

# Metodutveckling för beräkning av laster och rörelser hos flytande konstruktioner – En förstudie

## Sammanfattning

Havsbaserad energiutvinning har blivit allt mer intressant för svensk energiproduktion både när det gäller vindenergi och vågenergi. I Sverige projekteras vindkraftsparker till havs på flera platser och för utvinning av vågenergi utvecklas nya koncept inom små svenska innovationsföretag. Utvecklingen kräver allt mer avancerade beräkningsmetoder för att prediktera vågkrafter och rörelser hos dessa anläggningar. Analys för normala driftsförhållanden men även analys för extrema väderförhållanden är av intresse för att kunna säkerställa tillräcklig strukturell hållfasthet och som underlag för att avgöra under vilka väderförhållanden anläggningarna kan vara i drift. Av intresse är även att kunna bedöma under vilka väderförhållanden det är möjligt för servicefartyg att angöra anläggningarna för underhåll.

Traditionella metoder för beräkning av vågornas påverkan på flytande konstruktioner är ofta baserade på approximationer som gör att viktiga delar av problemet inte kan beskrivas tillräckligt noggrant, medan de mest avancerade metoderna kan vara mycket tidskrävande. Offshore Väst har finansierat en förstudie som ska undersöka om en ny metod utvecklad för fartygsapplikationer vid Chalmers tekniska högskola, Institutionen för Sjöfart och Marin teknik (Kjellberg, 2013), kan appliceras inom havsbaserad energiutvinning. Metoden fyller ett gap mellan enklare och mer avancerade metoder. Idag vidareutvecklas metoden av ett mindre västsvenskt företag FLOWTECH International AB i samarbete med Chalmers tekniska högskola och Universitetet i Trieste.

Förstudien har omfattat a) framtagning av ett demonstrationsexempel som dels skall visa vad metoden klarar idag, dels skall ge underlag för att identifiera den utvecklingsinsats som krävs för att metoden skall bli praktiskt användbar inom havsbaserad energiutvinning. Demonstrationsexemplet är baserat på ett vågbojskoncept framtaget av innovationsföretaget Waves4Power med vilket löpande kontakt upprätthållits under förstudien. En viktig del av förstudien har varit att b) informera om projektet och inhämta synpunkter och idéer från svensk industri. En Workshop anordnades 2015-01-30 med inbjudna deltagare från svenska företag med intresse för metodens tillämpningar. Demonstrationsexemplet presenterades som utgångspunkt för diskussionen varpå företagen beskrev sina behov och hur metoden kan komma till användning i deras verksamhet. Workshopen rönt stort intresse och samlade 17 deltagare från 15 svenska företag varav 2 via videolänk.

Baserat på diskussionen vid Workshopen samt erfarenheter från framtagningen av demonstrationsexemplet har c) ett utvecklingsprojekt formulerats och d) underlag för en ansökan om forskningsfinansiering skrivits.

En utvecklingsinsats på 3-5 månader bedöms nödvändig för att metoden skall bli generellt användbar för tillämpningar som rör våglaster och rörelser inom havsbaserad energiutvinning.

### Bakgrund

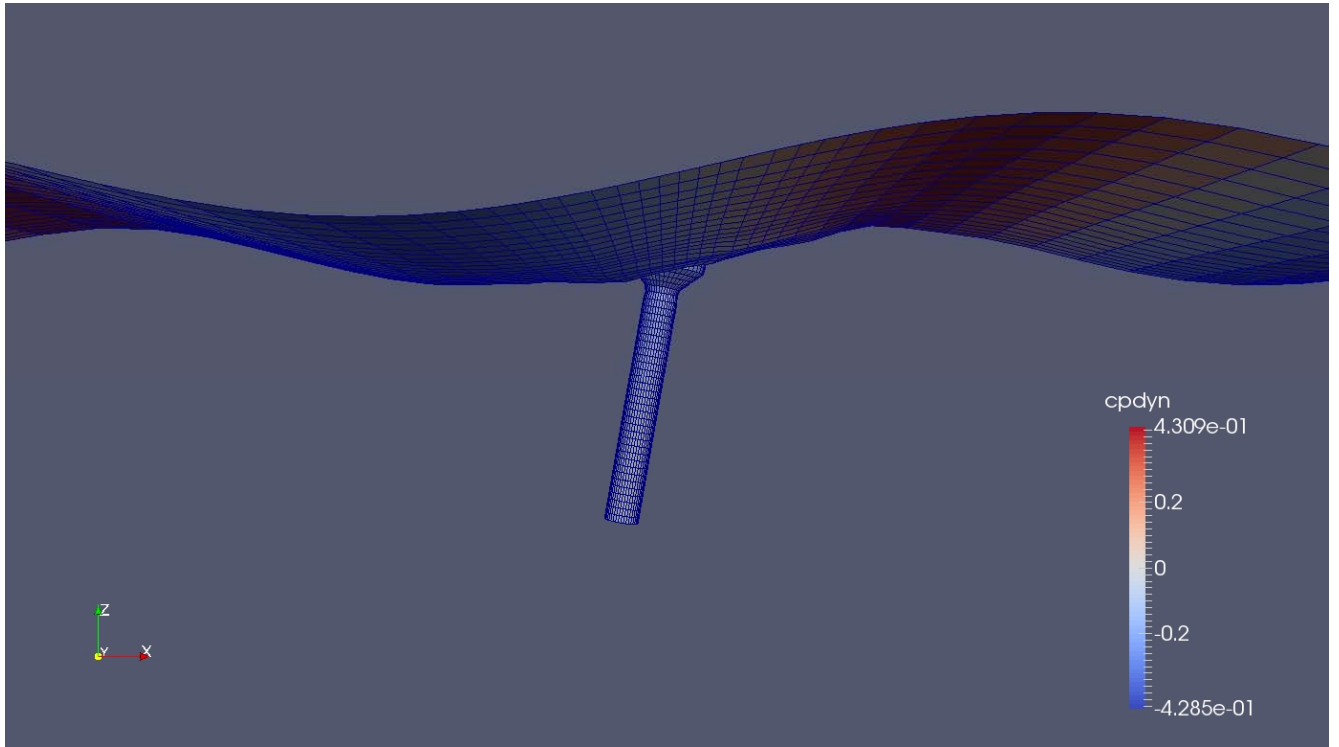
En fullt ickelinjär potentialströmningsmetod för att beräkna våglaster, rörelser och motstånd i vågor för fartyg har utvecklats vid Institutionen för Sjöfart och Marin teknik under 2008-2013 (Kjellberg, 2013). Metoden är idag vid forskningsfronten och är unik då den kombinerar en noggrann beskrivning av vågor och rörelser med måttliga beräkningstider. Metoden fyller ett gap mellan enklare lineariserade metoder och avancerade viskösa metoder (CFD). Den har visat sig användbar för praktiska tillämpningar för fartyg i vågor.

Metoden har stor potential för att bli noggrann och praktiskt användbar även för offshore tillämpningar och för andra fasta eller flytande konstruktioner som anläggningar för havsbaserad energiproduktion inom vindkraft och vågkraft. Den grundläggande numeriska metoden för att beräkna vågor, våglaster, rörelser och krafter är den samma som för fartyg. Men metoden behöver vidareutvecklas när det gäller geometrihantering, vind, strömmar, förankringskrafter, viskösa krafter och krafter pga energiutvinning.

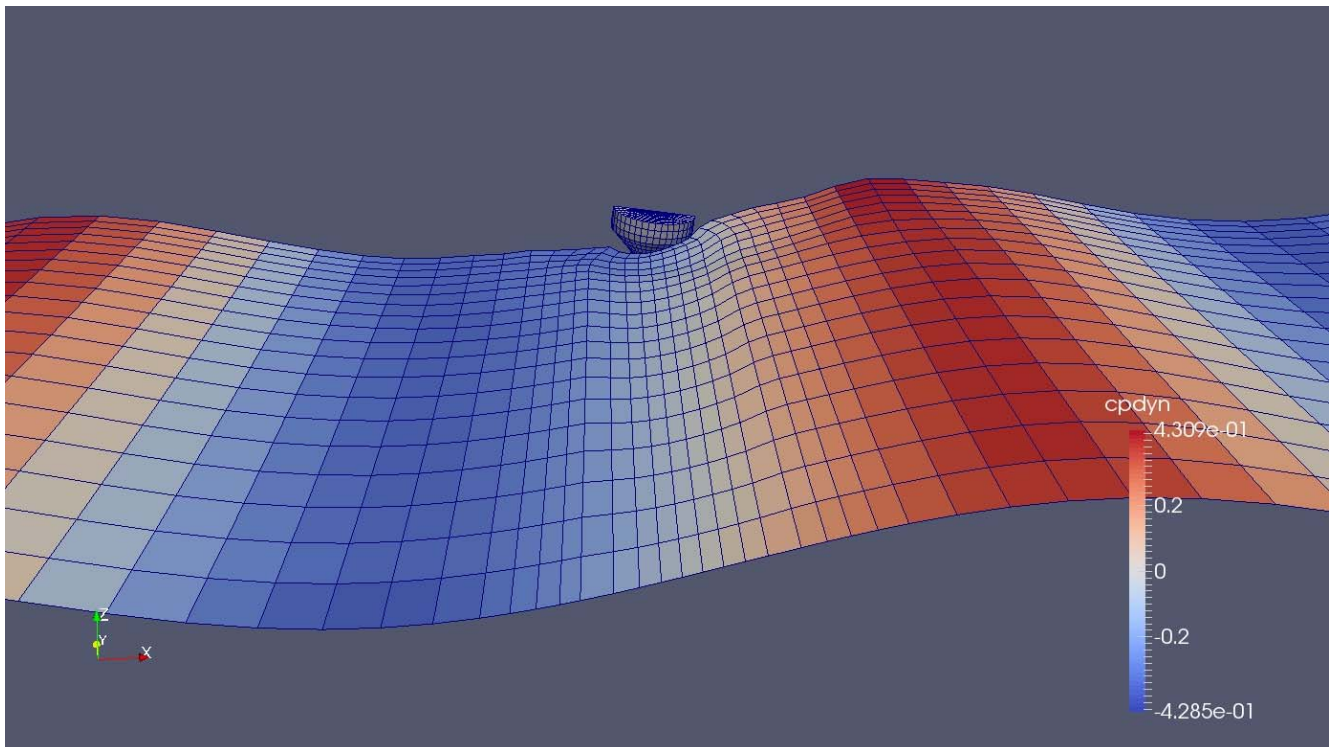
#### a) Förstudie del 1: Demonstrationsexempel

Ett demonstrationsexempel baserat på Waves4Powers vågbojskoncept, se figur 1 och 2, genererades för att utvärdera den befintliga metodens användbarhet idag samt för att identifiera nödvändiga förbättringar. Utvärderingen utfördes vid Chalmers tekniska högskola i nära samarbete med Waves4Power och FLOWTECH International AB. Den befintliga metoden utvecklades idag i ett samarbete mellan FLOWTECH International AB, Chalmers tekniska högskola och Universitetet i Trieste.

Beräkningar med demonstrationsexemplet gav bojens rörelser samt tryckfördelningen på bojens yta. Det senare kan användas som indata för strukturberäkningar. Vågbojens rörelser undersöktes för våghöjder från  $0.25 \cdot \text{bojdiametern}$  (2m) till  $3 \cdot \text{bojdiametern}$  (24m) och en våglutning på  $1/10$ , dvs nära vågbrytning för inkommande vågor. Beräkningarna visar att lokal vågbrytning (uppskjut av vatten) då den inkommande vågen slår i bojen begränsar metodens användbarhet idag. Den största våghöjd som kunde beräknas var  $0.75 \cdot \text{bojdiametern}$  (6m). För att metoden skall bli robust för större våghöjder måste en modell för att hantera lokal vågbrytning utvecklas. Exemplet visar också på en begränsning när det gäller de frihetsgrader som kan beräknas i nuläget. Vågbojens hävning kan hanteras men om bojen tillåts röra sig fritt visar det sig att metodens teknik för att beräkna trycket inte är tillräckligt noggrann. Problemet är känt från andra tillämpningar. Teori för alternativ beräkning av trycket finns men måste implementeras. Problemet är störst för lätta konstruktioner som följer vågens orbitalrörelse. Tung konstruktioner med stor tröghet orsakar mindre problem för tryckberäkningen.



Figur 1: Demonstrationsexempel, Vågboj, 6m våghöjd, vy från undersida



Figur 2: Demonstrationsexempel, Vågboj, 6m våghöjd, vy från ovasida

b) *Förstudie del 2: Workshop 2015-01-30*

För att informera om den pågående förstudien och för att inhämta industrins synpunkter och förslag anordnades 2015-01-30 en Workshop vilken samlade 17 deltagare från 15 svenska företag med intresse av beräkningsmetoder för våglaster och rörelser inom offshore och havsbaserad vind och vågkraft. Den befintliga metoden presenterades tillsammans med demonstrationsexemplet varpå företagagen beskrev sina behov och hur metoden kan komma till användning i deras verksamhet.

Under diskussionen framkom att:

- Metoden kan komma väl till pass inom vågkraften.
- Det är aktuellt att undersöka relativa effekter som tar hänsyn till hur två olika flytandande anläggningar påverkar varandra. Med sådan kunskap kan vi till exempel beräkna hur nära vi kan lägga kraftverken till havs. Traditionella beräkningsmetoder är ofta för approximativa för att hantera dessa frågeställningar.
- Ett första steg bör vara att beräkna de belastningar en flytande kropp kommer att utsättas för och därefter bygga på med kropparnas påverkan på varandra.
- En prioritet bör vara att fånga in så många effekter som möjligt snarare än noggrannhet.
- Beräkningar på energiproduktion kräver att minst 40 vågor används vilket ställer höga krav på metoden.
- Energiupptagningen kan beräknas på ett tillfredställande sätt med befintliga metoder.
- Det skulle vara önskvärt att tillämpa metoden på vattenströmmar under havsytan.
- De medverkande företagens olika teknologier kräver olika lösningar. Det skulle därför vara lämpligt att utforma metoden som en enhetlig lösning som grund men som kan anpassas och byggas på med andra metoder.
- Flytande vindkraftverk är ett intressant tillämpningsområde.
- Borrartyg i stora vågor långt ute till havs är ett möjligt tillämpningsområde.
- Potentialströmningsmetoden kan idag användas för förskeppsoptimering lugnt vatten inom varvsindustrin. Vid beräkningar i olika sjöstillstånd är det viktigt att ta hänsyn till många faktorer snarare än en enskild beräkning vilket gör metoden lämplig.
- Dynamisk positionering är ett intressant område för metoden.
- Det finns sektorer inom branschen där det underinvesteras i vidareutvecklingen av beräkningsmetoder trots att behovet finns.

c) Förstudie del 3: Formulering av utvecklingsprojekt

Baserat på företagets förslag vid Workshopen samt baserat på erfarenheter från beräkningar med demonstrationsexemplet har ett utvecklingsprojekt formulerats. Projektet består av tre delar.

1.

För en enkel geometri (cylinder) implementera lösningar på de beräkningsmässiga problem som identifierats vid beräkningar med demonstrationsexemplet. Dvs kunna hantera lokal vågbrytning (uppskjut av vatten) samt kunna beräkna tryck för en fritt rörlig boj vid normala driftförhållanden och vid extrema väderförhållanden. Dessutom skall så många externa krafter som möjligt tas med i

*beräkningarna, dvs vind, strömmar, förankringskrafter, viskösa krafter och krafter pga energiutvinning. Fokus skall vara ett komplett system snarare än noggrannhet för varje komponent.*

*För att validera metoden skall resultaten jämföras med resultat från både enklare linjära metoder och från mer avancerade viskösa metoder. Vid valideringen är balansen mellan uppnådd noggrannhet och nedlagd tid (datortid + förberedelser) viktig. Metoden skall även valideras mot experiment.*

2.

*Projektets andra del fokuserar på beräkning av två eller flera enkla geometrier i samma vågsystem. Varje komponent kan vara flytande eller fast och avståndet mellan dem skall betraktas som "stort". En typisk tillämpning är vindkrafts- eller vågkraftsparker för att studera hur anläggningarna påverkar varandra. Metoden måste nu hantera både inkommande vågor och vågor som genereras av och reflekteras mellan de ingående delarna. Att studera hur modelleringen av vattenytan påverkar beräkningsresultaten blir här mycket viktig. Både topologi och nätfinhet skall studeras.*

*Även här skall resultaten jämföras med resultat från både enklare linjära metoder och från mer avancerade viskösa metoder. Vid valideringen är balansen mellan uppnådd noggrannhet och nedlagd tid (datortid + förberedelser) viktig. Metoden skall även valideras mot experiment.*

3.

*Den tredje delen av projektet behandlar relativrörelse mellan två flytande kroppar, alternativt en fast och en flytande kropp, då avståndet mellan dem är "litet". Ett typiskt fall är att undersöka under vilka väderförhållanden och i vilken riktning ett servicefartyg kan angöra en anläggning till havs. Av intresse är även att undersöka hur fartygets storlek i förhållande till anläggningen inverkar på möjligheten att angöra. I dessa fall är det den detaljerade våginteraktionen mellan anläggning och fartyg som är av intresse. Det ställs därför högre krav på detaljutformning av både anläggning och fartyg. Hantering och modellering av komplexa geometrier är därför en viktig del.*

*Enklare linjära metoder kan inte hantera den detaljerade interaktionen mellan anläggning och fartyg. Validering måste därför ske genom jämförelser med experiment och mot beräkningar med mer avancerade viskösa metoder.*

*En utvecklingsinsats på totalt 3-5 manår bedöms nödvändig för att metoden skall bli generellt användbar för tillämpningar som rör våglaster och rörelser inom havsbaserad energiutvinning.*

#### *d) Förstudie del 4: Ansökan om forskningsfinansiering*

*Utgående från formuleringen av utvecklingsprojekt har ett underlag för ansökan om forskningsfinansiering skrivits på ett format som passar ansökan om finansiellt stöd från Energimyndigheten.*

#### Referens

*Kjellberg, M., 2013, Fully Nonlinear Unsteady Three-Dimensional Boundary Element Method for Ship Motions in Waves, PhD thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.*