

Errata list

This document lists errors and corresponding corrections in the doctoral thesis:

Title: Enhancing Hydrodynamic Interaction in Hybrid Wind-Wave Energy Systems: Integrative Methods for Passive Motion Control, Geometry Optimization and Annual Energy Yield.

Author name. Chisom Ekweoba

Year: 2025

Uppsala University, Sweden

Bibliographic record available via:

<http://urn.kb.se/resolve?urn=>

Corrections

References, spelling and other corrections in the text:

<i>Location</i>	<i>Error</i>	<i>Correction</i>
Page, paragraph, line		
Page 74	”Svensk sammanfattning is too short. Requires at least two pages.”	“The corrected version is attached in the following pages”

Figures & tables:

List of papers:

Other:



UPPSALA
UNIVERSITET

Errata-- Svensk sammanfattning

Denna avhandling fokuserar på hur hybrida energisystem med vind- och vågkraft kan optimeras för att öka den årliga energiproduktionen och förbättra systemstabiliteten. Forskningen behandlar flera centrala aspekter: utformningen av en halvt nedsänkbar plattform, mass- och ballastfördelning i vågabsorbatorer, datadriven prognostisering samt en multisource-aggregatorlogik som koordinerar flera förnybara energikällor – däribland vindkraft, vågkraft och flytande solceller.

Syfte och bakgrund

Huvudsyftet är att systematiskt klargöra hur olika design- och styrmekanismer kan förbättra både energiupptag och driftsstabilitet i ett kombinerat vind- och vågkoncept. I centrum för arbetet står Floating Power Plant (FPP), en plattform som integrerar ett enda vindkraftverk med flera pitchande vågenergiomvandlare utrustade med hydrauliska kraftuttag. Det bakomliggande antagandet är att genom att kombinera olika förnybara energikällor kan man öka den totala årliga energiproduktionen samtidigt som man minimerar förluster och bättre hanterar variationer i tillgången på resurser.

Avhandlingen belyser den hydrodynamiska interaktionen mellan plattformen och vågabsorbatorerna samt hur de kan samverka för att nå högre systemeffektivitet. Samtidigt introduceras metoder för hur man optimerar plattformens geometri och absorberarnas utformning, hur man fördelar ballast i varje WEC och hur man på ett flexibelt sätt kan styra eller koppla bort olika energikällor för att hantera effektöverskott och minska förluster.

Ballastfördelning och vågabsorbatorernas roll

En del av arbetet rör vågabsorbatorerna och deras massfördelning (ballast). Genom att justera ballast kan man styra varje vågabsorbators naturliga resonansfrekvens så att den bättre överensstämmer med det dominerande vågklimatet. Denna anpassning gör att absorbatorn kan fånga in mer av vågenergin och därigenom öka den totala elproduktionen. I avhandlingen presenteras en analytisk metod där tröghetsegenskaper och den önskade lutningsvinkeln används för att dimensionera ballastfördelningen, vilket avsevärt minskar behovet av tidskrävande trial-and-error-simuleringar. Metoden är tillräckligt lättviktig för att kunna användas som ett verktyg i tidiga designfaser, där snabb feedback är avgörande.

Geometrisk optimering av halvt nedsänkbar plattform

Utöver ballastoptimering för absorbatorerna var nästa steg att undersöka hur själva plattformens övergripande geometri påverkar energiproduktionen och systemets stabilitet. Genom att använda en frekvensdomänsmodell i kombination med genetiska algoritmer kunde vi successivt testa och utvärdera olika geometriska designparametrar, såsom pontonernas placering. Det slutliga målet är att förfina lösningsutrymmet i det optimerade systemet och förbättra sökeffektiviteten.

Datadriven prognostisering och hybrid fysik–ML-modell

För att ytterligare förbättra både design- och driftstrategier krävs en noggrann förståelse av hur plattformen och vågabsorbatorerna reagerar under verkliga förhållanden. Studien används därför högupplösta tidsdomänssimuleringar. Dessa simuleringar är dock beräkningsmässigt tunga och tar lång tid att genomföra, särskilt då icke-linjära interaktioner mellan våg och struktur måste beaktas.

Som svar på denna utmaning presenterar forskningen en hybridmetod som kombinerar fysikbaserade modeller med maskininlärning. Genom att träna en ML-modell på data från högfidelitetsverktyg kan

man förutsäga vågabsorbatorernas rörelser och krafter. Denna ansats öppnar upp för flera möjligheter, bland annat mer responsiv styrning av kraftuttag och effektivare optimering i det dagliga driftschemat.

Multikällhantering och aggregatorlogik

Även om fokus i avhandlingen ligger på ett integrerat vind- och vågkoncept, har studierna utvidgats till att omfatta flera energikällor, som flytande solceller. En viktig fråga är hur man bäst utnyttjar och samordnar dessa källor när lagringsmöjligheterna är begränsade. Studien introducerar en diskret aggregatorlogik som, inspirerad av en 3–8 rad-dekoder, kan styra enskilda energikällor till 0%, 50% eller 100% effektuttag. Denna logik optimeras med genetiska algoritmer för att minimera förluster genom överproduktion och för att upprätthålla en jämn kapacitetsfaktor.

Genom att tillfälligt begränsa eller helt koppla bort vissa energikällor vid överskottssituationer kan energiparken undvika flaskhalsar i överföring och lagring. Strategin har visat sig vara särskilt fördelaktig när tillgången på vågkraft, vind och sol varierar oberoende av varandra. Det betyder att när vågkraften är hög, men vind eller sol ger mindre bidrag, kan resurserna fördelas optimalt utifrån rådande förhållanden.

Helt kopplat aero-hydrodynamiskt ramverk

Som ett sista steg mot en fullständig förståelse av systemets beteende utvecklades ett kopplat aero-hydrodynamiskt ramverk. Syftet var att modellera de transienta effekterna av vindturbinens drift på vågabsorbatorernas dynamik. Med hjälp av numeriskt verktyg. Fast2Aqwa, sammanfördes hydrodynamiska, aerodynamiska och strukturella modeller för att skapa en mer heltäckande bild av hur vindbelastning, plattformens rörelser och vågabsorbatorernas respons samverkar under varierande driftsförhållanden.

Resultaten visar att vindturbinens dragkraft kan påverka vågabsorbatorernas rörelsefrihet och därmed hur effektivt de fångar in vågenergin. Detta understryker vikten av att se på hela systemet som en integrerad helhet snarare än att optimera enskilda komponenter var för sig.

Genom hela arbetet demonstreras att detta kombinerade synsätt, där analytiska, numeriska och maskininlärningsbaserade metoder samverkar, erbjuder en väg framåt för nästa generations offshore energiparker. Avhandlingens resultat ger därmed en solid grund för framtida forskning och utveckling, både tekniskt och strategiskt, gällande hur man bäst använder vind och vågenergi i en värld där hållbarhet och energieffektivitet blir allt viktigare.