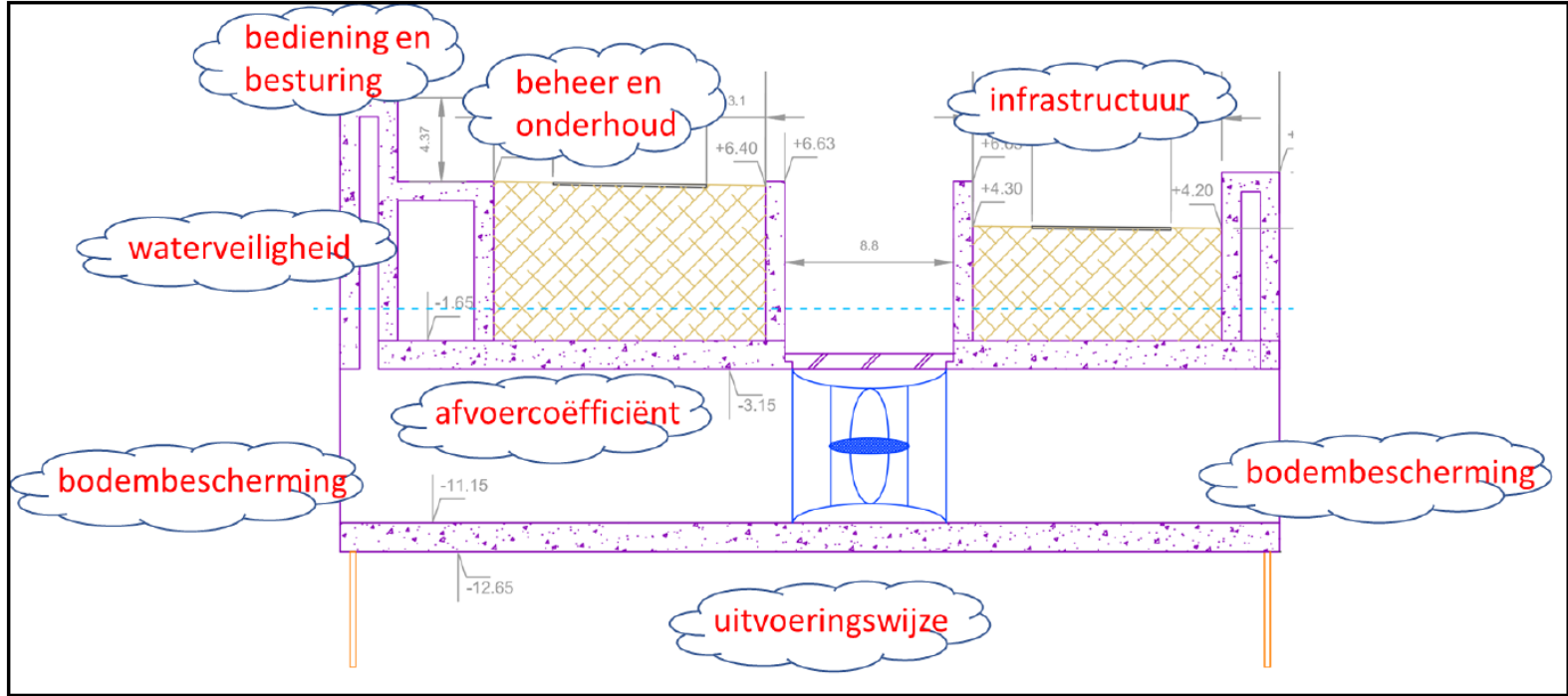


Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

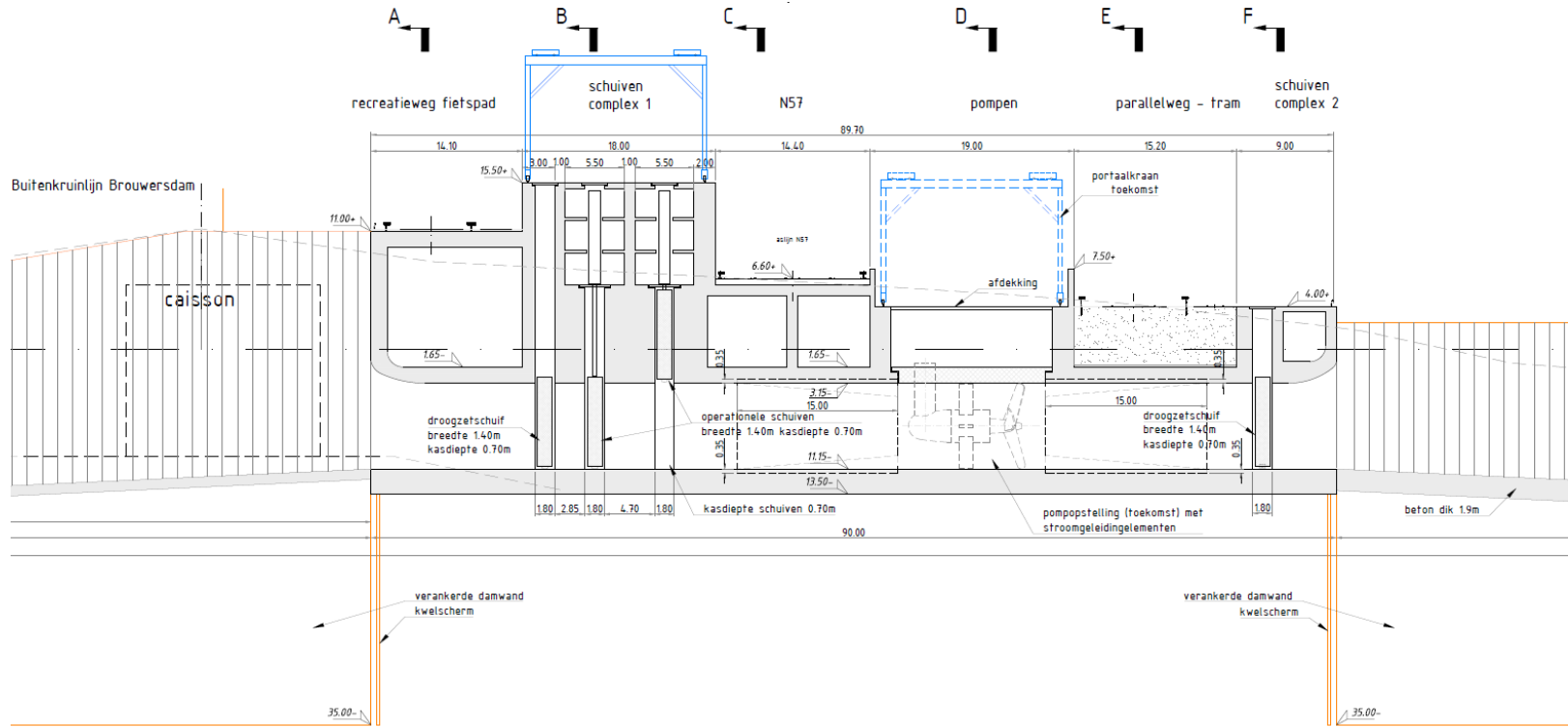




## Voorkeursalternatief; in 2020 ontwerp doorlaatmiddel onder de loep genomen

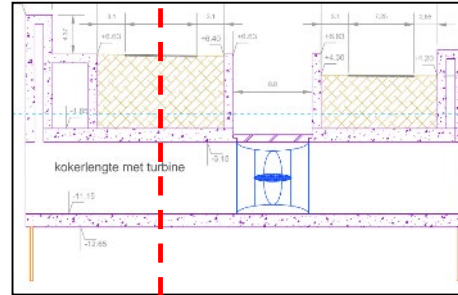


# Doorontwikkeld VKA; 2020 - 2021

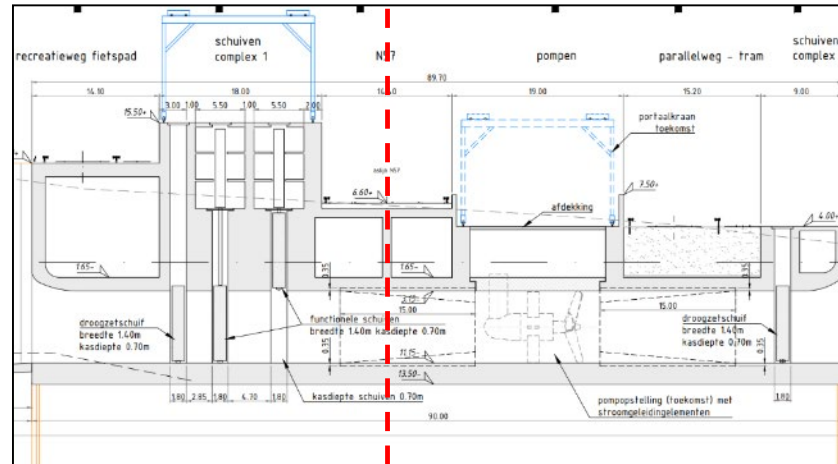


## Doorontwikkeld VKA versus VKA

## VKA-Ontwerp



## Verbeterd VKA-Ontwerp



# Doorontwikkeld VKA

Nader onderzoek technische uitwerking VKA, o.a:

- Langere kokers (infra, keermiddelen, pompen, onderhoudsvoorzieningen)
- Meer kokers (afvoercoëfficiënt, modelonzekerheden, n-1)
- Portaalkranen en onderhoudshallen (verkeershindervrij onderhoud, *beeldkwaliteit*)
- Strekdammen en zware bodemverdediging
- Bouwfasering
- Raming!

Externe toets door Horvat & Partners:

- Realistisch bij eisen en uitgangspunten
- Bedenk een effectievere oplossingsrichting

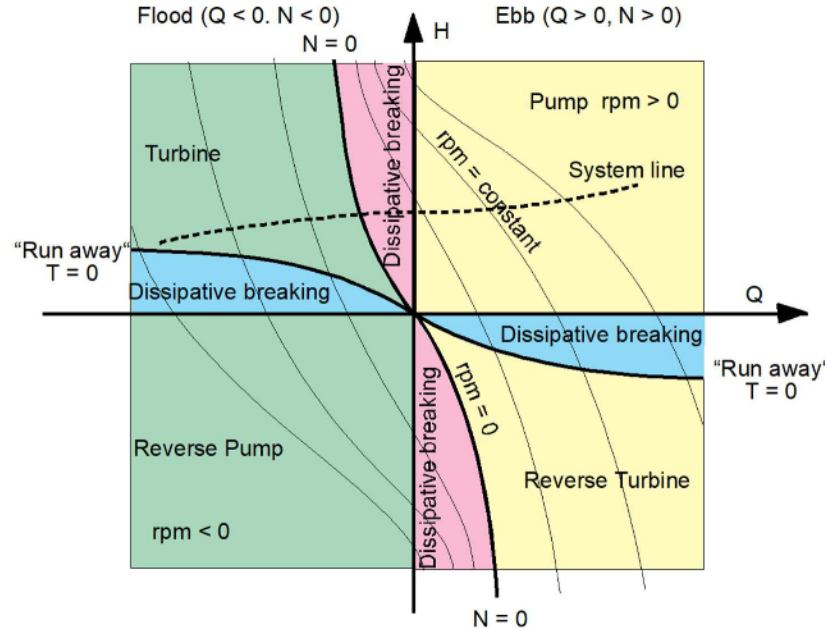
# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd

- Aantal te plaatsen pompen versus capaciteit per pomp
- Spuiend pompen
- Doorstroming tegen pomprichting in
- Vrijloop
- Vis- en zeezoogdiermortaliteit

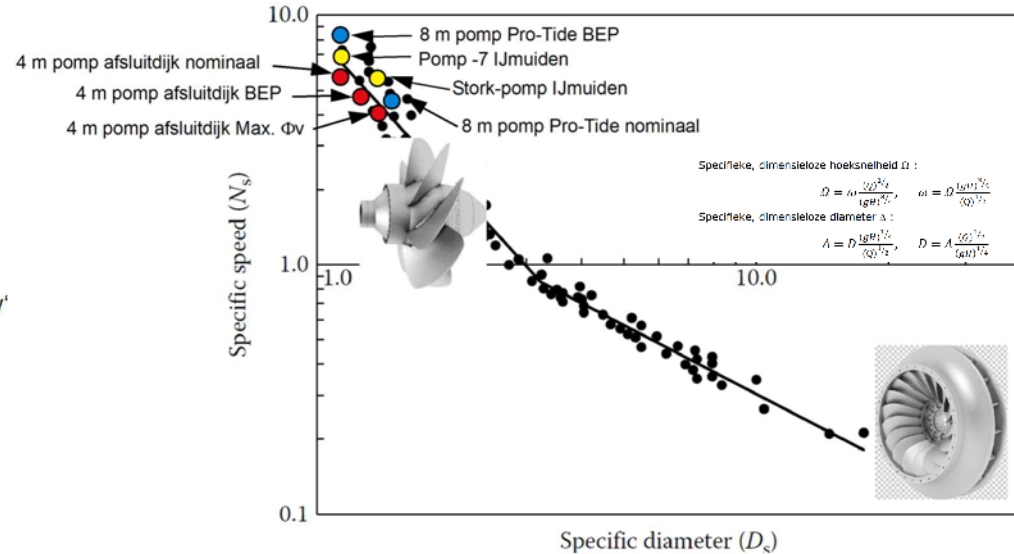
Opgave wateruitwisseling bij voorgesteld peilregime 40/-30

- Per getij (ca. 2x per dag) 42 miljoen m<sup>3</sup> water heen en weer
  - Aanvankelijk gemiddeld debiet ongeveer 2.100 m<sup>3</sup>/s, piekdebiet circa 4.000 m<sup>3</sup>/s
  - Door zeespiegelstijging nemen ebverval en tijdvenster af
- =>  $Q_{\text{gem}}/\text{max } 2.900/\text{> } 4.000 \text{ m}^3/\text{s}$

# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd



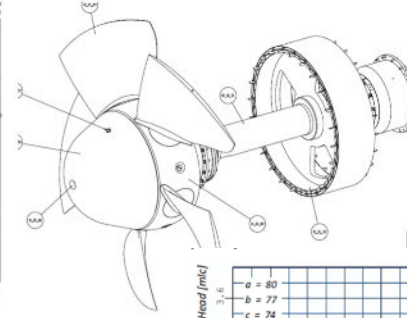
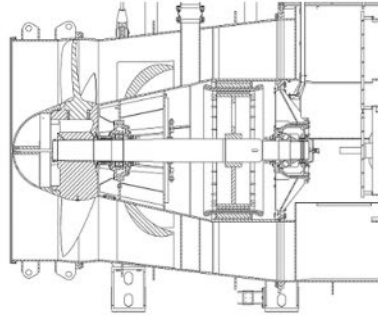
Algemene 4-kwadranten karakteristiek met 8 modi, afhankelijk van stromingsrichting en manometrische drukhoogte.  $Q$  = debiet;  $H$  = drukhoogte;  $T$  = koppel (torque);  $T=0$  is vrijloop;  $N=0$  is stilstand.



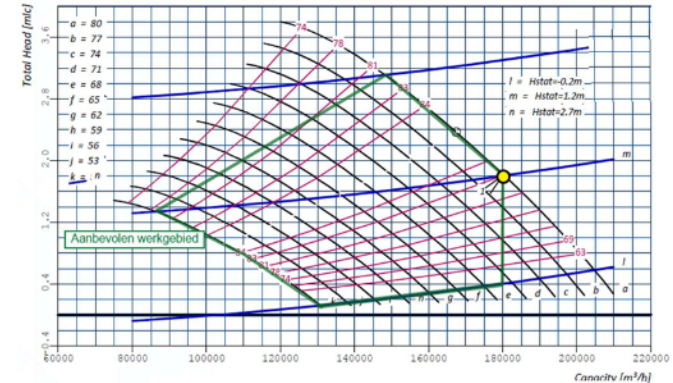
Cordier- of Balje-diagram



# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd



Pomp te IJmuiden, merk op het verschil tussen 4-bladige pomp uit 1975 links, (Flowserve) en (rechts) de 5-bladige pomp uit 2004 (Nijhuis).



- 5 Aanbevolen werkgebieden van pomp7 IJmuiden. Ingetekend (gele stip) is het de nominale werkpunt. De dik-getrokken horizontale lijn onderin de grafiek geeft de nul-lijn voor opvoerhoogte (daaronder is die negatief).

# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd

## 4.6 Conclusies t.a.v. techniek

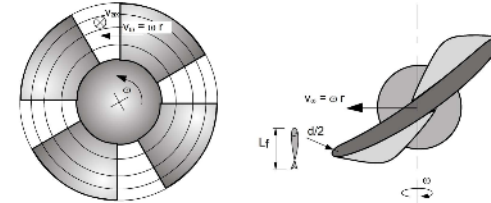
Conclusies zijn:

1. Bij de technische evaluatie zijn geen directe technische belemmeringen geïdentificeerd voor toepassing van pompen in de Brouwersdam. Duidelijk is wel dat als het aantal pompen dient te worden beperkt tot ongeveer 10-15, dit **exceptioneel grote pompen** moeten zijn, met een propeller-diameter van ongeveer 8 meter. Voorbeelden van dergelijke grote hydraulische roterende stromingsmachines bestaan als getij-turbine en schepsschroeven. Dergelijke grote rotoren zijn een uitdaging, o.a. vanwege de vereiste NPSH (diepteligging) in relatie tot de diepte van de civiele constructie.
2. Met propellerpompen kan naar het huidige inzicht worden gepompt (met positieve systeem drukhoogte) en spuiend-gepompt (met negatieve systeem drukhoogte), uiteraard met inachtneming van het werkgebied van de pomp. Spuiend pompen blijkt - door ondersteuning van de zwaartekracht- een efficiënte manier voor het bereiken van een hoog debiet.
3. Propellerpomp kunnen eveneens worden ingezet voor regeneratief remmen (turbineren) in tegengestelde stromingsrichting, mits voorzien van aanpassingen aan rotor en motor-generator en uiteraard met inachtneming van het werkgebied van de pomp-als-turbine (PAT). Regeneratief remmen kan worden ingezet voor 1) in lichte mate, alleen ter voorkoming van instabiliteiten of 2) in sterkere mate ook voor opwekking van elektriciteit.
4. **Structurele vrijloop is een modus die wordt afgeraden**, met het oog op: 1) risico op overtoeren; 2) hydro-dynamische- en mechanische instabiliteit en vermoeiing; en 3) slijtage van de sleepingen (indien van toepassing). Incidenteel kan vrijloop toelaatbaar zijn, bijvoorbeeld bij wegvallen van de net-verbinding, mits deze periode (bijvoorbeeld door het niet kunnen sluiten van schuiven (of e.v.t. leidschoepen) niet te lang duurt. Dit vraagt een daarop aangepast ontwerp.
5. Met pompen en spuiend pompen is het in principe technisch haalbaar om de gewenste getijvariatie op het Grevelingen te bereiken, ook bij 40 cm zeespiegelstijging. De technische haalbaarheid hangt af van 1): het uiteindelijke inzetbereik (werkgebied) van de pomp en pomp-als-turbine en 2) de benodigde ontwikkel-inspanning van grote (~8 meter diameter) pompen (info compleverancier).

# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd

- Eisen aan toelaatbare schade (mortaliteit) voor vissen en zeezoogdieren:
  - Schubvis 1 %
  - Paling 0.7 %
  - Zeezoogdieren 0,01 %
- Vismortaliteit te hoog volgens normen
- Mogelijk te verminderen door o.a. aangepaste schoepen, lager toerental

De botsingskans  $P_{th}$  en schadefactor  $f_{MR}$  worden berekend op verschillende radii van de pomprotor, zie figuur 5.2.



Figuur 5.2 Rotor-aanzicht en omtrek-doorsnede van een schoepblad.

Tabel 5.2 geeft de resultaten voor de 8 meter diameter pomp (2 x 1) muiden)

Tabel 5.2 Berekende mortaliteit t.g.v. botsingschade (loopschoep, excl. leid schoep) voor Zeebaars (25 cm lengte), voor een pomp type "1 muiden pomp 7" met diameter 8 meter, 40 RPM,  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\Delta H_{\text{totale}} = 1 \text{ m}$ .

| Fish species     |        | Scaly fish |         |        | Eel |
|------------------|--------|------------|---------|--------|-----|
| $L_f/d$ [-]      | 0 - 2  | 2 - 10     | 10 - 25 | 1 - 25 |     |
| $a$ [-]          | 0,0531 | 0,0829     | 0,0327  | 0,0024 |     |
| $b$ [-]          | 0,0202 | -0,0021    | 0,1146  | -      |     |
| $v_{crit}$ [m/s] | 4,8    | 4,8        | 4,8     | 8      |     |

$$P_{th} = \frac{L_{eff} N \omega}{v_m 2\pi} \quad f_{MR} = \left( a \ln \left( \frac{L_f}{d} \right) + b \right) \cdot (v - v_{crit})$$

|         | $r(l)$ | $A(l)$ | $V_m(l)$ | $VO(l)$ | $V_{strike}(l)$ | $P_{th}(l)$ | $d_{blade}(l)$ | $L_f/d(l)$ | $f_{MR}(l)$ |
|---------|--------|--------|----------|---------|-----------------|-------------|----------------|------------|-------------|
| segment |        |        |          |         |                 |             |                |            |             |
| 1       | 2.20   | 5.53   | 5.31     | 9.22    | 10.03           | 0.063       | 0.15           | 1.67       | 0.21        |
| 2       | 2.60   | 6.53   | 5.31     | 10.89   | 11.37           | 0.063       | 0.15           | 1.67       | 0.26        |
| 3       | 3.00   | 7.54   | 5.31     | 12.57   | 12.76           | 0.063       | 0.15           | 1.67       | 0.32        |
| 4       | 3.40   | 8.55   | 5.31     | 14.24   | 14.19           | 0.063       | 0.15           | 1.67       | 0.38        |
| 5       | 3.80   | 9.55   | 5.31     | 15.92   | 15.63           | 0.063       | 0.15           | 1.67       | 0.44        |
|         |        |        |          |         |                 |             |                |            | 2.12%       |

# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd



- Mortaliteit zeezoogdieren veel te hoog volgens normen,  $36,4 \Leftrightarrow 0,01 \%$ !
- Mitigatie door afschrikken, terugtoeren bij signalering, toepassing grof rooster

Tabel 5.3 Berekende mortaliteit t.g.v. botsingschade (loopschoep, excl. leidschoep) voor zeehonden, voor een 2-bladig pomp type met diameter 8 meter, 40 RPM, 200  $m^3/s$ ,  $\Delta H_{pomp} = 1 \text{ m}$ .

|         |   | r(i) | A(i) | V <sub>m</sub> (i) | V <sub>Ω</sub> (i) | V <sub>strike</sub> (i) | P <sub>th</sub> (i) | d <sub>blade</sub> (i) | L <sub>f</sub> /d(i) | f <sub>MR</sub> (i) |
|---------|---|------|------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| segment | 1 | 2,20 | 5,53 | 5,31               | 9,22               | 10,03                   | 0,377               |                        |                      | 0,78                |
|         | 2 | 2,60 | 6,53 | 5,31               | 10,89              | 11,37                   | 0,377               |                        |                      | 0,99                |
|         | 3 | 3,00 | 7,54 | 5,31               | 12,57              | 12,76                   | 0,377               |                        |                      | 1,00                |
|         | 4 | 3,40 | 8,55 | 5,31               | 14,24              | 14,19                   | 0,377               |                        |                      | 1,00                |
|         | 5 | 3,80 | 9,55 | 5,31               | 15,92              | 15,63                   | 0,377               |                        |                      | 1,00                |
|         |   |      |      |                    |                    |                         |                     |                        |                      | 36,42%              |

# Voorkeursalternatief; inzet pompen/turbines nader beschouwd

## 5.5 Conclusies t.a.v. veiligheid voor vissen en zeezoogdieren

1. De verwachte visschade van een pomp van de grootte die nodig is voor de Brouwersdam ( $\varnothing$  8 meter diameter @ 200 m<sup>3</sup>/s, 40 RPM) ligt in de orde grootte van < 10 %. Voor het bereiken van de voorlopige eis (< 1% voor schubvis) dient het ontwerp op visveiligheid te worden verbeterd. Daar zijn mogelijkheden t.a.v. geometrie (sikkel-vorm en afronding schoep-voorrand), en bedrijf (toerental),
2. de pomp is op basis van huidig inzicht intrinsiek zeer onveilig voor zeezoogdieren,
3. vereist zijn aanvullende maatregelen (mitigatie), die voorkomen dat zeezoogdieren in een draaiende pomprotor geraken. Het meest voor de hand liggend is het plaatsen van een grofrooster (aan weerszijde van de kokers). Daarbij zijn effecten te verwachten op vervuiling en reiniging (kosten) en hydraulische verliezen (toename systeem-drukhoogte).

# Conclusies Rijkswaterstaat over inzet pompen/turbines

*Grootste gemalen nu: IJmuiden 6 st totaal 260 m<sup>3</sup>/s, New Orleans 11 st totaal 551 m<sup>3</sup>/s, extreme omstandigheden  
Brouwersdam: 2.000-4.000 m<sup>3</sup>/s, elk getij uren aaneen: 40-80 pompen kaliber 'IJmuiden' → realisatie en exploitatie!!*

Bulbpompen nu: 50 m<sup>3</sup>/s, Ø ~4m, geen tegenstroming, geen spuiend pompen

Nodig: 15 stuks à >200 m<sup>3</sup>/s, Ø ~8m, tegenstroming, spuiend pompen

In theorie (misschien) mogelijk, maar heel duur, plus:

- Nog diepere opstelling nodig *(tegen luchtaanzuiging)*
- Roosters nodig *(zeezoogdiermortaliteit 3-4 ordes te hoog, anders dan bij freeflowturbines in vrij water)*

Grote impact op doorontwikkeld VKA, kosten stijgen verder

Onzeker traject met aanzienlijk afbreukrisico

*(Voor grootschalige getijde energie is  $Q \cdot \Delta h \cdot t$  te klein voor een commerciële BC)*

# Advies Rijkswaterstaat over inzet pompen/turbines

Getijdencentrale die pompen en turbineren combineert loslaten (misschien een aantal kleine free flow turbines)

Pompfunctie niet als kern van harde klimaatadaptatie, maar hooguit in de vorm van een later toe te voegen gemaal

Overgenomen uit advies van onafhankelijke experts aan 'Haagse' opdrachtgevers:

- Niet verder gaan met pompen of turbines, uitzoeken oplossingen - zonder getijdencentrale - binnen budget, peil op Grevelingenmeer laten meestijgen met zeespiegelstijging => opdracht aan Taskforce Getij Grevelingen (2022)

Regio: Verder haalbaarheid GTC onderzoeken

Eind 2022 besluit over wel of niet meenemen getijdenenergie in project Getij Grevelingen

## Vragen, reacties?





# Uit te werken varianten binnen 'Taskforce'

| NAAM      | VARIANT                                                       | PEILBESLUIT<br>AANPASSEN | PEILBEHEER | NATUUR<br>COMPENSATIE | NATUUR<br>BEHEER | ADAPTATIE         | opmerkingen                                                                                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>0</b>  | referentie                                                    | nee                      | huidig     | nee                   | huidig           | geen              | Referentiesituatie                                                                                    |
| <b>A1</b> | + inzet FSS                                                   | nee                      | huidig     | nee                   | huidig / extra   | geen              | Nieuwe afvoercoëfficiënt FSS                                                                          |
| <b>A3</b> | + inzet FSS, getijslag maximaal                               | ja                       | geen       | ja                    | huidig / extra   | meestijgen        | Obv Frisse Blik sessie.                                                                               |
| <b>B1</b> | met doorlaatmiddel                                            | ja                       | 20/-20     | ja                    | huidig / extra   | geen / meestijgen | HW -10cm, LW -35cm                                                                                    |
| <b>B2</b> | met doorlaatmiddel                                            | ja                       | 30/-25     | ja                    | huidig / extra   | geen / meestijgen | HW -10cm, LW -45cm                                                                                    |
| <b>B3</b> | met doorlaatmiddel, inzet FSS<br>tbv doorstroming Oost - West | ja                       | 30/-25     | ja                    | huidig / extra   | geen / meestijgen | Obv Frisse Blik sessie.<br>Variatie op Variant B2, bedoeld om<br>effect doorstroming te kwantificeren |

NB. Alternatieven met getijverschil groter dan 30 cm zijn in de verkenning onderzocht op ecologische effectiviteit