



Walvisvrienden winterevent 24 januari 2026



Electrische aandrijving voor een
Grinde
- mogelijkheden en uitdagingen -

Onderwerpen

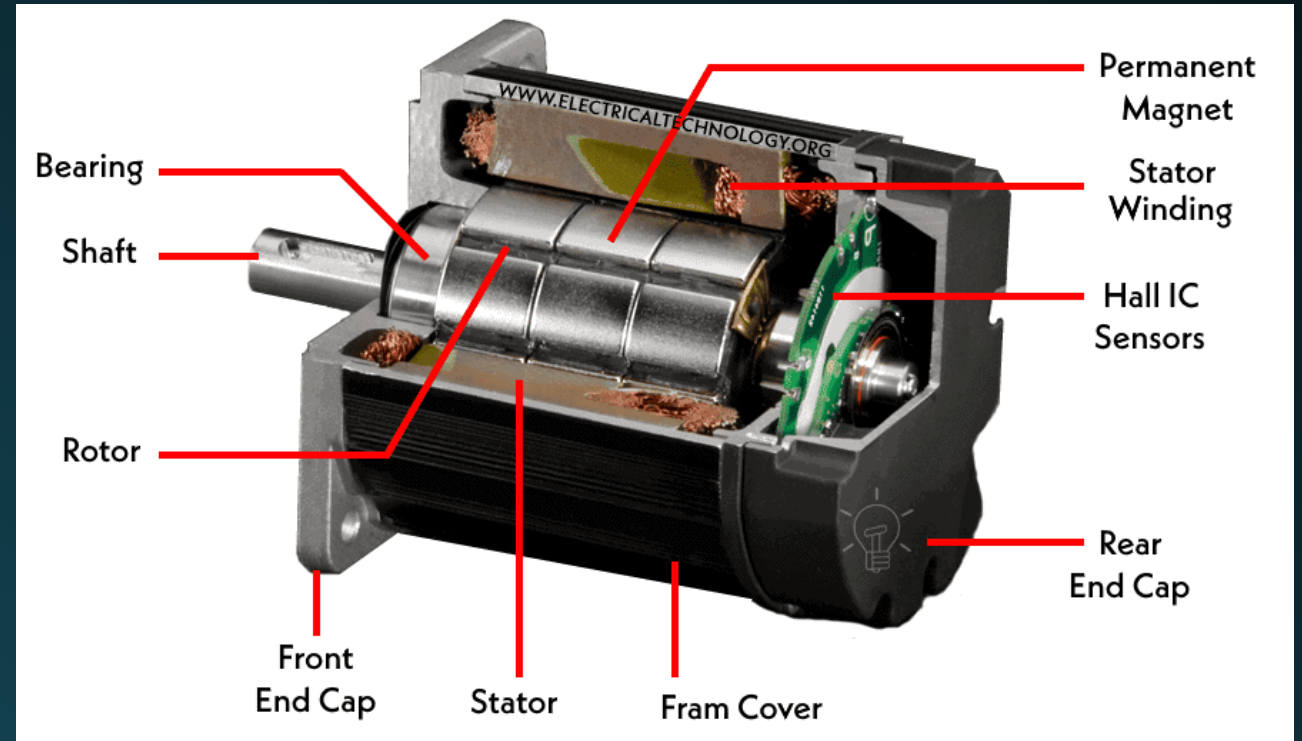
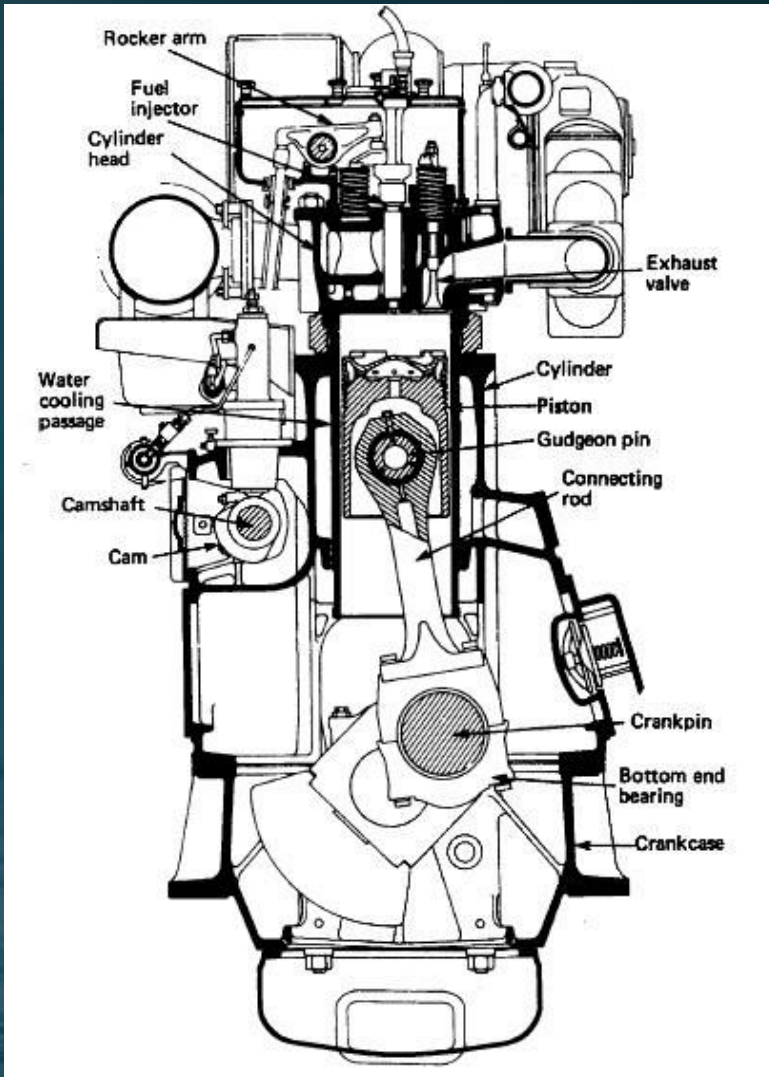
- Aanleiding
- De dieselmotor en elektrische motor vergeleken
- Diesel vs. batterijen als energiedrager
 - Energiedichtheid diesel vs. LiFePO₄ (kWh/l en kWh/kg)
 - Energiekosten
 - Laad-mogelijkheden
- Dimensionering
 - Welk vermogen vraagt een Grinde voor 3 knopen? En voor 5 knopen?
 - Randcondities: kruissnelheid, max. snelheid, bereik
 - Kant-en-klare opties
 - Zelfbouwopties: schroef, reductie, stuwdrukklager
- Discussie

Aanleiding

- De Bukh DV10 functioneert nog goed en betrouwbaar, maar wordt oud en zal ooit vervangen of opnieuw gereviseerd moeten worden
- Interessant project om zelf te doen
 - wellicht economisch concurrerend met wéér een nieuwe diesel??
- Irritatie (of onbegrip?) dat leveranciers van kant-en-klare aandrijvingen stellen

4 kW elektrisch is equivalent met 8 PK diesel
- Minder onderhoud, geen vieze handen, stinkerijen of lawaai en terug naar een pure manier van varen - maar niet té “puur” ☺

Diesel vs. Electric 1

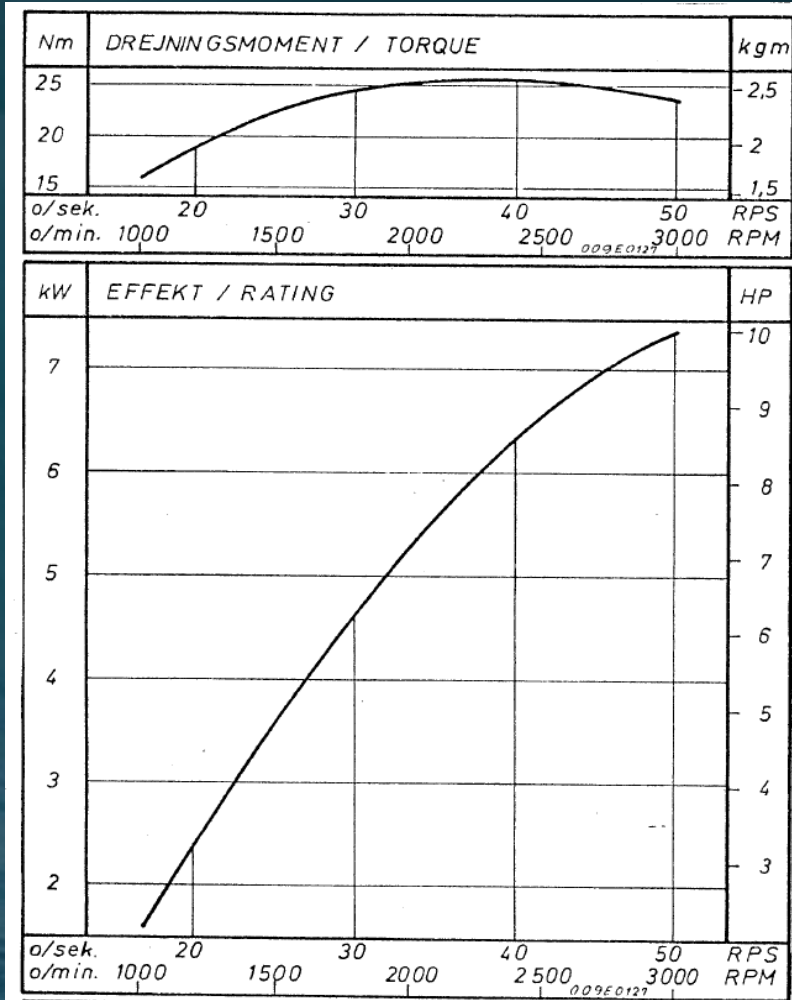


Diesel vs. Elektrisch 2

	10 PK diesel	10 kW elektrisch
Gewicht	Hoog (Bukh > 100 kg)	Laag (20 kg)
Complexiteit	Hoog: veel bewegende en kritische delen, bv <ul style="list-style-type: none">• Kleppen• Brandstofpomp en injecteurs• Lagers• Zuiger- en andere drukafdichtingen• Koelsysteem	Laag: lagers, PM rotor, Spoelen in stator, evt standopnemers. Aansturing is electronisch complex maar commodity tegenwoordig. Verlies in motor (10%) en controller (5%) dus nog steeds warmte af te voeren!
Trillingen en geluid	Hoog	Laag
Onderhoud	Veel bewegende slijtdelen in vervuilende omgeving Koude starts geven slijtage	Geen (brushless). Direct te starten/koud te belasten
Bewegende massa	Hoog, heen-en-weer gaand. Max snelheid mechanisch gelimiteerd	Laag, draaiend. Max snelheid thermisch gelimiteerd
Koppel	Laag bij lage RPM	Vrijwel constant over range
Rendement bij kruissnelheid	Thermisch beperkt 30-45%	90%
Rendement bij lage RPM	<<30% <ul style="list-style-type: none">• Wrijving zonder vermogen te leveren• Thermodynamisch rendement laag	90% <ul style="list-style-type: none">• Ohmse elektrische verliezen• IJzer verliezen bij zeer hoge RPM

Diesel vs. Electrisch 3

Wat is "Koppel" eigenlijk !?

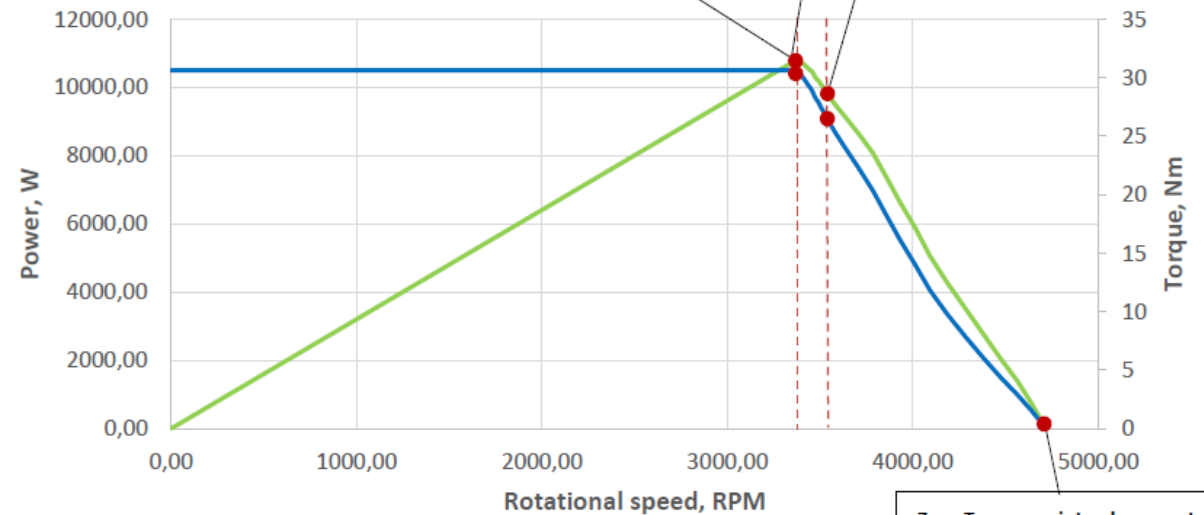


Base speed area. At this point (0-3380 RPM) "Constant Torque" 30,63 Nm starts to drop due to increasing back EMF. Operating at peak torque continuously may increase temperature of the motor significantly.

"Peak Power" point. 10834 W

At this point motor could operate continuously for long period of time. You will find this specific Power and Torque value at the motor spec sheet as "Nominal/Rated Torque" 27 Nm and "Nominal/Rated Power" 10 kW at the "Rated Speed" 3500 RPM.

HPM 10000 (48V)



Zero Torque point, where motor will operate at the maximum speed 4733 RPM (When no load applied).

Diesel vs. batterijen als energiedrager

DIESEL

- LHV Diesel ~36 MJ/l : de energie die vrijkomt bij verbranding
- Dat komt overeen met 10 kWh/l
- Als we dit niet in een kachel verbranden, maar door een dieselmotor in mechanische energie omzetten:
 $\eta \sim 30\% \rightarrow 3 \text{ kWh/l}$
- Een 10 liter dieseltank geeft aan de schroef dus **30 kWh** aan nuttige energie
- 10 liter Diesel tanken kost 2 minuten en eur 20

LiFePO4 batterij "Lithium IJzer Fosfaat"

- Tegenwoordig het beste compromis tussen gewicht, volume, laadsnelheid, kosten en laadrendement
- Beschikbaar als kant-en-klare modules incl. BMS (\$\$\$) of zelfbouw (\$)
- 32 stuks 314 Ah cellen (3.2 V) geeft **32 kWh**
- Materiaalkosten (bij zelfbouw) eur 1900, gewicht 180 kg, volume 83 l
- Energiekosten (variable deel – Volendam Marina) 65 ct/kWh * 32 = eur 21
- Laden met 10 A (als de walstoom dat aan kan) geeft ~2.4 kW en duurt 13 h



Dimensionering 1

Hoe sterk mijn motor moet zijn?

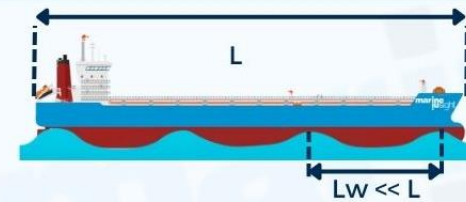
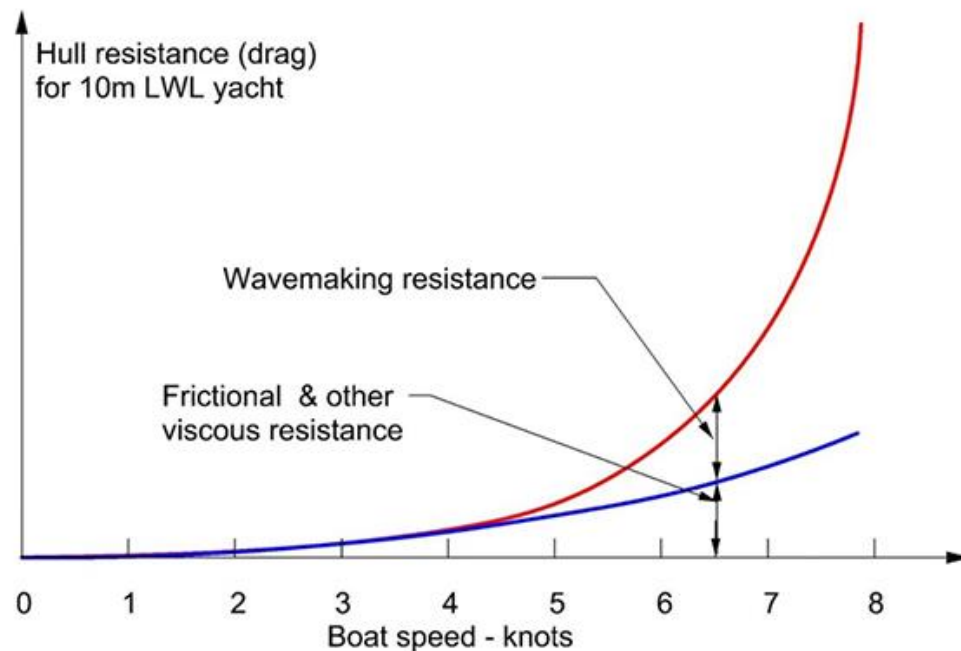
- Kruissnelheid
- Een tijd negeren om op tijd in een volle Waddenhaven te zijn
- Kort manoeuvreren om uit nare situaties te komen of deze te voorkomen

Hoe ver wil ik komen?

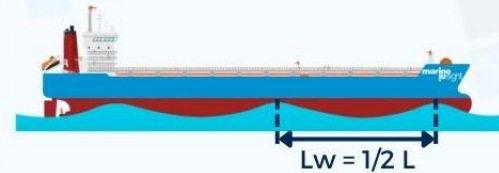
- We zijn heel erg verwend geweest met onze fossiele brandstoffen!
- Er zal iets ingeleverd moeten worden!
- In hoeverre ben je bereid je manier van varen te wijzigen?
- 16 kWh batterij lijkt voor een Grinde haalbaar

Dimensionering 2

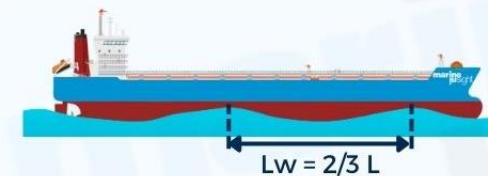
- Welk vermogen heb ik nodig?
- Bij lage snelheden overheest visceuze wijving (goede AF helpt!)
- Bij hogere snelheden gaat het waterverplaatsen (goven maken) overheersen, met de "rompsnelheid" als brickwall



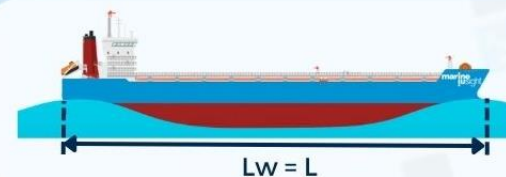
Small waves alongside the hull have minimal wave-making resistance



Bow wave system has a crest at the stern crest partially cancels stern wave system, reducing wavemaking



Bow wave creates a trough at the stern, which adds to the stern wave system, increasing wavemaking



"Hull Speed" last efficient speed for displacement ships

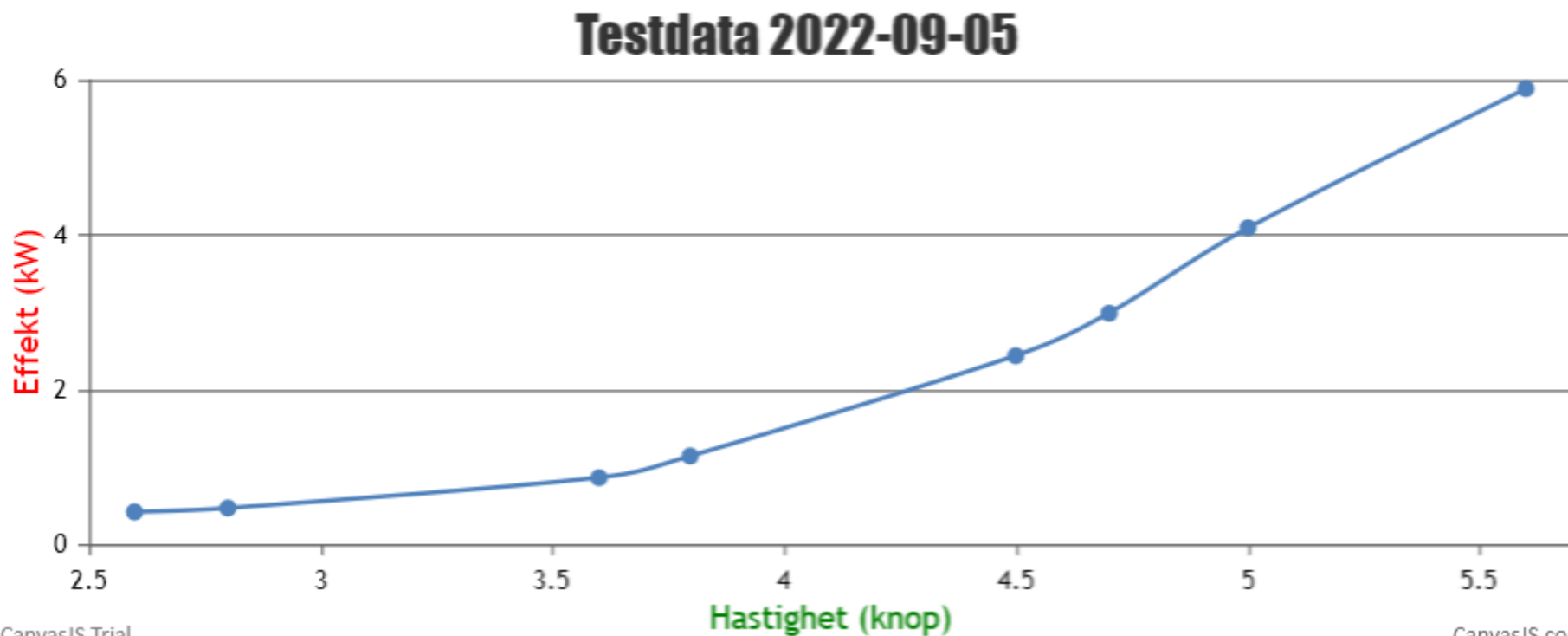


"Hull Speed" - Worst speed to operate at

Dimensionering 2

Praktijkmetingen bij een Grinde met bestaande klapschroef en tandriemreductie

Economy speed seems to be around 4 Knop and about 1.5 kW, which gives a time of about 12 hours and a distance of about 40 Nm. In other words, Læsø is no problem on a charge.



Dimensionering 3

De scheepsschroef:

- Remt af onder het zeilen ☹️
- Draaiende bladen hebben óók wrijving (rendement tussen 50-70%)
- Een schroef versnelt aanstromend water in een “jet” die zich afzet tegen het water achter de schroef → voortstuwing
- Dat lukt beter door véél water een beetje versnellen dan een beetje water véél te versnellen!

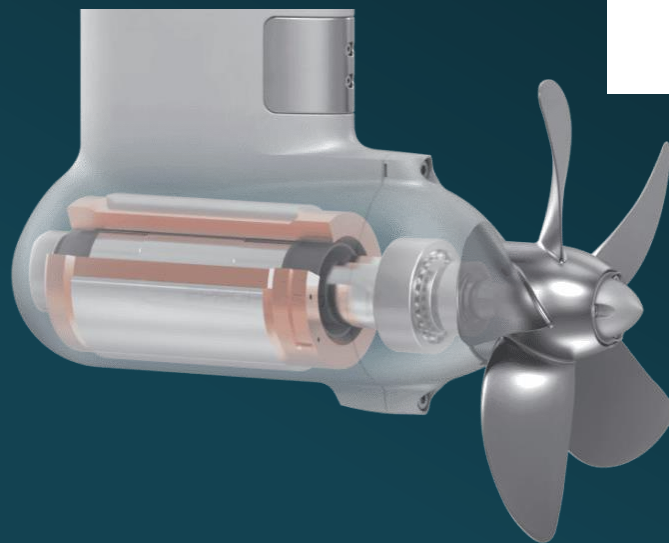
Grotere schroeven:

- Zijn (hierdoor) efficiënter dan kleinere schroeven
- Extra voordelig effect vanwege lagere wrijving

Voordelen E-motor:

- (zeker bij Pod-drives en BBM) kan schroef optimaal (maximale grootte!) gekozen worden
- Omdat Koppel vroeg beschikbaar is kan zonder of met kleine reducties gewerkt worden → minder verliezen
- Regeneratie mogelijk (vereist vaste schroef – kan 10% terugwinnen)

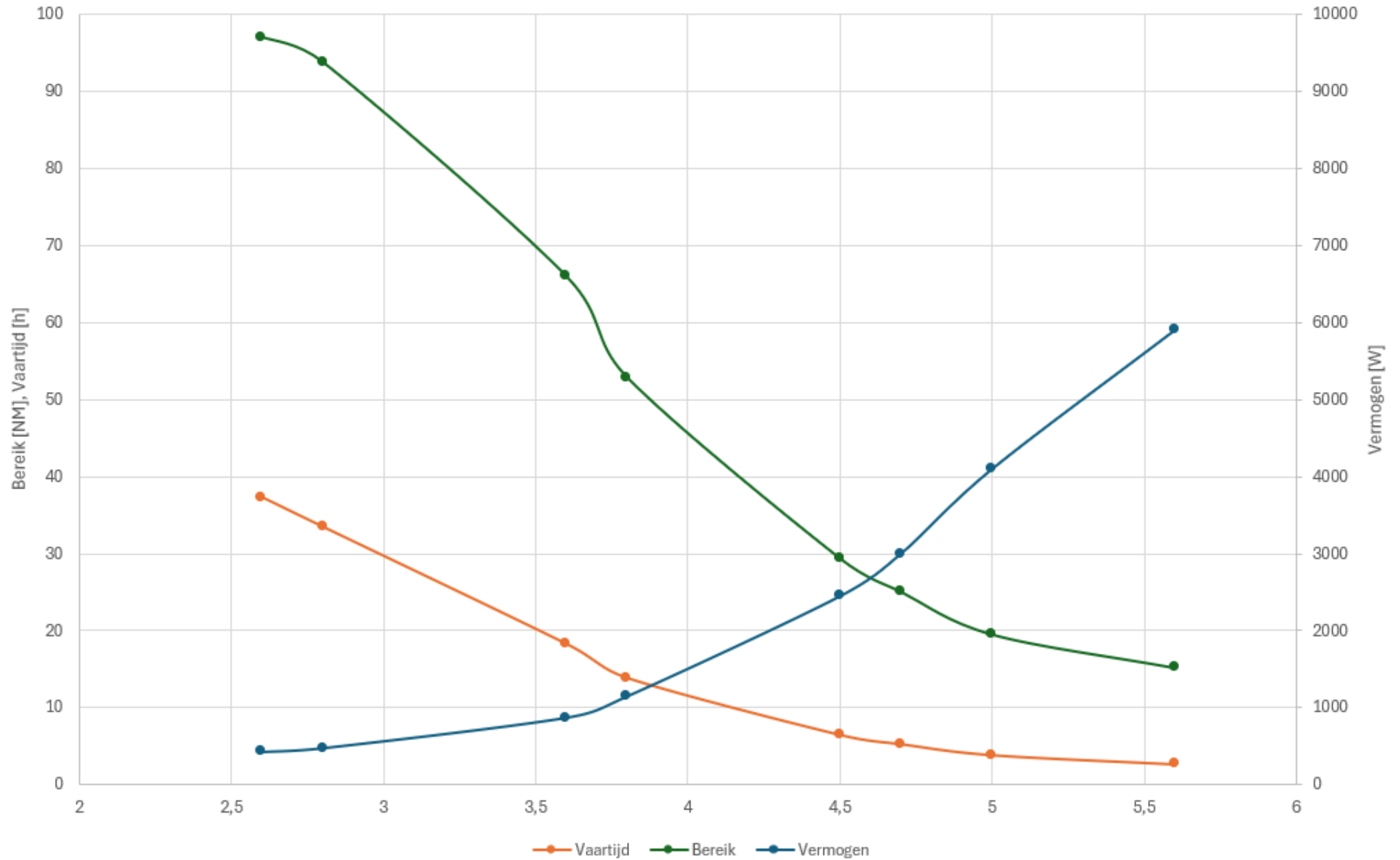
Dimensionering 3 – kant en klare opties



Dimensionering – zelfbouw (grinde-19.se)



Bereik en vaartijd vs. snelheid



Dimensionering - boodschappenlijst

Battery cellen	https://www.nkon.nl/cornex-pf173-314a-314ah-lifepo4-3-2v-grade-a.html	16	€ 58,95	€ 943,20
Motor	https://www.dold-mechatronik.de/BLDC-Motor-Brushless-DC-Motor-10kW-48V-Liquid-Cooled,-HPM10KL-48	1	€ 1.138,00	€ 1.138,00
FOC Controller	https://www.dold-mechatronik.de/EZ-Controller-for-10kW-48V-motor,-EZ-B481000?srsId=AfmBOor9vhraSZqSunEs1h-7oqTo9Kkysl5lWhaNCw9S3f-wkb-Oae71	1	€ 567,00	€ 567,00
Python stuwdrucker	https://bakker-ijlst.nl/product/stuwdrucker-python-drive-pd-r/	1	€ 260,00	€ 260,00
Glas en epoxy voor frame	rechthoekig frame, 6 mm laminaat	1	€ 100,00	€ 100,00
Dempers	https://www.motorsteunen.nl/products/md-mount-motorsteun-type-120-04-m16-stift-max-30-kg-1	4	€ 37,50	€ 150,00
Tussen as		1	€ 50,00	€ 50,00
Lagers	https://www.atd.nl/categorie/lager-techniek/Lagerblokken/flenslagerblokken/aelf-esfe-pcj-serie-9566/?selected_facets=attrs.binnendiameter%3A25.0	2	€ 35,00	€ 70,00
Tandriem		2	€ 40,00	€ 80,00
Buitenwaterpomp		1	€ 80,00	€ 80,00
Slangen, afsluiter, filter, retour huiddoorvoer		1	€ 200,00	€ 200,00
Tandriem	https://www.atd.nl/tandriem-pu-20-t10-550-250381/	1	€ 35,00	€ 35,00
Lader/inverter	https://stroomwinkel.nl/omv-la/omv-la-combis/multiplus-48-2000-25-32-230v-ve-bus.html?__SID=S	1	€ 660,00	€ 660,00
BMS	https://www.nkon.nl/jk-smart-active-balance-bms-b2a24s30p-7s-24s-300a-lifepo4-li-ion.html	1	€ 120,00	€ 120,00
Accumonitor	https://stroomwinkel.nl/batterij-monitor-bmv-712-smart.html	1	€ 175,00	€ 175,00
Gashandle	https://eveurope.eu/en/product/boat-throttle-classic-ip65-waterproof-hall/	1	€ 324,00	€ 324,00
Bekabeling, schoenen		1	€ 100,00	€ 100,00
DCDC converter	https://stroomwinkel.nl/omv-la/omv-la-omv-dc-dc/dc-dc-omvormer-48-12-20a-240w-iso.html?__SID=S	1	€ 140,00	€ 140,00
			Totaal	€ 5.192,20

Belangrijkste bronnen / met dank aan:

- The Propeller Handbook / David Gerr
- Propking rekensheet
- www.grinde-19.se
- www.oceanvolt.com

