



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Placering af trykmåler til bølgemåling

Kramer, Morten Mejlhede; Kofoed, Jens Peter

Publication date:
2004

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kramer, M., & Kofoed, J. P. (2004). Placering af trykmåler til bølgemåling: Wave Dragon, Nisum Bredning. (1 udg.) Aalborg: Department of Civil Engineering, Aalborg University. *Hydraulics and Coastal Engineering*, Nr. 6

General rights

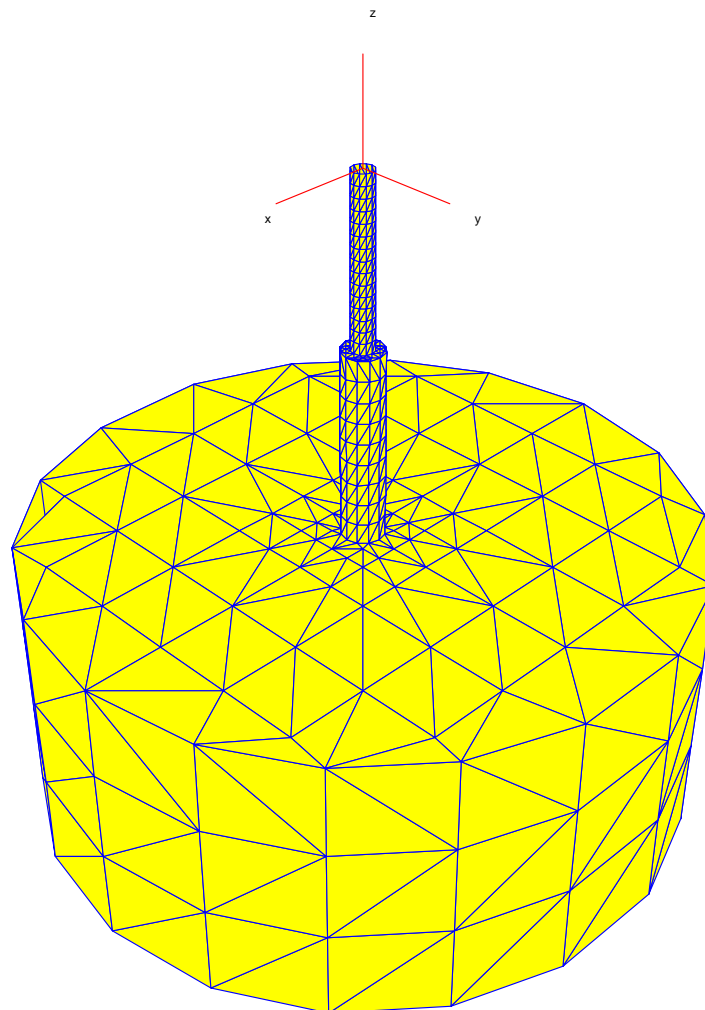
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Placering af trykmåler til bølgemåling – Wave Dragon, Nissum Bredning



Morten Kramer & Jens Peter Kofoed

August, 2004



DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

AALBORG UNIVERSITY

SOHNGAARDSHOLMSVEJ 57 DK-9000 AALBORG DENMARK
TELEPHONE +45 96 35 80 80 TELEFAX +45 98 14 25 55

Hydraulics and Coastal Engineering No. 6

ISSN: 1603-9874

Placering af trykmåler til bølgemåling

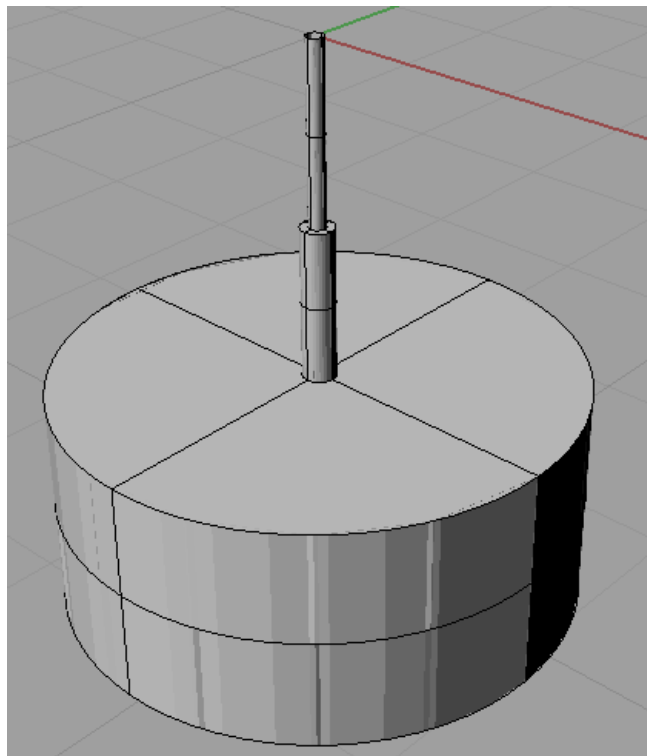
Wave Dragon, Nissum Bredning

Morten Kramer & Jens Peter Kofoed

Indholdsfortegnelse

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Indledning | 7 |
| 2 | Anvendt teori | 8 |
| 3 | Detaljerede data | 8 |
| 4 | Normering af variable | 9 |
| 5 | Elementantal i de numeriske modeller | 9 |
| 6 | Resultater | 10 |
| 6.1 | Indvirkning af punktets placering | 10 |
| 6.2 | Indvirkning af bølgeretning | 12 |
| 6.3 | Indvirkning af pælen kontra nedre fundamentkasse..... | 12 |
| 6.4 | Indvirkning af vanddybden | 13 |
| 7 | Korrektion af transfer funktion | 14 |
| 8 | Konklusion | 15 |

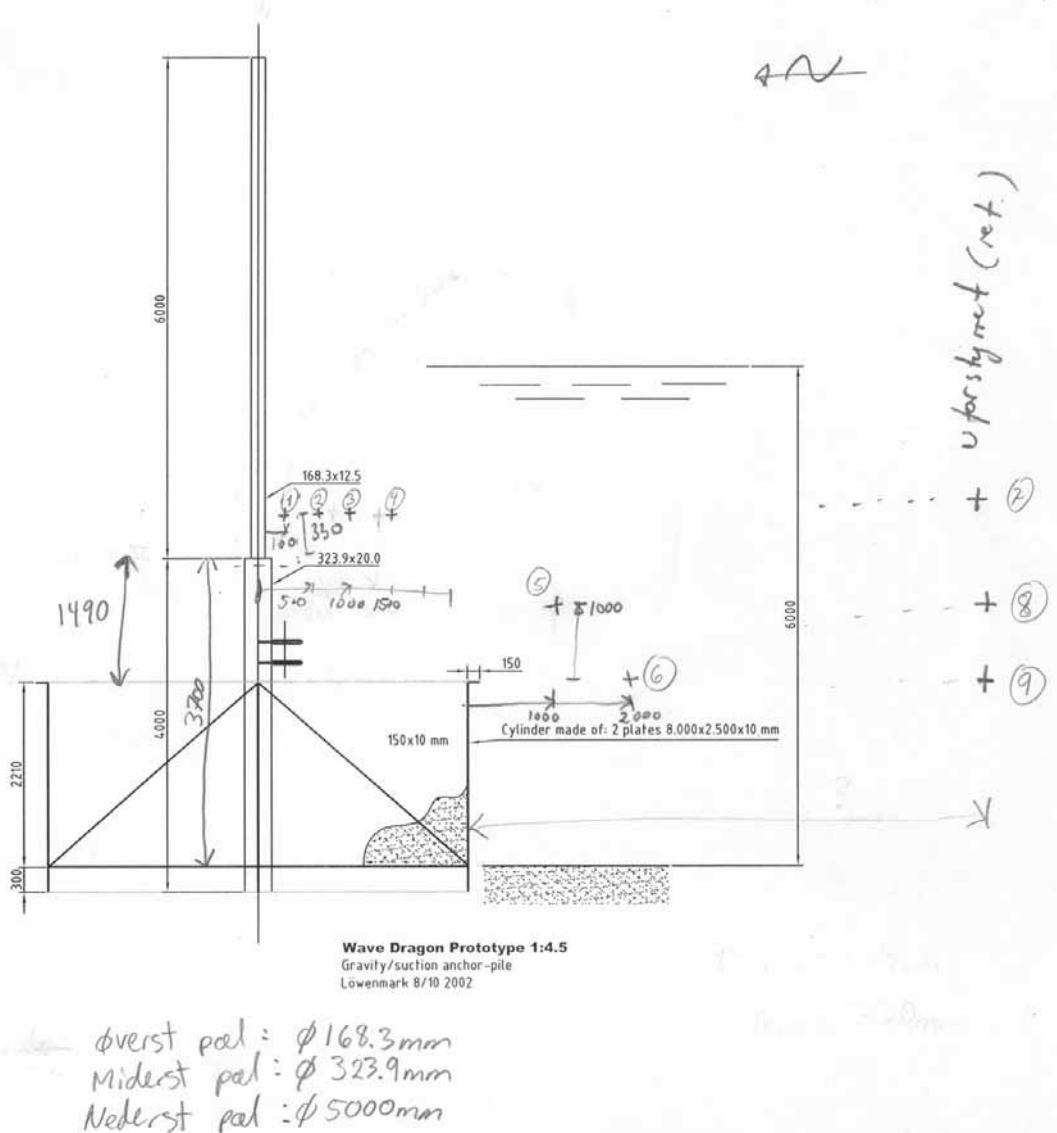
| | |
|--|-----------|
| Appendix A: Bølgelængder til transfer funktion | 16 |
| Appendix B: Tabeller med forstærkningsfaktorer | 17 |
| Appendix C: Tabeller med korrigeret transfer funktion | 19 |



1 Indledning

Til opmåling af bølger ved Wave Dragon, Nissum Bredning anvendes en trykmåler. Trykmåleren har hidtil været monteret på pælen over fundamentet, som angivet ved punkt ① vist på figur 1. Hidtil er målingerne ved denne placering antaget upåvirket af tilstædeværelsen af pælen og fundamentet i bølgebilledet. Indflydelsen af pælen og det underliggende fundament påvirker dog imidlertid trykmålingerne - men i hvor stor grad? Dette skrift har til formål at belyse dette spørgsmål.

Da trykmåleren står over for udskiftning, er alternative placeringer af trykmåleren undersøgt, se punkt ① - ⑨ vist på figur 1. Punkt ②, ③ og ④ ligger på samme vanddybde som den oprindelige placering (punkt ①), men har større afstand til pælen. Punkt ⑤ ligger på større vanddybde, 1 m over fundamentets overkant, 1 m foran fundamentet. Punkt ⑥ er placeret på samme vanddybde som fundamentets overkant 2 m foran fundamentetskassen. Punkt ⑦, ⑧ og ⑨ er alle referencepunkter som er benyttet til at kontrollere beregningerne. Disse 3 punkter er placeret på vanddybder svarende til placeringen af de øvrige punkter, men den horisontale afstand til fundamentet er tilstrækkelig stor til at fundamentet ikke påvirker bølgebilledet. Alle målepunkter er placeret opstrøms bølgeretningen.



Figur 1. Fundamentsgeometri med placering af de 9 undersøgte punkter markeret med ① - ⑨.

2 Anvendt teori

Potentialteoretiske beregninger vil med rimelig nøjagtighed kunne belyse problemstillingen. Der anvendes en numerisk potentialteoretisk metode, hvor strømningfeltet løses korrekt i 3D. Metoden benytter den såkaldte kilde/dræn-teknik, hvorved potentialet kan beregnes i vilkårlige punkter ud fra beregnede kildestyrker. For yderligere information vedr. potentialteori og kilde/dræn-teknik henvises til gængs standard litteratur inden for bølgehydraulikken.

Der benyttes 1. ordens teori hvor Laplace-ligningen løses korrekt til middelvandspejlet. Trykvariationer i et punkt kan f.eks. herved beskrives ved en cosinus-bevægelse.

3 Detaljerede data

Der regnes i et koordinatsystem med horisontale akser X,Y og den vertikale akse Z regnet positiv opad med nulpunkt ved vandspejlet. X regnes positiv mod venstre i figur 1 og placeres med nulpunkt i pælens centrum. Y regnes ud af planen i figur 1 med nulpunkt i pælens centrum.

Vanddybden h kan variere afhængigt af vejrforholdene. Der gennemregnes 6 modeller svarende til vanddybder mellem $h=5.00\text{m}$ og $h=6.11\text{m}$, se tabel 1.

Tabel 1. Placering af punkter. Mål i meter. h angiver vanddybden.

| Punkt nummer | X | Y | Z ($h=5.00$) | Z ($h=5.22$) | Z ($h=5.44$) | Z ($h=5.67$) | Z ($h=5.89$) | Z ($h=6.11$) |
|--------------|--------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | -0.184 | 0.00 | -0.97 | -1.19 | -1.41 | -1.64 | -1.86 | -2.08 |
| 2 | -0.50 | 0.00 | -0.97 | -1.19 | -1.41 | -1.64 | -1.86 | -2.08 |
| 3 | -1.00 | 0.00 | -0.97 | -1.19 | -1.41 | -1.64 | -1.86 | -2.08 |
| 4 | -1.50 | 0.00 | -0.97 | -1.19 | -1.41 | -1.64 | -1.86 | -2.08 |
| 5 | -3.50 | 0.00 | -1.79 | -2.01 | -2.23 | -2.46 | -2.68 | -2.90 |
| 6 | -4.50 | 0.00 | -2.79 | -3.01 | -3.23 | -3.46 | -3.68 | -3.90 |
| 7 | -1000 | 0.00 | -0.97 | -1.19 | -1.41 | -1.64 | -1.86 | -2.08 |
| 8 | -1000 | 0.00 | -1.79 | -2.01 | -2.23 | -2.46 | -2.68 | -2.90 |
| 9 | -1000 | 0.00 | -2.79 | -3.01 | -3.23 | -3.46 | -3.68 | -3.90 |

Bølgeretningen kan variere i et bredt interval. Da pælen inklusive fundamentet er cirkulært, forventes indflydelsen af bølgeretningen ikke ret stor. For at bekræfte denne forventning er beregningerne på 5.00 m vanddybde gennemført for 3 bølgeretninger: $\theta = 0^\circ$ (som angivet på figur 1), $\theta = 20^\circ$ og $\theta = 40^\circ$.

Beregningerne gennemføres for regelmæssige bølger med perioder mellem $T=1.50\text{ s}$ og $T=4.50\text{ s}$, svarende til hidtil anvendte perioder. Herudover er beregningerne gennemført for en meget lang bølge med $T=100\text{ s}$. For den meget lange bølge vil pælens tilstedeværelse ikke forstyrre bølgebilledet, hvorved resultaterne for denne periode er velegnet til at kontrollere beregningerne.

Tabel 2. Undersøgte bølger. Bølgelængden er angivet for vanddybden $h=5.00\text{ m}$.

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Periode T | 1.50 | 1.83 | 2.17 | 2.50 | 2.83 | 3.17 | 3.50 | 3.83 | 4.17 | 4.50 | 100 |
| Frekvens f | 0.67 | 0.55 | 0.46 | 0.40 | 0.35 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.22 | 0.01 |
| Bølgelængde L | 3.52 | 5.23 | 7.36 | 9.74 | 12.36 | 15.21 | 18.01 | 20.80 | 23.62 | 26.33 | 700 |

4 Normering af variable

Potentialet i et uforstyrret bølgefelt for en regelmæssig bølge kan beskrives:

$$\varphi_i = -\frac{gH}{2\omega} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \sin(kx - \omega t)$$

| | | |
|------|----------|--------------------------|
| Hvor | g | : Tyngdeaccelerationen |
| | H | : Bølgehøjden |
| | ω | : Cirkulær bølgefrekvens |
| | k | : Bølgetallet |
| | h | : Vanddybden |
| | t | : Tidspunkt |
| | x | : Sted |

En konstruktion placeret i bølgefeltet vil imidlertid forstyrre dette bølgefelt, således det samlede potentiale kan skrives som en sum af φ_i og det spredte potentiale φ_s , herved:

$$\varphi_{samlet} = \varphi_i + \varphi_s$$

Normeres φ_{samlet} med φ_i forsvinder indvirkningen af f.eks. bølgehøjde og tyngdeaccelerationen, hvorved denne forstærkningsfaktor kan skrives:

$$\text{Forstærkning} = (\varphi_i + \varphi_s) / \varphi_i$$

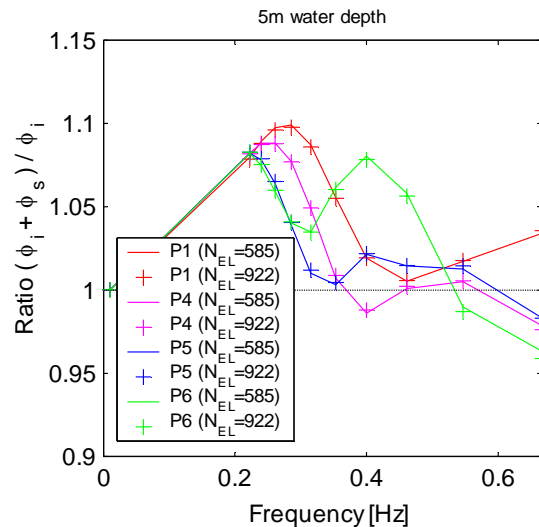
Denne forstærkningsfaktor har værdien 1 såfremt konstruktionen ikke påvirker bølgebilledet. Dette er tilfældet for lange bølger uanset hvilket punkt der betragtes, samt for punkter langt fra konstruktionen.

Forstærkningsfaktoren er ens for potentiale og tryk (p^+).

5 Elementantal i de numeriske modeller

Den numeriske beregningsnøjagtighed afhænger af elementantallet. Der er udført kontrolberegninger for konstruktionen placeret på 5 meters vanddybde. Det vides fra tidligere beregningsmodeller med lignende udformninger, at nogle få hundrede elementer er tilstrækkeligt til at opnå god præcision. Formålet var derfor at verificere, om der kunne opnås tilstrækkeligt præcise resultater med en model med cirka 500 elementer. 2 modeller med forskelligt elementantal blev undersøgt. Én model med 585 elementer og én model med 922 elementer.

Forstærkningsfaktorerne beregnet i punkterne P1, P4, P5 & P6 er sammenlignet i figur 2. Det fremgår af figur 2, at kurverne og punkterne markeret med "x" er sammenfaldende. Modellen med 585 elementer har således et tilstrækkeligt elementantal til at opnå ønsket præcision. Det vurderes, at en inddeling med cirka 500 elementer er tilstrækkeligt også for de øvrige modeller.



Figur 2. Konvergensanalyse.

6 Resultater

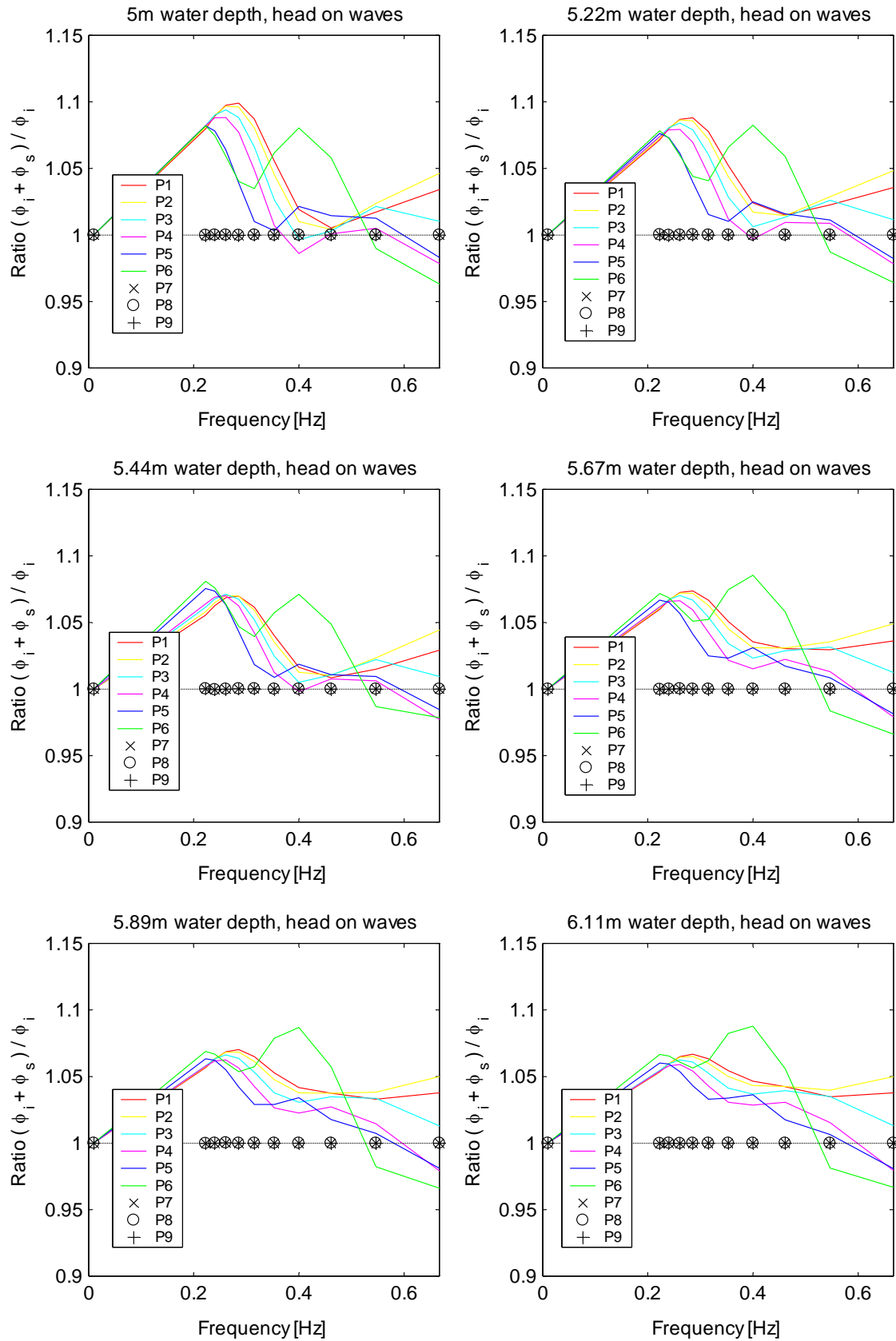
6.1 Indvirkning af punktets placering

Af graferne i figur 3 fremgår som forklaret i kapitel 4 "normering af variable", at samtlige forstærkningsfaktorer går mod 1 for frekvenser gående mod nul. Dvs. pæls indflydelse på forstærkningsfaktoren er minimal i lange bølger. Desuden fremgår, at forstærkningsfaktorerne for punkt 7, 8 og 9 er 1 uanset bølgefrequensen. Dette betyder, at pælen ikke har indvirkning på bølgebilledet langt fra fundamentet.

Kurverne for punkt 1, 2, 3 og 4 følger omtrent samme forløb. Sammenlignes kurverne for de 4 punkter nøjere ses, at punkt 1 generelt har de største forstærkningsfaktorer og punkt 4 de mindste forstærkningsfaktorer. Dette betyder, at jo større afstand til pælen, des mindre hydrodynamisk indvirkning.

Forløbet af kurverne for punkt 4 og 5 er omtrent ens, men kurverne for punkt 5 ligger generelt nederst med de laveste forstærkningsfaktorer. Kurverne for punkt 6 adskiller sig fra de andre ved en ekstra top ved frekvensen 0.4. Af tabel 2 fremgår, at dette svarer til en bølge med længden 10m. Denne bølge er således dobbelt så lang som diameteren af fundamentet, hvilket kan forklare dette fænomen.

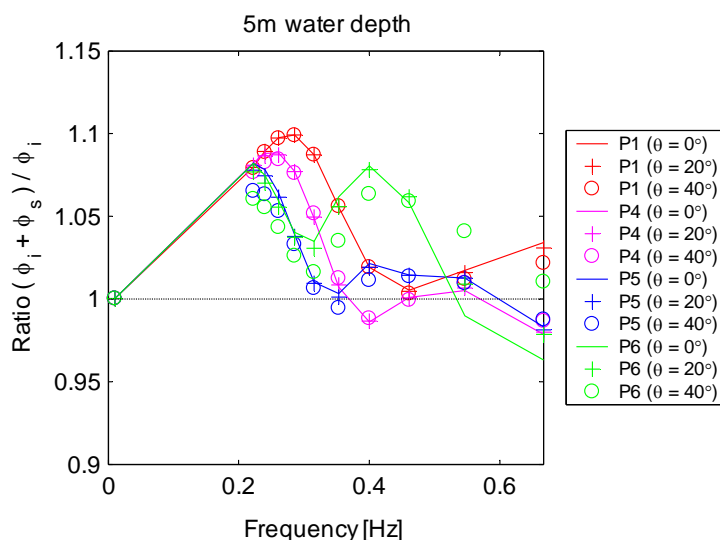
Wave Dragon - Placering af trykmåler til bølgemåling



Figur 3. Indvirkning af punktets placering.

6.2 Indvirkning af bølgeretning

Af figur 4 fremgår, at bølgeretningen har minimal indvirkning på resultaterne for punkt 1, 4 og 5. Betydningen er derimod væsentlig for punkt 6 i tilfælde af bølgeretningen 40° .

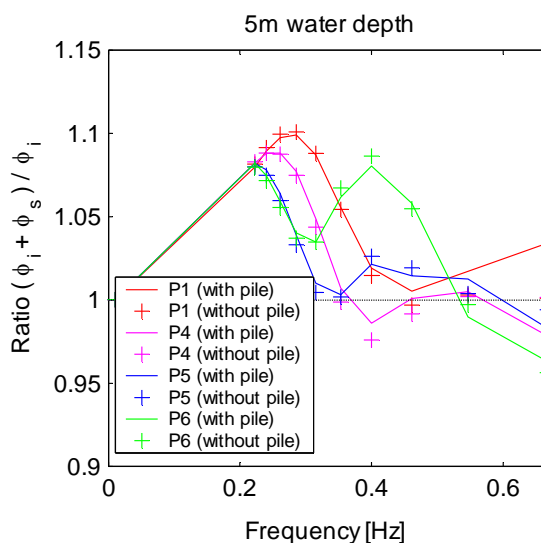


Figur 4. Indvirkning af bølgeretning.

6.3 Indvirkning af pælen kontra nedre fundamentskasse

Betragtes de geometriske størrelser af den øvre pæl og nedre fundamentskasse (f.eks. vist på forsidebilledet og figur 1) fremgår, at den nedre fundamentskasse har en væsentligt større volumen end den øvre del af pælen. Det er derfor undersøgt, hvor stor indflydelse den nedre del af fundamentskassen (med diameteren på 5m) har på resultaterne. Der er derfor kørt en ekstra numerisk model udelukkende med den nedre del af fundamentskassen. Resultaterne for denne model er angivet ved "without pile" i figur 5.

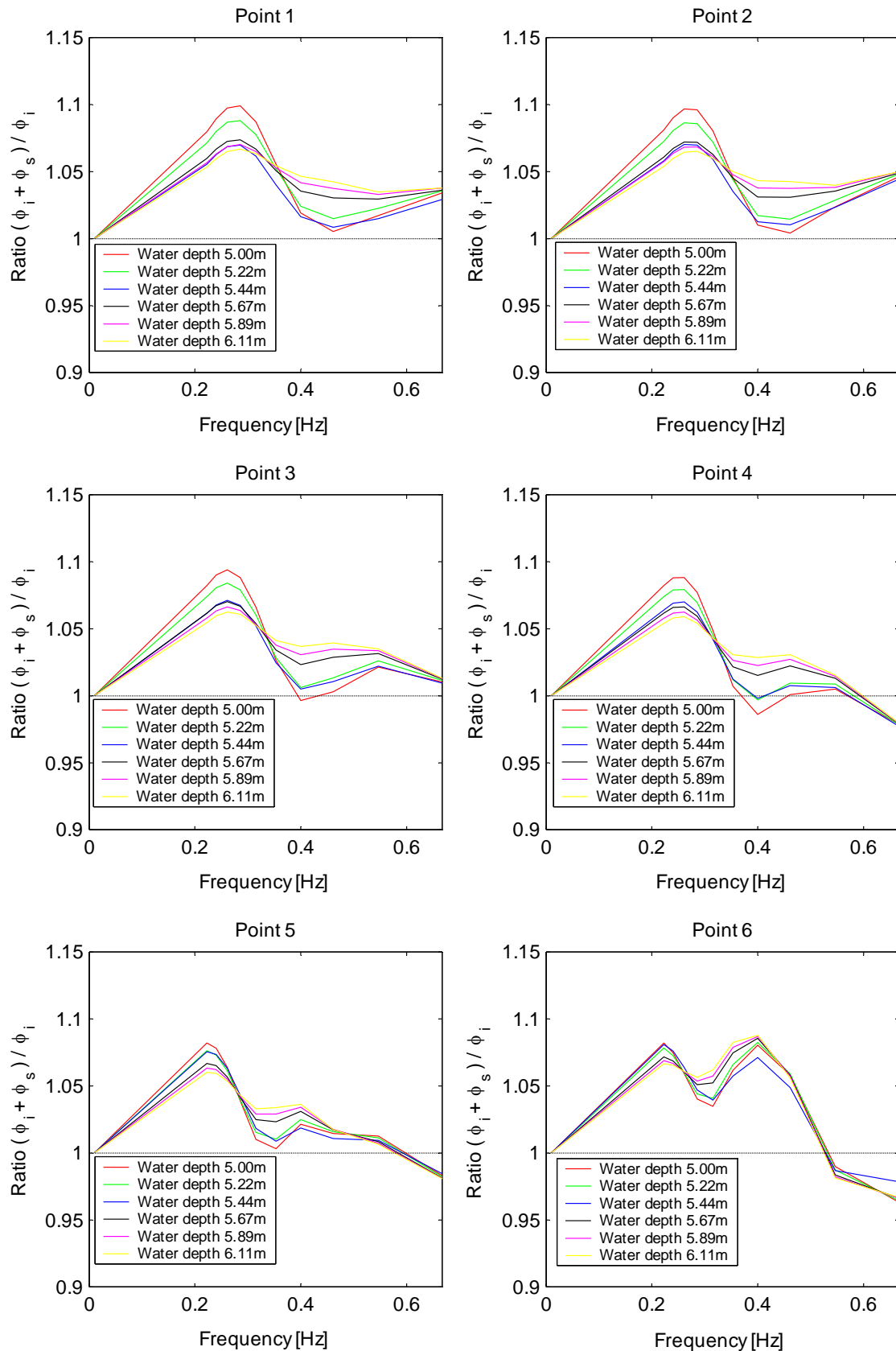
Af figur 5 fremgår, at krydserne omtrent ligger på kurverne. Dvs. resultaterne for modellen med hele fundamentet og resultaterne for modellen udelukkende for den nedre fundamentskasse er ens. Det kan herudfra konkluderes, at det stort set udelukkende er den nedre fundamentskasse som giver anledning til ændringer i bølgebilledet.



Figur 5. Indvirkning af pælen kontra nedre fundamentskasse.

6.4 Indvirkning af vanddybden

Samme resultater som vist i figur 3 er efterfølgende præsenteret i figur 6, blot er kurverne nu opstillet punktvis, således indvirkning af vanddybden nu fremgår tydeligere.



Figur 6. Indvirkning af vanddybden.

Af figur 6 fremgår, at større vanddybder så at sige flader kurverne ud. Herved menes, at toppe på kurverne bliver lavere mens dalene bliver højere. Større vanddybde giver således mindre maksimale forstærkningsfaktorer, hvilket var forventeligt.

7 Korrektion af transfer funktion

p^+ for en regelmæssig bølge beregnes ud fra:

$$p^+ = \rho g \frac{H}{2} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} \cos(\omega t - kx)$$

Hvor ρ : Densiteten
 g : Tyngdeaccelerationen
 H : Bølgehøjden
 k : Bølgetallet, $k = 2\pi/L$ (L er bølgelængden)
 h : Vanddybden
 z : Position under vandspejlet (negativ)
 ω : Cirkulær bølgefrekvens
 t : Tidspunkt
 x : Sted

Divideres p^+ med overfladeelevationen $\eta = \frac{H}{2} \cos(\omega t - kx)$ fås følgende transfer funktion for overfladeelevation til p^+ :

$$\text{Transfer funktion} = \rho g \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh}$$

p^+ måles ved Wave Dragon direkte i meter vandsøjle, således ρg kan udelades:

$$\text{Transfer funktion (Wave Dragon)} = \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh}$$

Denne funktion er angivet i tabel 3. For at beregne transfer funktionen skal bølgelængden beregnes. Bølgelængden er angivet i appendix A.

Tabel 3. Transfer funktion uden korrektion for fundamentets indvirkning. Grå skravering angiver det observerede bølgeklima. $P^+ = K \cdot \eta$, K er transferfunktionen.

| Periode [s] | Vanddybde [m] | | | | | |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.177 | 0.119 | | | | |
| 1.83 | 0.312 | 0.240 | 0.184 | 0.140 | 0.107 | |
| 2.17 | 0.437 | 0.362 | 0.300 | 0.247 | 0.205 | 0.170 |
| 2.50 | 0.537 | 0.466 | 0.405 | 0.349 | 0.303 | 0.263 |
| 2.83 | 0.617 | 0.553 | 0.496 | 0.443 | 0.397 | 0.356 |
| 3.17 | 0.683 | 0.627 | 0.575 | 0.526 | 0.483 | 0.443 |
| 3.50 | 0.733 | 0.684 | 0.639 | 0.595 | 0.555 | 0.518 |
| 3.83 | 0.774 | 0.731 | 0.691 | 0.652 | 0.616 | 0.583 |
| 4.17 | 0.807 | 0.770 | 0.735 | 0.700 | 0.668 | 0.638 |
| 4.50 | 0.833 | 0.800 | 0.769 | 0.739 | 0.711 | 0.684 |

Transfer funktionen kan korrigeres direkte ved at multiplicere med de beregnede forstærkningsfaktorer. Forstærkningsfaktorerne er angivet på tabelform i appendix B og de korrigerede transfer funktioner som tager hensyn til fundamentets tilstedeværelse er angivet i appendix C.

8 Konklusion

Fundamentets indvirkning på trykvariationerne i punkter tæt på fundamentet er undersøgt numerisk med det formål, at give en beskrivelse af fundamentets indvirkning på in situ trykmålinger. Resultaterne kan fremover direkte indarbejdes, således in situ trykmålinger kan korrigeres for fundamentets tilstedeværelse. Når den endelige position af trykmåleren er fastlagt, vælges den tilsvarende korrigerede transfer funktion angivet i appendix C.

Følgende resultater er fundet. Ses bort for de meget lange bølger er forstærkningen generelt størst for lange bølger og mindst for de korte bølger. Der er fundet maksimale forstærkningsfaktorer på cirka 1.1, svarende til trykforøgelser grundet fundamentets tilstedeværelse på 10%. De gennemsnitlige frekvensmidlede forstærkningsfaktorer er imidlertid kun omtrent 5%.

Bølgeretningen har generelt minimal indflydelse på forstærkningsfaktorerne og er derfor ikke medtaget i korrektionsfunktionen.

Vanddybden har en lille indvirkning på forstærkningen, således øget vanddybde generelt giver mindskede maksimale forstærkningsfaktorer. Ændret vanddybde giver imidlertid omtrent uændrede frekvensmidlede forstærkningsfaktorer.

Appendix A: Bølgelængder til transfer funktion

Grå skravering angiver det observerede bølgeklime.

Eksempel på aflæsning i tabellen: En bølge med perioden 1.50 s har på vanddybden 5.00 m en bølgelængde på 3.52 m.

| Periode [s] | Vanddybde [m] | | | | | |
|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 3.52 | 3.52 | 3.52 | 3.52 | 3.52 | 3.52 |
| 1.83 | 5.23 | 5.23 | 5.23 | 5.23 | 5.23 | 5.23 |
| 2.17 | 7.36 | 7.36 | 7.36 | 7.36 | 7.36 | 7.36 |
| 2.50 | 9.74 | 9.74 | 9.75 | 9.75 | 9.76 | 9.76 |
| 2.83 | 12.36 | 12.39 | 12.42 | 12.44 | 12.45 | 12.46 |
| 3.17 | 15.21 | 15.28 | 15.34 | 15.40 | 15.45 | 15.49 |
| 3.50 | 18.01 | 18.14 | 18.26 | 18.37 | 18.46 | 18.55 |
| 3.83 | 20.80 | 21.00 | 21.18 | 21.35 | 21.50 | 21.64 |
| 4.17 | 23.62 | 23.90 | 24.15 | 24.40 | 24.62 | 24.82 |
| 4.50 | 26.32 | 26.67 | 26.99 | 27.31 | 27.60 | 27.86 |

Appendix B: Tabeller med forstærkningsfaktorer

Grå skravering angiver det observerede bølgeklima. $\varphi_{\text{punkt}} = F \cdot \varphi_i$, F er forstærkningsfaktoren, φ_i er det uforstyrrede potentiale.

| Periode [s] | Punkt 1 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 1.034 | 1.036 | 1.029 | 1.036 | 1.038 | 1.038 |
| 1.83 | 1.017 | 1.022 | 1.015 | 1.029 | 1.033 | 1.035 |
| 2.17 | 1.005 | 1.015 | 1.009 | 1.031 | 1.038 | 1.042 |
| 2.50 | 1.019 | 1.024 | 1.016 | 1.035 | 1.042 | 1.047 |
| 2.83 | 1.056 | 1.052 | 1.040 | 1.051 | 1.053 | 1.054 |
| 3.17 | 1.087 | 1.078 | 1.062 | 1.067 | 1.065 | 1.063 |
| 3.50 | 1.099 | 1.088 | 1.070 | 1.074 | 1.070 | 1.067 |
| 3.83 | 1.098 | 1.087 | 1.069 | 1.073 | 1.069 | 1.065 |
| 4.17 | 1.089 | 1.080 | 1.063 | 1.067 | 1.063 | 1.060 |
| 4.50 | 1.080 | 1.072 | 1.056 | 1.060 | 1.057 | 1.053 |

| Periode [s] | Punkt 2 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 1.046 | 1.048 | 1.044 | 1.049 | 1.050 | 1.050 |
| 1.83 | 1.024 | 1.029 | 1.023 | 1.035 | 1.038 | 1.040 |
| 2.17 | 1.004 | 1.015 | 1.010 | 1.031 | 1.038 | 1.043 |
| 2.50 | 1.010 | 1.017 | 1.013 | 1.031 | 1.038 | 1.043 |
| 2.83 | 1.045 | 1.044 | 1.035 | 1.045 | 1.048 | 1.050 |
| 3.17 | 1.080 | 1.072 | 1.059 | 1.063 | 1.061 | 1.060 |
| 3.50 | 1.096 | 1.086 | 1.070 | 1.072 | 1.068 | 1.065 |
| 3.83 | 1.097 | 1.087 | 1.070 | 1.072 | 1.068 | 1.064 |
| 4.17 | 1.090 | 1.081 | 1.065 | 1.067 | 1.064 | 1.060 |
| 4.50 | 1.081 | 1.073 | 1.058 | 1.061 | 1.057 | 1.054 |

| Periode [s] | Punkt 3 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 1.010 | 1.011 | 1.009 | 1.012 | 1.013 | 1.013 |
| 1.83 | 1.021 | 1.026 | 1.022 | 1.032 | 1.034 | 1.035 |
| 2.17 | 1.003 | 1.013 | 1.011 | 1.029 | 1.035 | 1.039 |
| 2.50 | 0.996 | 1.006 | 1.005 | 1.023 | 1.031 | 1.037 |
| 2.83 | 1.026 | 1.028 | 1.025 | 1.034 | 1.038 | 1.041 |
| 3.17 | 1.066 | 1.060 | 1.052 | 1.054 | 1.053 | 1.053 |
| 3.50 | 1.088 | 1.079 | 1.068 | 1.067 | 1.064 | 1.061 |
| 3.83 | 1.094 | 1.084 | 1.071 | 1.070 | 1.066 | 1.063 |
| 4.17 | 1.090 | 1.081 | 1.068 | 1.067 | 1.063 | 1.060 |
| 4.50 | 1.082 | 1.074 | 1.062 | 1.062 | 1.058 | 1.055 |

Wave Dragon - Placering af trykmåler til bølgemåling

| Periode [s] | Punkt 4 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.978 | 0.978 | 0.977 | 0.979 | 0.979 | 0.979 |
| 1.83 | 1.005 | 1.009 | 1.006 | 1.013 | 1.015 | 1.015 |
| 2.17 | 1.001 | 1.009 | 1.008 | 1.022 | 1.027 | 1.031 |
| 2.50 | 0.986 | 0.997 | 0.998 | 1.015 | 1.022 | 1.029 |
| 2.83 | 1.007 | 1.012 | 1.012 | 1.022 | 1.026 | 1.031 |
| 3.17 | 1.049 | 1.046 | 1.042 | 1.043 | 1.043 | 1.043 |
| 3.50 | 1.077 | 1.070 | 1.063 | 1.059 | 1.057 | 1.054 |
| 3.83 | 1.088 | 1.079 | 1.070 | 1.066 | 1.062 | 1.059 |
| 4.17 | 1.088 | 1.079 | 1.069 | 1.066 | 1.062 | 1.058 |
| 4.50 | 1.082 | 1.074 | 1.064 | 1.062 | 1.058 | 1.054 |

| Periode [s] | Punkt 5 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.983 | 0.982 | 0.985 | 0.981 | 0.981 | 0.981 |
| 1.83 | 1.013 | 1.011 | 1.009 | 1.008 | 1.007 | 1.006 |
| 2.17 | 1.015 | 1.016 | 1.011 | 1.017 | 1.018 | 1.018 |
| 2.50 | 1.021 | 1.025 | 1.019 | 1.031 | 1.034 | 1.036 |
| 2.83 | 1.003 | 1.010 | 1.009 | 1.023 | 1.029 | 1.034 |
| 3.17 | 1.010 | 1.015 | 1.018 | 1.025 | 1.029 | 1.033 |
| 3.50 | 1.039 | 1.040 | 1.043 | 1.041 | 1.042 | 1.043 |
| 3.83 | 1.064 | 1.061 | 1.063 | 1.057 | 1.055 | 1.054 |
| 4.17 | 1.078 | 1.073 | 1.074 | 1.065 | 1.062 | 1.060 |
| 4.50 | 1.082 | 1.076 | 1.076 | 1.067 | 1.063 | 1.060 |

| Periode [s] | Punkt 6 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.963 | 0.964 | 0.979 | 0.966 | 0.966 | 0.967 |
| 1.83 | 0.990 | 0.987 | 0.987 | 0.984 | 0.982 | 0.981 |
| 2.17 | 1.058 | 1.059 | 1.049 | 1.058 | 1.057 | 1.056 |
| 2.50 | 1.080 | 1.082 | 1.071 | 1.085 | 1.087 | 1.088 |
| 2.83 | 1.062 | 1.066 | 1.057 | 1.075 | 1.079 | 1.082 |
| 3.17 | 1.035 | 1.041 | 1.039 | 1.052 | 1.057 | 1.062 |
| 3.50 | 1.040 | 1.044 | 1.047 | 1.051 | 1.054 | 1.056 |
| 3.83 | 1.059 | 1.060 | 1.064 | 1.060 | 1.061 | 1.061 |
| 4.17 | 1.075 | 1.073 | 1.076 | 1.069 | 1.067 | 1.065 |
| 4.50 | 1.082 | 1.078 | 1.081 | 1.072 | 1.069 | 1.067 |

Appendix C: Tabeller med korrigeret transfer funktion

Grå skravering angiver det observerede bølgeklima. $P^+ = K \cdot \eta$, K er transferfunktionen.

| Periode [s] | Punkt 1 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.183 | 0.124 | | | | |
| 1.83 | 0.318 | 0.245 | 0.187 | 0.144 | 0.111 | |
| 2.17 | 0.439 | 0.368 | 0.303 | 0.254 | 0.212 | 0.177 |
| 2.50 | 0.547 | 0.478 | 0.412 | 0.362 | 0.316 | 0.276 |
| 2.83 | 0.651 | 0.582 | 0.516 | 0.465 | 0.418 | 0.375 |
| 3.17 | 0.742 | 0.676 | 0.611 | 0.561 | 0.514 | 0.471 |
| 3.50 | 0.806 | 0.745 | 0.684 | 0.638 | 0.594 | 0.553 |
| 3.83 | 0.849 | 0.795 | 0.738 | 0.699 | 0.658 | 0.620 |
| 4.17 | 0.879 | 0.831 | 0.781 | 0.747 | 0.711 | 0.677 |
| 4.50 | 0.899 | 0.857 | 0.812 | 0.783 | 0.751 | 0.720 |

| Periode [s] | Punkt 2 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.185 | 0.125 | | | | |
| 1.83 | 0.320 | 0.247 | 0.188 | 0.145 | 0.111 | |
| 2.17 | 0.439 | 0.368 | 0.303 | 0.254 | 0.212 | 0.177 |
| 2.50 | 0.542 | 0.474 | 0.410 | 0.360 | 0.315 | 0.275 |
| 2.83 | 0.645 | 0.578 | 0.514 | 0.463 | 0.416 | 0.374 |
| 3.17 | 0.738 | 0.672 | 0.609 | 0.559 | 0.513 | 0.470 |
| 3.50 | 0.804 | 0.743 | 0.684 | 0.637 | 0.593 | 0.552 |
| 3.83 | 0.849 | 0.794 | 0.740 | 0.699 | 0.658 | 0.620 |
| 4.17 | 0.879 | 0.832 | 0.782 | 0.747 | 0.711 | 0.677 |
| 4.50 | 0.900 | 0.858 | 0.814 | 0.784 | 0.751 | 0.721 |

| Periode [s] | Punkt 3 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.179 | 0.121 | | | | |
| 1.83 | 0.319 | 0.246 | 0.188 | 0.144 | 0.111 | |
| 2.17 | 0.438 | 0.367 | 0.303 | 0.254 | 0.212 | 0.176 |
| 2.50 | 0.535 | 0.469 | 0.407 | 0.358 | 0.313 | 0.273 |
| 2.83 | 0.633 | 0.569 | 0.508 | 0.458 | 0.412 | 0.370 |
| 3.17 | 0.728 | 0.665 | 0.605 | 0.555 | 0.509 | 0.467 |
| 3.50 | 0.798 | 0.739 | 0.682 | 0.634 | 0.590 | 0.550 |
| 3.83 | 0.846 | 0.793 | 0.740 | 0.697 | 0.657 | 0.619 |
| 4.17 | 0.879 | 0.832 | 0.784 | 0.747 | 0.711 | 0.677 |
| 4.50 | 0.901 | 0.859 | 0.817 | 0.784 | 0.752 | 0.721 |

Wave Dragon - Placering af trykmåler til bølgemåling

| Periode [s] | Punkt 4 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.173 | 0.117 | | | | |
| 1.83 | 0.314 | 0.242 | 0.185 | 0.141 | 0.109 | |
| 2.17 | 0.438 | 0.366 | 0.303 | 0.252 | 0.210 | 0.175 |
| 2.50 | 0.529 | 0.465 | 0.404 | 0.355 | 0.310 | 0.271 |
| 2.83 | 0.622 | 0.560 | 0.502 | 0.452 | 0.407 | 0.367 |
| 3.17 | 0.716 | 0.655 | 0.600 | 0.549 | 0.504 | 0.462 |
| 3.50 | 0.790 | 0.732 | 0.679 | 0.630 | 0.587 | 0.546 |
| 3.83 | 0.842 | 0.789 | 0.739 | 0.695 | 0.655 | 0.617 |
| 4.17 | 0.878 | 0.831 | 0.785 | 0.746 | 0.710 | 0.676 |
| 4.50 | 0.901 | 0.859 | 0.819 | 0.784 | 0.752 | 0.721 |

| Periode [s] | Punkt 5 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.174 | 0.117 | | | | |
| 1.83 | 0.316 | 0.242 | 0.186 | 0.141 | 0.108 | |
| 2.17 | 0.443 | 0.368 | 0.303 | 0.251 | 0.208 | 0.172 |
| 2.50 | 0.548 | 0.478 | 0.412 | 0.360 | 0.314 | 0.273 |
| 2.83 | 0.619 | 0.559 | 0.501 | 0.453 | 0.408 | 0.368 |
| 3.17 | 0.690 | 0.636 | 0.586 | 0.539 | 0.497 | 0.458 |
| 3.50 | 0.762 | 0.712 | 0.667 | 0.619 | 0.578 | 0.541 |
| 3.83 | 0.823 | 0.776 | 0.735 | 0.689 | 0.650 | 0.614 |
| 4.17 | 0.870 | 0.826 | 0.789 | 0.746 | 0.710 | 0.676 |
| 4.50 | 0.901 | 0.861 | 0.828 | 0.788 | 0.756 | 0.725 |

| Periode [s] | Punkt 6 | | | | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Vanddybde [m] | | | | | |
| | 5.00 | 5.22 | 5.44 | 5.67 | 5.89 | 6.11 |
| 1.50 | 0.170 | 0.115 | | | | |
| 1.83 | 0.309 | 0.237 | 0.182 | 0.137 | 0.105 | |
| 2.17 | 0.463 | 0.384 | 0.315 | 0.261 | 0.216 | 0.179 |
| 2.50 | 0.580 | 0.505 | 0.434 | 0.379 | 0.330 | 0.287 |
| 2.83 | 0.655 | 0.590 | 0.525 | 0.476 | 0.428 | 0.385 |
| 3.17 | 0.707 | 0.652 | 0.598 | 0.554 | 0.511 | 0.471 |
| 3.50 | 0.763 | 0.715 | 0.669 | 0.625 | 0.585 | 0.547 |
| 3.83 | 0.819 | 0.775 | 0.735 | 0.691 | 0.653 | 0.618 |
| 4.17 | 0.867 | 0.826 | 0.791 | 0.748 | 0.713 | 0.680 |
| 4.50 | 0.901 | 0.863 | 0.832 | 0.792 | 0.760 | 0.729 |